

Prom. Nr. 3481

INFRAROT-ORTUNG

Von der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von
PETER AEMMER
dipl. El.-Ing. ETH
von Beatenberg (Kt. Bern)

Referent: Herr Prof. H. Weber
Korreferent: Herr Prof. E. Baumann

Juris-Verlag Zürich
1964

I. Einleitung

Gegen Ende des zweiten Weltkrieges gelangte der Bleisulphid-Photoleiter zur technischen Reife. Dieser erste empfindliche und schnell reagierende Wärmestrahlungsdetektor erfüllte eine wesentliche Voraussetzung zum Bau von technisch brauchbaren auf Wärmestrahlung ansprechenden Ortungsgeräten. Wie aus der amerikanischen Patentliteratur hervorgeht, erhielt die Infrarot-Ortungstechnik einen kräftigen Auftrieb anfangs der fünfziger Jahre, zur Zeit der intensiven Entwicklung der Raketechnik. Die Wärmestrahlung von Raketen und Strahltriebwerken erwies sich als brauchbares Medium zur Ortung von Flugkörpern und machte die Infrarot-Ortungstechnik zur sinnvollen Ergänzung des Radars. Ein einzelnes Infrarot-Ortungsgesät kann als rein passiver Empfänger zwar nur eine Winkelpeilung vornehmen, doch dank der sehr kurzen Wellen der Wärmestrahlung lässt sich schon mit kleinen Empfangsaperturen eine ausserordentlich gute Auflösung erreichen, sodass sich auch kleine und leichte Ortungsgeräte durch erstaunliche Genauigkeit auszeichnen.

1. Ein Infrarot-Ortungsgesät zur automatischen Zielvermessung und Zielverfolgung

Die Fragen, die in dieser Arbeit untersucht werden, beziehen sich auf ein Winkelortungsgerät zur automatischen Zielvermessung und Zielverfolgung. Bild I-1 zeigt die Situation. Das Ortungsgerät ist starr mit einem Infrarot-Fernrohr verbunden, welches die zu verarbeitende Wärmestrahlung aufnimmt. Die optische Axe oder die Nullaxe ist die zum Gerät gehörende Bezugsrichtung für die Winkelortung. Die Zielaxe ist der Strahl, welcher auf den zu vermessenden Wärmestrahler führt. Die Schar aller Zielaxen schneidet sich und die Nullaxe im Vermessungsmittelpunkt, der sich in der Nähe der Eintrittspupille des Fernrohres befindet. Azimut α und Elevation λ sind die Winkelkomponenten zwischen Zielaxe und Nullaxe, die beiden Grössen, die das Ortungsgerät zu ermitteln und in den elektrischen Koordinaten, den sog. Fehlerspannungen x und y darzustellen hat.

Die Konzeption, in der das Winkelortungsgerät zur automatischen Zielverfolgung und Zielvermessung verwendet wird, entspricht der bei automatischen Winkelpeilern üblichen Anordnung. Das Ortungsgerät ist ein Bestandteil eines Vermessungsservo-

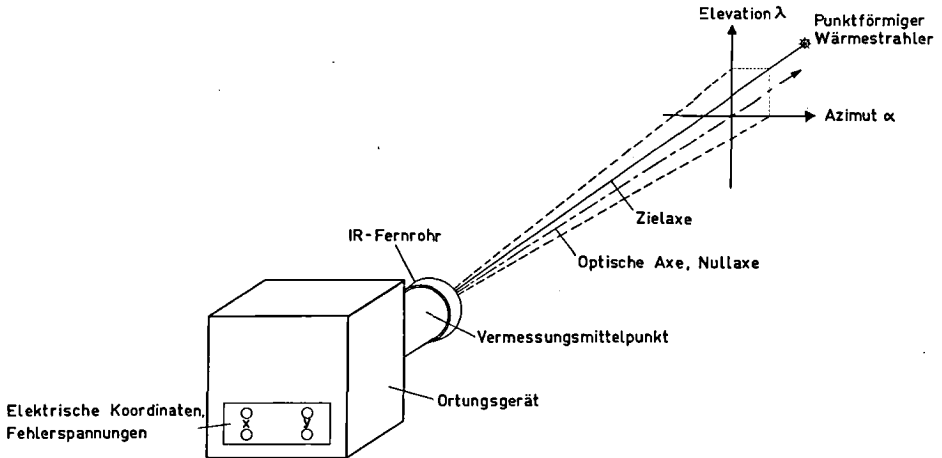


Bild I-1.

systems. Mit zwei Servokreisen wird das ganze Gerät um den Vermessungsmittelpunkt gedreht, bis die Nullaxe mit der Zielaxe zur Deckung kommt. Der eine Servokreis wirkt in Richtung der α - Koordinate mit der Fehlerspannung x als auf Null zu regelnde Fehlergrösse, der andere Servokreis wirkt in Richtung der λ - Koordinate mit der Fehlerspannung y als Fehlergrösse.

