# Polarlicht als Rückstrahler ultrakurzer Wellen

Autor(en): **Lange-Hesse, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **40 (1967)**

Heft 12

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-563760

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

coups par minute. Elle disposera d'installations de protection ABC. Son poids sera par contre supérieur à celui du véhicule américain (40 t), de même que son prix.
Cependant, l'arme suisse sera incontestablement plus moderne et plus puissante. Les spécialistes ajoutent que les expériences faites avec l'excellent char suisse 61 de même qu'avec le canon automatique sous tourelle donnent à penser que le risque de retards de livraison ou de dépassements de crédit sera minime. Ainsi, poursuivent-ils, le canon blindé suisse 68 remplirait une condition importante a laquelle tout engin moderne que nous acquérons devrait répondre, c'est-à-dire être assez moderne au moment de son introduction pour pouvoir être maintenu en service pendant au moins 15 ans. Enfin, l'arme suisse présenterait l'avantage d'utiliser un châssis déjà employé dans l'armée, celui du char 61.

### D'abord le char 61

Les adversaires de l'obusier M-109 ne se contentent pas de repousser celui-ci pour prôner leur propre création qui n'en est encore qu'au stade du développement. Comme la production du canon helvétique ne pourrait débuter avant 1972 — de sorte que l'artillerie autotractée ne serait introduite qu'en 1976 — ils proposent de mettre à profit les possibilités créées avec la mise au point du char moyen 61 dont 150 exemplaires ont été livrés en 1965/66 à la troupe. Partant de l'idée qu'il faut dès aujourd'hui songer au remplacement, qui s'imposera tôt ou tard, du matériel blindé de deux des trois divisions mécanisées — lesquelles sont encore équipées du char Centurion, une troisième ayant touché les chars 61 —, ils préconisent la production d'une nouvelle série de chars 61. A condition d'être commandée à temps, celle-ci serait disponible vers 1970. Une partie seulement du crédit prévu pour l'achat des M-109 serait utilisée, les premiers 150 chars 61 ayant coûté en tout et pour tout 260 millions. Cette solution permettrait de doter une deuxième division mécanisée d'un char moderne, rapide et puissant, sur lequel nombre de spécialistes étrangers ont porté des jugements élogieux. Ainsi, deux tiers des blindés des divisions mécanisées seraient remplacés, et les Centurions, ainsi libérés de leur ancienne tâche, pourraient prendre la relève des chasseurs de chars G-13 des divisions de campagne, lesquels sont entièrement démodés.

### Un choix difficile

Dans des conditions, on éprouve quelques réticences à se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces deux possibilités. Car ni l'une ni l'autre ne sont vraiment satisfaisante. Certes, si les responsables peuvent démontrer que la modernisation de l'artillerie des divisions mécanisées est militairement parlant indispensable — ce dont on peut douter, les Russes, par exemple, ayant renoncé à une artillerie autotractée et préféré doter leurs grandes unités d'un nombre très élevé de chars de combat —, on ne pourra que se rallier à l'opinion du service de l'Etat-major général. Mais si, au contraire, cette nécessité absolue ne peut être soutenue, on aura avantage à s'engager sur la voie recommandée par l'autre camp.

Dominique Brunner

# Polarlicht als Rückstrahler ultrakurzer Wellen

Berechnung verschiedener Eigenschaften dieses Phänomens unter Zugrundelegung eines theoretischen Modells und Vergleich der Ergebnisse mit Funkamateur-Beobachtungen

