

## Navigationsmöglichkeiten mit Wärmestrahlen

von

Karl Feussner

Die Navigation von Luftfahrzeugen kann entweder auf Peilverfahren, also auf die Feststellung der Richtung nach fernen Zielpunkten, die entweder optisch sichtbar sind oder elektrische Wellen aussenden gegründet werden, oder auf die Erkennung der überflogenen Teile der Erdoberfläche. Im letzteren Fall muss am besten im Flugzeug ein Bild des gerade überflogenen Geländes hergestellt werden, wenn bei Nacht oder bei unsichtigem Wetter das Gelände nicht erkannt werden kann. Zur Erkennung des Untergrundes können grundsätzlich zwei Verfahren dienen: Erstens solche, die mit der Ableuchtung von Teilen des Untergrundes durch irgendeine Wellenstrahlung arbeiten, die vom Boden wieder zurückgeworfen und im Flugzeug beobachtet wird. Zweitens solche Verfahren, die die Eigenstrahlung des Bodens selbst ausnutzen. Diese Eigenstrahlung der Erdoberfläche kommt durch die Tatsache zustande, dass jeder Körper gemäss seiner Temperatur eine stärkere oder weniger starke Wärmestrahlung aussendet. Besitzt man Geräte, die zum Empfang von Wärmestrahlung befähigt sind, so kann man mit ihrer Hilfe eine Ortung vornehmen, wenn man ein Temperaturbild der überflogenen Gegend oder wenigstens eine Darstellung der Temperaturverhältnisse längs der Spur des Flugzeugkurses über dem Erdboden im Flugzeug erhalten kann.

Geräte, die die Temperaturverhältnisse der überflogenen Teile der Erdoberfläche im Flugzeug aufzuzeichnen gestatten, sind bereits vor dem Kriege für meteorologische Zwecke von RR. Keßler in Trier gewünscht und vom Meteorologischen Observatorium Potsdam auf Anordnung der vorgesetzten Dienststellen als Temperaturortungsgeräte in Angriff genommen worden. Sie können seit 1940 hergestellt werden. In seiner einfachsten Form (Abb. 1) <sup>S. 77</sup> besteht ein derartiges Gerät aus einem Bolometer B als Gevër, das im Brennpunkt eines Hohlspiegels Sp aus Metall liegt und mit Hilfe eines Wechselstromgenerators betrieben wird. Die Ströme des Bolometers werden in dem Verstärker V verstärkt und nach Gleichrichtung in dem Galvanometer G angezeigt und aufgezeichnet. Man erhält dann Kurven der in Abb. 2 (dargestell-

ten Form, bei denen die Werte der Temperaturstrahlung längs der Spur des Flugzeugs über der Erdoberfläche aufgezeichnet sind. Aus solchen Kurven lässt sich mit grosser Genauigkeit nachträglich der Kurs des Flugzeugs über der Erdoberfläche festlegen, wenn man annehmen kann, dass gerader Kurs geflogen wurde, also eine wesentliche seitliche Neigung des Flugzeugs nicht bestand. Hat man z.B. eine Insel in einem See überflogen, so zeichnet sich bei dem allgemeinen Kurs des Flugzeuges in der gestrichelten Richtung die Insel als ein anders temperierter Teil der Erdoberfläche deutlich ab ( Abb. 3 )<sup>9.72</sup>, wenn der Kurs an der Insel vorbeigeführt hätte, wäre der der Insel entsprechende Anstieg nicht zu bemerken gewesen. Aus den Zeitpunkten der Uferüberschneidung und der Länge des über dem Wasser zurückgelegten Weges lässt sich auch in diesem Falle die Flugstrecke nachträglich festlegen.

Da sich in den meisten Fällen gerade Flußläufe und andere markante Geländekennzeichen auch hinsichtlich ihrer Temperatur von ihrer Umgebung unterscheiden, so wäre auf diesem Wege eine Kontrolle der übrigen Ortungsverfahren an sich gegeben. Man benötigt zur Anwendung des eben geschilderten Spurerfahrens zur Navigation naturgemäss eine gewisse Vertrautheit mit dem Gelände, die ein entsprechendes Kartenstudium voraussetzt. Man muss wissen, wie markante Geländeteile auch bei kleinen Kursabweichungen in der Nähe eines weitgehend gegliederten Orientierungsgebietes aufeinander folgen. Weitere Erfordernisse sind die, dass sowohl die allgemeine Flugrichtung streng innegehalten wird und ebenso die ungefähre Flugeschwindigkeit bekannt ist. Unter diesen Verhältnissen lässt sich sehr wohl auch unter den beengten Umständen, unter denen der Beobachter im Flugzeug arbeiten muss, eine Standortsbestimmung über Grund ausführen. Bei der Navigation kann man das hier geschilderte Verfahren der Ansteuerung temperaturmässig markanter Geländepunkte z.B. in folgender Weise anwenden. Hat man die Navigation auf der Strecke Ostende nach Cambridge auszuführen, so wird die englische Küste nach 140 km Flugweg beim Punkt C erreicht ( Abb. 4 ). Hierzu werden von einem modernen Flugzeug etwa 20 Minuten gebraucht. Hat man in der Flughöhe einen Wind quer zur Flugrichtung von 60 km/h, so muss der Kompasskurs von N 69° W eingehalten werden, während der wahre Kurs N 60° W ist. Ist die Windgeschwindigkeit bei gleicher