Im geschlossenen Vermessungssystem repräsentiert die optische Nullaxe des Ortungsgerätes die wirkliche Zielaxe, mit der sie im stationären geregelten Zustand praktisch zusammenfällt. Sie ist in der räumlichen Stellung des Ortungsgerätes vollständig bestimmt und kann, wenn nötig, mit den bekannten Methoden der Vermessung mechanischer Winkel in Form von analogen oder digitalen elektrischen Messgrössen dargestellt werden.

Ein solches Vermessungssystem kann die Winkelposition eines einmal erfassten Strahlers ohne Beschränkung durch den begrenzten Gesichtswinkel des Ortungsgerätes grundsätzlich in jeder beliebigen räumlichen Lage vermessen. Die Vermessungsgenauigkeit des Systems im stationären Zustand wird von Seiten des Ortungsgerätes praktisch nur durch die Grösse des Nullpunktfehlers begrenzt. Dieser Fehler ist der Winkel, den die Zielaxe zur Nullaxe einnehmen muss, damit die Fehlerspannungen Null werden. Er entsteht, wenn sich der Nullpunkt des elektrischen x, y - Koordinatensystems nicht mit der optisch-räumlichen Nullaxe deckt.

Ausser an den Nullpunkt werden keine grossen Ansprüche an die Abbildungstreue zwischen räumlichem und elektrischem Koordinatensystem gestellt. Denn solange sich die Nullaxe noch nicht mit der Zielaxe deckt, genügt es für den Nachlauf, dass das Servosystem die ungefähre Richtung kennt, wohin es die Nullaxe zu steuern hat. Auch wenn diese Richtung vorerst ein wenig falsch ist, werden die Axen durch die Regelung einander immer näher gebracht, bis sich ihr Winkelabstand schliesslich auf den Nullpunktfehler verringert.

Ausser der Vermessungsgenauigkeit ist auch die Reichweite, d. h. die maximale Entfernung, in der ein bestimmter Strahler noch mit genügender Genauigkeit geortet werden kann, eine entscheidende Eigenschaft eines Ortungsgerätes. Die Reichweite ist zum Teil eine Energiefrage und bis zu einem gewissen Grad durch die Wahl der Apertur des IR - Fernrohres zu beeinflussen. Eine Vergrösserung des Empfangsquerschnittes hilft so lange, bis die Empfindlichkeit nicht mehr durch das Eigenrauschen, sondern durch störende Einstrahlung begrenzt wird, d. h. durch die Strahlung von absichtlichen Störquellen oder die Strahlung des Hintergrundes.

Die einfachste und fast immer angewendete Methode zur Verbesserung des Leistungsverhältnisses zwischen Nutzsignal und Hintergrund ist die zweckmässige Eingrenzung des auszunützensden Strahlungsbereiches mit optischen Spektralfiltern.

Neben dieser beinahe primitiven Methode spielt die sog. Raumfiltertechnik eine entscheidende Rolle, eine Technik, nach der Kriterien der geometrischen Ausdehnung von Nutzstrahlern und Hintergrund zur Erhöhung der Reichweite zugezogen werden. Oft werden geometrische auch mit spektralen Kriterien kombiniert. Die Skala der Raumfiltertechniken erstreckt sich von allereinfachsten Massnahmen bis zu Vorschlägen von komplizierten Verfahren mit systematischen statistischen Auswertungen.

Da es keinen repräsentativen Hintergrund gibt, sind Hintergrundstörungen ein ziemlich vager Begriff. Und doch ist die Vorauskenntnis des zu erwartenden Hintergrundes die einzige Möglichkeit, seinen Störeinflüssen wirksam zu begegnen. Die Untersuchung und Beschreibung der Strahlung der verschiedensten Hintergründe ist denn auch Gegenstand zahlreicher Messungen [3 ... 6].