Dr. G. Lange-Hesse

In den Jahren 1961, 1962 und 1964 ist vom Verfasser in dieser Zeitschrift über die bis dahin bekannten Ergebnisse auf dem Gebiet der UKW-Polarlicht-Funkverbindungen berichtet worden, die aus den Beobachtungen der Funkamateure gewonnen wurden [1], [2], [3]. In den Zusammenstellungen [1] und [2] ist vorwiegend über tages- und jahreszeitliche Einflüsse sowie über grossräumige Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit des Auftretens derartiger Verbindungen und dem Grad der erdmagnetischen Unruhe oder Störungen nachzulesen. Die Änderung der Ausbreitungsbedingungen für UKW-Polarlicht-Funkverbindungen in nördlichen, mittleren und südlicheren Regionen des mitteleuropäischen Raumes mit dem Grad der erdmagnetischen Unruhe ist in [3] beschrieben.
In der Zeit von 1963 bis Anfang 1966 war die Polarlichthäufigkeit in mitteleuropäischen Breiten wegen des Sonnenflecken-Minimums (1964) sehr gering. UKW-Polarlicht-Funkverbindungen konnten daher zu dieser Zeit in diesen Breiten bis auf ganz vereinzelte Ausnahmen nicht durchgeführt werden. In diesen Jahren wurden daher im hiesigen Institut verschiedene theoretische Untersuchungen auf diesem Gebiete durchgeführt. Zunächst wurden für bestimmte Stationspaare die genaue Geometrie des Ausbreitungsweges im Falle von UKW-Polarlicht-Funkverbindungen sowie die genaue Lage der die ultrakurzen Wellen rückstreuenden Zentren im Raum berechnet und in Einzelfällen untersucht, ob diese Zentren bei Zustandekommen von Polarlicht-Funkverbindungen auch genau mit einem sichtbaren Polarlicht zusammenfallen. Weiterhin wurde für einige Stationen die Kurve maximaler Reichweite berechnet, die mit dieser Verbindungsart bei geeigneter Lage des sichtbaren Polarlichtes gerade noch überbrückt werden kann. Abschliessend wurde untersucht, welche geophysikalischen Phänomene eine Variation dieser maximalen Reichweiten verursachen können und von welcher Grössenordnung diese Variationen sind. Die in diesem Zusammenhang diskutierten geophysikalischen Phänomene sind die Einflüsse a) der Schwankungen der erdmagnetischen Inklination bei starken erdmagnetischen Störungen, b) der Variationen der Höhe der Rückstreuzentren über dem Erdboden sowie c) der Einfluss meteorologischer Überreichweiten. Alle theoretischen Resultate konnten mit dem umfangreichen und sehr wertvollen experimentellen Einzelbeobachtungen der Funkamateure, die von 1957 bis 1964 in [4] veröffentlicht sind, verglichen und auf die Richtigkeit geprüft werden. Über die wichtigsten Ergebnisse dieser theoretischen Untersuchungen, soweit sie für den Funkamateur von Interesse sind, soll nachstehend zusammenfassend berichtet werden. In ausführlicherer, mehr wissenschaftlicher Form und mit mehr Hinweisen auf wissenschaftliche Literatur sind die Ergebnisse in [5], [6] und [7] beschrieben. Der mit dem Phänomen der Rückstrahlung ultrakurzer Wellen an Polarlichtern noch nicht vertraute Leser findet Hinweise auf einführende Literatur in [3].

### Geometrie des Ausbreitungsweges, Rückstreubedingung

Die Auswertung von Radar-Echos von Polarlichtern zeigt, dass diese Lichterscheinungen für ultrakurze Wellen eine deutliche Aspektempfindlichkeit zeigen, und zwar pflegen nur dann Rückstrahlungen aufzutreten, wenn die Ausbreitungsrichtung der Wellen und die Richtung der erdmagnetischen Feldlinien am Rückstreupunkt angenähert einen rechten Win-