Richtung um 20% zu gering angenommen worden, so überfliegt das Flugzeug die Küste 3.5 km weiter nordöstlich. In diesem Falle weicht das Bild der Temperaturspur ( C' D' ) erheblich von dem bei richtiger Kursbestimmung zu erwartenden ( C D ) ab. Es wird dann das Kap The Naze und der tiefe Meereseinschnitt westlich Harwich aufgezeichnet. Ist die Fluggeschwindigkeit des Querwindes um 20% zu hoch angesetzt worden, so erhält man die Aufzeichnung C" D". Selbstverständlich muss auch die Zeit der Überfliegung genau beachtet werden, da sie Aufschluss über eine in Richtung des Fluges bestehende falsch angesetzte Windversetzung gibt. 2 Minuten nach Überfliegen der Küste weiss also der Beobachter, in welchem Umfange die Windversetzung falsch angesetzt war und kann den Kurs entsprechend berichtigen. Bei der jetzt möglichen unmittelbaren Aufzeichnung von Galvanometerkurven ( sofort sichtbar auf lichtempfindlichem Papier nach Hartmann und Braun ) kann man meist markante Punkte und Berichtigungsmöglichkeiten für den Kurs des Flugzeuges finden. Es braucht nur erwähnt zu werden, dass nur in unmittelbarer Erwartung des markanten Absteuerungsgebietes unter allen Umständen eine Höhe mit Erdsicht aufgesucht werden muss, während vorher und nachher die aus taktischen Gründen zu wählende Sicherheitshöhe eingehalten werden kann. Allerdings muss hierbei der Kurs unverändert bleiben. Ebenso braucht der markante anzusteuernde Punkt nicht immer auf der Strecke zu liegen. Im Gegenteil ist häufig sogar ein Umweg erwünscht. Das Verfahren wird dann so angewendet, dass nach Erreichen des anzusteuernenden Zieles die errechnete Kursänderung vorgenommen wird, deren Änderungsgrösse nach der tatsächlichen erfolgten Versetzung des Flugzeuges durch den Wind noch korrigiert wird. Die Auswahl von zur Ansteuerung passender Geländestellen erfordert ebenso wie ihre spätere Erkennung auf dem Schrieb eine gewisse Erfahrung und ein Einfühlungsvermögen in die nach den meteorologischen Bedingungen zu erwartenden Temperaturzustände der Erdoberfläche, was aber durch eine entsprechende Ausbildung unbedingt zu erwerben ist.

Von vornherein erschien das soeben geschilderte Spurverfahren der Ermittlung der Abweichung eines Flugzeuges von seinem Kurs nicht als das ideale. Stets schwebte auch dem Hersteller des Wärme

suchgerätes der Gedanke vor, mit Hilfe der Wärmestrahlen Temperaturbilder der Erdoberfläche zu erzielen, wie es seit einem Jahr bei dem Rotterdamergerät gelang, mit Hilfe von kürzesten UKW Strahlungsbilder der Erdoberfläche zu erhalten. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde schon 1941 eine Schwenkvorrichtung an den Tubus angebracht, mit deren Hilfe der Tubus quer zur Flugrichtung mit einem Motor pendelnd bewegt werden konnte. Synchron mit den Pendelungen des Tubus auf der Geberseite wurde auf der Empfängerseite der Lichtfleck über den Schirm einer Kathodenstrahlröhre bewegt. Diese Spur des Lichtfleckes auf der Braunschen-Röhre wurde mit einem senkrecht zu seiner Bewegung weiter geförderten Film aufgenommen, auf den der Lichtfleck mit Hilfe einer hinreichend guten Optik abgebildet wurde. Auf diese Weise erhielt man ein Bild der überflogenen Gegend, in dem die Flugbewegung den Vorschub von Zeile zu Zeile und die Schwenkbewegung die Absuchung der einzelnen Zeile ausführte. Die Geschwindigkeit der Schwenkbewegung lässt sich nicht über die Zeit von einer halben Sekunde für eine Pendelung hinaus steigern, weil die doch vorhandene Trägheit der Czernyschen Häutchenbolometer eine grössere Absuchgeschwindigkeit ohne Undeutlichwerden des Bildes nicht zulässt.

Bedingung bei der Anwendung dieses Verfahrens ist, dass eine gewisse Entfernung zwischen Erdoberfläche und Flugzeug eingehalten werden muss, um eine seitenrichtige Darstellung der Karte zu erhalten. Denn nur bei bestimmter Entfernung vom Objekt zum Bolometer, kann die Fluggeschwindigkeit die Punktgrösse und die Pendelungsamplitude miteinander im Einklang stehen.