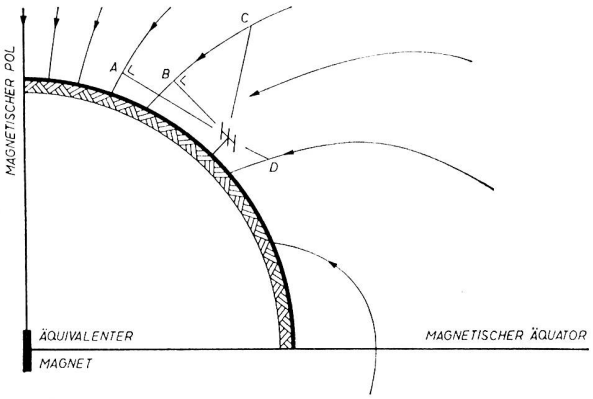


Fig. 1
Radar-Echos von Polarlichtern sind nur möglich, wenn am Rückstreuort die Wellenausbreitungs-Richtung der erdmagnetischen Feldlinien einen rechten Winkel bilden. Unter diesen Voraussetzungen geben in der obigen Figur an den Punkten A und B gelegene Polarlichter Echos, an C und D gelegene dagegen nicht.

kel bilden. Die Geometrie des dabei auftretenden Ausbreitungsweges geht aus Fig. 1 hervor. In dieser Figur ist der Radarfall skizziert, d. h. Sender und Empfänger liegen am gleichen Ort. Bei einer UKW-Polarlicht-Funkverbindung zwischen zwei verschiedenen Stationen sind dagegen Sender und Empfänger räumlich getrennt. Man nennt daher diese Art Übertragungen auch bistatische UKW-Polarlicht-Rückstrahlübertragungen im Gegensatz zu monostatischen Übertragungen im Radarfall. Die Geometrie des Ausbreitungsweges für den bistatischen Fall ist in Fig. 2 in horizontaler und in Fig. 3 in vertikaler Richtung dargestellt.
Im bistatischen Fall ist der Winkel zwischen der einfallenden bzw. rückgestrahlten Welle und dem Erdmagnetfeld ($\Omega_0$ und

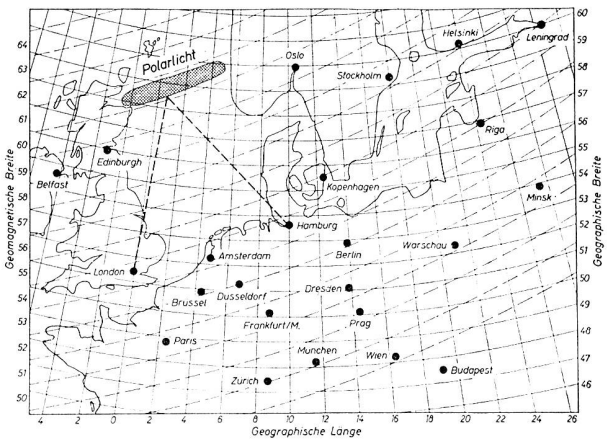


Fig. 2
Karte von Mitteleuropa mit der Geometrie des Ausbreitungsweges in horizontaler Richtung für UKW-Polarlicht-Funkverbindungen, auch bistatische UKW-Polarlicht-Rückstrahlübertragungen genannt. Die gestrichelten Linien stellen die geomagnetischen Breitenkreise dar.

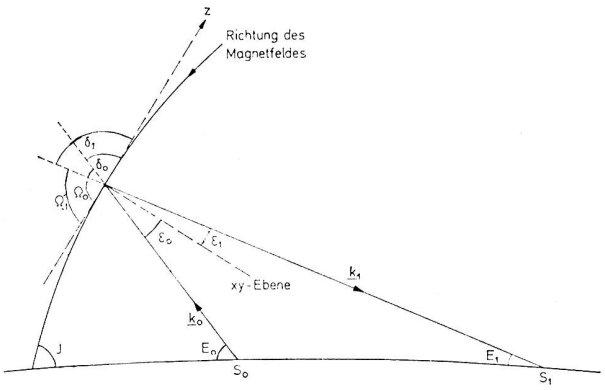


Fig. 3
Geometrie des Ausbreitungsweges in vertikaler Richtung für die in Fig. 2 genannte Verbindungsart.
$k_0$, $k_1$ Vektor der Wellennormale (zeigt in Ausbreitungsrichtung) für die einfallende bzw. rückgestrahlte Welle.
$\varepsilon_0$, $\varepsilon_1$ Winkel zwischen $k_0$ bzw. $k_1$ und der xy-Ebene.
J Magnetische Inklination.
$\Omega_0$, $\Omega_1$ Ausbreitungswinkel = Winkel zwischen der Ausbreitungsrichtung der Radiowellen und dem erdmagnetischen Feld.
$E_0$, $E_1$ Erhebungswinkel der abgestrahlten bzw. der empfangenen Welle über den Horizontalen.

$\Omega_1$ in Fig. 3) im allgemeinen nicht gleich 90°. Aus der Theorie folgt, dass in diesem Falle Rückstrahlungen möglich sind, wenn $\varepsilon_0 = \varepsilon_1$ ist oder, mit anderen Worten, wenn der Winkel zwischen der Richtung der einfallenden Welle $k_0$ und der xy-Ebene (Einfallsebene) gleich ist dem Winkel zwischen der Richtung der rückgestrahlten Welle $k_1$ und der xy-Ebene. Die Bedingung $\varepsilon_0 = \varepsilon_1$, die nachstehend «Ideale Rückstrahlbedingung» genannt werden soll, ist gleichbedeutend mit der Bedingung $\cos\Omega_0 + \cos\Omega_1 = 0$. Falls die Winkel $\varepsilon_0$, $\varepsilon_1$ oder $\Omega_0$, $\Omega_1$ von der idealen Rückstreubedingungen um nur wenige Grade abweichen, sind nach der Theorie grundsätzlich noch Rückstrahlungen möglich. Die rückgestrahlte Energie nimmt jedoch sehr schnell mit zunehmender Winkelabweichung ab. Man benötigt daher sehr starke Sender sowie Antennen mit hohem Gewinn, um bei geringen Winkelabweichungen noch Verbindungen zu bekommen. Da Amateurstationen im allgemeinen nur über Sender geringerer Energien und Richtantennen mit bescheidenem Gewinn verfügen, muss daher für diese Stationen die ideale Rückstreubedingung ziemlich genau erfüllt sein, um Verbindungen zu bekommen.

**Bestimmung der Rückstreukurve**

Auf der Europakarte in Fig. 4 stellen die ausgezogenen Kurven links die Ortskurven im Raum dar, entlang derer eine von London nach verschiedenen Richtungen ausgehende Gerade die erdmagnetischen Feldlinien unter gleichem Winkel in 110 km Höhe schneidet. Diese Höhe ist die am häufigsten auftretende Höhe der rückstreuenden Zentren im Bereich der Polarlichter. In Fig. 4 sind die Kurven gleichen Schnittwinkels, Ausbreitungskurven genannt, für 88°, 90° und 92° eingezeichnet. Diese Ausbreitungskurven wurden mit einer elek-

tronischen Rechenmaschine berechnet unter Benutzung der Werte für die magnetische Deklination und Inklination am Erdboden (Näheres zur Berechnungsmethode siehe Literaturhinweise in [6] und [7]. Zur Definition der Inklination siehe Fig. 3). Die Berechnung wurde beschränkt für Erhebungswinkel $E_0$, $E_1$ über dem Erdboden (Fig. 3) grösser oder gleich Null. Die punktierten Kurven rechts in Fig. 4 stellen ebenfalls Linien gleichen Schnittwinkels (Ausbreitungskurven) dar wie vorstehend beschrieben, jedoch für Wolszyn (Polen). Wie zu ersehen ist, schneiden sich die Kurvenscharen der beiden Stationen. Entlang der gestrichelten Linie (zwischen Wolszyn und London) ist die ideale Rückstreubedingung $\cos \Omega_0 + \cos \Omega_1 = 0$ oder $\varepsilon_0 = \varepsilon_1$ erfüllt für Erhebungswinkel $E_0$, $E_1$ grösser oder gleich Null (Fig. 3), diese Linie wird daher «Rückstreukurve» genannt. Die Rückstreukurve verbindet in Fig. 4 die Schnittpunkte von a) der 88°-London-Kurve mit der 92°-Wolszyn-Kurve, b) der 92°-London-Kurve mit der 88°-Wolszyn-Kurve und c) der 90°-London- und Wolszyn-Kurve.