Eine nähere Betrachtung aller Umstände zeigt, dass diese Forderung nicht ganz einfach zu erfüllen ist. Denn, wenn eine ziemlich niedrige Wolkendecke an der Innehaltung grösserer Flughöhen hindert, so ist man gezwungen, um eine dem Kartenbild entsprechende Bildabsuchung zu erhalten, den Abtaststrahl schräg zu der Erdoberfläche zu stellen. In diesem Falle erscheint aber die Schnittfläche des von dem Abtaststrahl gebildeten Lichtkegels mit der Erdoberfläche als eine Ellipse, deren Längsachse um so grösser wird, je geringer die Höhe bei gleichbleibender Länge des Abtaststrahles

wird. Hier muss durch Einfügung besonderer Blenden, allerdings unter Verzicht auf Helligkeit die Kreisform der Schnittfläche des Abtaststrahles mit der Erdoberfläche wieder hergestellt werden. Es verdient noch hervorgehoben zu werden, dass bei einem neuen Gerät der Firma Leybold die Abtastung nicht mehr mit einem schwenkenden Tbus, sondern mit 6 rotierenden Spiegeln erfolgt, während für die Bildwiedergabe eine Lichtspritze oder eine mit Lichtrelais gesteuerte Quecksilberpunktlampe verwendet wird. Mit Hilfe der letzten Anordnung ist dann auch die unmittelbare bleibende Sichtbarmachung der Bilder auf Tageslichtpapierstreifen möglich, die neuerdings der Firma Hartmann und Braun gelungen ist.

Dieses Verfahren wird hoffentlich nach seiner Durchentwicklung die Möglichkeit bieten, vom Flugzeug aus Temperaturbilder der überflogenen Gegend anzufertigen, die unmittelbar abgelesen und sofort für die Ortung benutzt werden können. Die bisher nach dem Schwenkverfahren vor nunmehr bereits 2 Jahren erhaltenen Temperaturbilder der überflogenen Gegend vom Flugzeug aus erscheinen demgegenüber einigermaßen ungünstig, weil die Flughöhe wegen anderer aus Benzinmangel gleichzeitig durchzuführender Versuche nur wenige 100 m hoch gehalten werden konnte, während zur Wiedergabe des Kartenbildes eine Höhe von 3 km unbedingt erforderlich gewesen wäre. Gleichwohl ist einer der damals erhaltenen Streifen in Abb. 5 <sup>S. 12</sup> wiedergegeben. Er bedurfte erst einer Umzeichnung, um überhaupt mit dem Kartenbild in Vergleich gebracht werden zu können und gibt dann nur längs einer wenig verbreiterten Spur die Temperaturen der Oberfläche in Helligkeitswerten wieder.

Mit dem neuen von Leybold angefertigten Gerät liegen noch keine Untersuchungen vor.

Die Grenzen aller auf der Grundlage der Wärmestrahlen arbeitenden Geräte liegen, wie schon eingangs erwähnt, in den Wetterverhältnissen begründet, Da das stets in seiner Zusammensetzung wechselnde Medium zwischen Boden und Luft selbst stark an der Wärmestrahlung teilnimmt, wenn es von Wolken oder Nebel durchsetzt ist, können nur bei Bodensicht eindeutige Verhältnisse erwartet werden. Außerdem ändert sich die Grösse und die Richtung der Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen die Erdoberfläche bildenden Gegenständen ständig. Es bedarf stets einer gewissen meteorologischen Schulung, um die Temperaturunterschiede abschätzen zu können,

die nach den jeweiligen Bewölkungsverhältnissen und den vorangegangenen Bestrahlungszuständen zu erwarten sind, und um so die Temperaturbilder deuten zu können.

Wegen der immer mehr oder weniger bestehenden Witterungseinflüsse wird die auf die Wärmestrahlen gegründete Navigation oft der Navigation mit elektrischen UKW Strahlen nach Art des Rotterdam unterlegen sein. Denn das letztere Verfahren ist vom Wetter praktisch völlig unabhängig. Für das elektrische Strahlungsverfahren besteht jedoch der Nachteil, dass durch geeignet ausgelegte Störkörper ( Strahlungsbolde ) eine weitgehende Änderung des UKW Bildes einer Gegend erreicht werden kann. Werden die Störkörper noch bei Tage entfernt, so können sie auch nicht im Luftbild festgestellt werden. Derartigen Störmöglichkeiten unterliegen die Navigationsgeräte auf Grund der Wärmestrahlen jedoch nicht. Es sind, eben wegen der starken Wetterempfindlichkeit der Temperaturunterschiede, kaum "Wärmebolde" denkbar, die in ähnlich einfacher Weise, wie die Strahlenbolde bei UKW gerade wichtige Geländeteile oder auch Markierungen wegzutarnen vermögen. Aus diesem Grunde dürfte das Hauptanwendungsgebiet der Navigation auf Grund der Wärmestrahlen weniger in der Ausbildung eines ausschliesslich mit Wärmestrahlen arbeitenden Verfahrens liegen, sondern hauptsächlich in der Ergänzung der UKW Ortung und ihrer Sicherheit gegen Täuschungen durch Tarnmassnahmen, die von der UKW Ortung allein nicht entdeckt werden können und aus diesem Grunde ihr verhängnisvoll werden müssen.