Die Ortskurve (Rückstreukurve) entlang derer die ideale Rückstreubedingung in 110 km Höhe für die beiden Orte Oslo und Aberdeen erfüllt ist, zeigt Fig. 5. Wenn eine UKW-Polarlicht-Funkverbindung zwischen den beiden vorstehend genannten Orten auftritt, müssen ein Polarlicht und gleichzeitig Polarlicht-Rückstreuzentren an einem Punkt der Rückstreukurve auftreten. Die gezeigte Rückstreukurve erstreckt sich von $\Phi \approx 68°$ geomagnetischer Breite im Westen bis $\Phi \approx 64°$ im Osten. Da die Hauptpolarlichtzone etwa bei $\Phi \approx 67°$ liegt (siehe Veranschaulichung in [1], S. 306, Abb. 2), können daher relativ häufig zwischen diesen beiden Orten UKW-Polarlicht-Funkverbindungen getätigt werden.

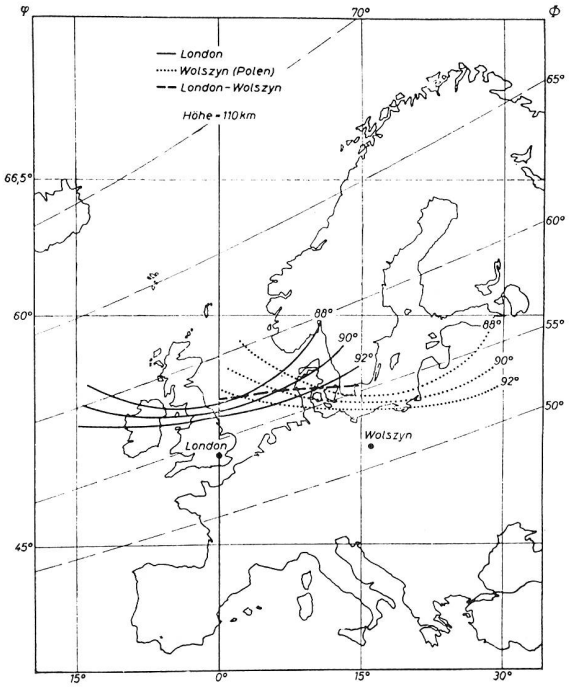


Fig. 4
Karte von Europa mit Kurven gleichen Schnittwinkels (genannt: Ausbreitungskurven) zwischen der Ausbreitungsrichtung der Wellen und dem erdmagnetischen Feld in 110 km Höhe über dem Erdboden für die beiden Orte London und Wolszyn (Polen). Die gestrichelte Linie stellt die Ortskurve (genannt: Rückstreukurve) in 110 km Höhe dar, entlang derer die «Ideale Rückstreubedingung» ($\varepsilon_0 = \varepsilon_1$ oder $\cos \Omega_0 + \cos \Omega_1 = 0$, Fig. 3) erfüllt ist für UKW-Polarlicht-Funkverbindungen zwischen den obengenannten Orten. $\Phi$ = geometrische Breite (Fig. 2), $\varphi$ = geographische Breite. Nach [5].

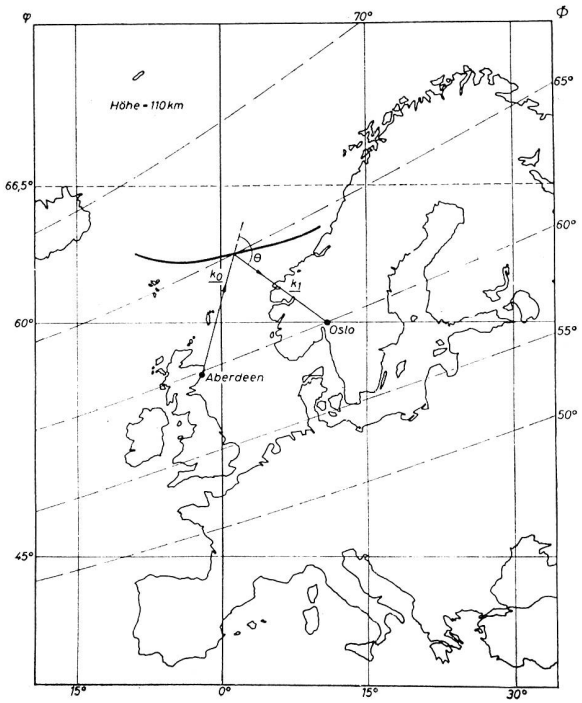


Fig. 5
Geometrie in horizontaler Richtung für UKW-Polarlicht-Funkverbindungen zwischen den beiden Orten Aberdeen und Oslo. Die ausgezogene Kurve in etwa $\Phi \approx 65°$ stellt die Ortskurve (genannt: Rückstreukurve) dar, entlang derer in 110 km Höhe die ideale Rückstreubedingung ($\varepsilon_0 = \varepsilon_1$ oder $\cos \Omega_0 + \cos \Omega_1 = 0$, Fig. 3) in 110 km erfüllt ist. Das bedeutet, dass an einer Stelle der Kurve ein Polarlicht (und gleichzeitig Polarlicht-Rückstreuzentren) auftreten müssen im Falle des Zustandekommens von Polarlicht-Funkverbindungen zwischen den beiden Orten. $\Phi$, $\varphi$ siehe Text Fig. 4. Nach [5].

**Rückstreukurven für verschiedene Stationspaare**

Die Europakarte in Fig. 6 zeigt drei verschiedene Rückstreukurven. Die nördlichste ausgezogene Kurve gilt für Verbindungen von Hamburg nach Stockholm und die südlichste, gestrichelte Kurve für Verbindungen von Hamburg nach München. Um Polarlicht-Funkverbindungen zwischen Hamburg und Stockholm zu bekommen, muss das Polarlicht der zugehörigen Rückstreukurve nach nördlich von Oslo oder Stockholm liegen oder senkrecht über Bergen. Um dagegen Polarlicht-Funkverbindungen von Hamburg nach München zu bekommen, muss das Polarlicht wesentlich südlicher etwa in der Breite von Kopenhagen–Malmö liegen.

Die Karte in Fig. 7 zeigt drei weitere Rückstreukurven. Die nördlichste Kurve gilt für Verbindungen von Oslo nach Aberdeen und ist identisch mit der in Fig. 5 gezeigten. Die südlichste gilt für Verbindungen vom Ruhrgebiet nach London und liegt etwa in der gleichen Breite wie die in Fig. 6 gezeigte Kurve für Verbindungen Hamburg–München, das heisst, dass im Falle des Auftretens von Polarlicht-Funkverbindungen zwischen London und dem Ruhrgebiet auch gleichzeitig mit grosser Wahrscheinlichkeit Verbindungen von Hamburg nach München möglich sein müssen.

Die Karte in Fig. 8 zeigt vier weitere Rückstreukurven. Die nördlichste Kurve gilt für Verbindungen von Hamburg nach Oslo. Um Polarlicht-Funkverbindungen zwischen diesen beiden Orten zu bekommen, muss das Polarlicht noch nördlich von Bergen liegen. Da südlich der Hauptpolarlichtzone ($\Phi \approx 67°$, siehe [1], S. 306, Fig. 2) die Polarlichthäufigkeit mit zunehmender Breite zunimmt, ist eine Polarlicht-Verbindung von Hamburg nach Oslo wahrscheinlicher als eine solche von Hamburg nach Stockholm (siehe Lage der zugehörigen Rückstreukurve in Fig. 6). Die umfangreichen Beobachtungen der Funkamateure, die grösstenteils in [4] veröffentlicht sind, haben das bestätigt. Die südlichste Kurve in Fig. 8 gilt für Verbindungen zwischen Mannheim und München. Zwischen diesen Orten besteht nur Verbindungsmöglichkeit, wenn sich das Polarlicht soweit nach Süden verlagert hat, dass es senkrecht etwa über die Breite des Ruhrgebietes steht. Im letzten Sonnenfleckenmaximum (etwa von 1957 bis 1960) ist das einige Male vorgekommen.

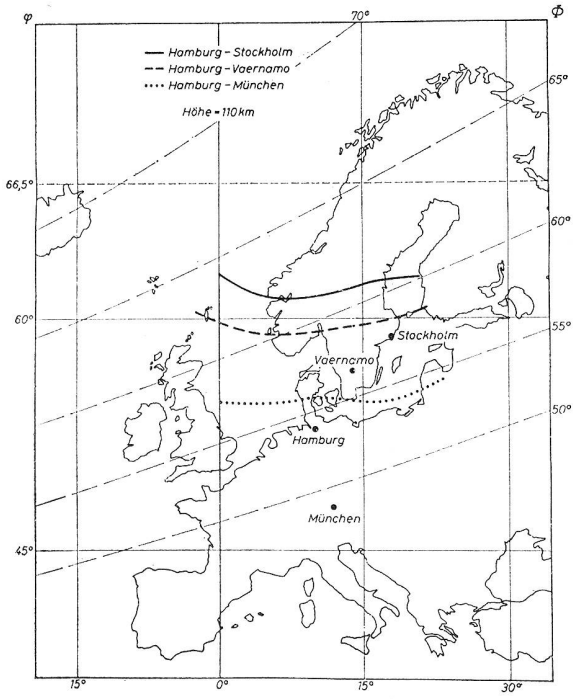


Fig. 6
Karte von Europa mit eingezeichneten Rückstreukurven für die in der Figur verzeichneten Stationspaare. $\Phi$, $\varphi$ siehe Fig. 4. Nach [5].

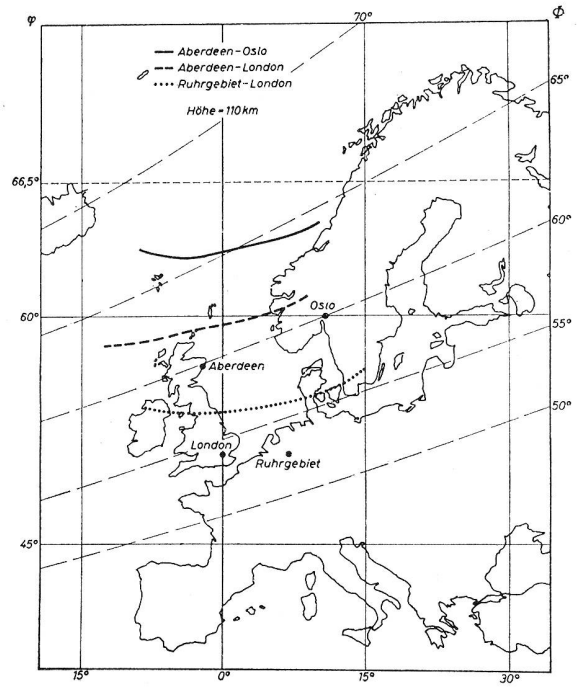


Fig. 7
Karte von Europa mit eingezeichneten Rückstreukurven für die in der Figur verzeichneten Stationspaare. $\Phi$, $\varphi$ siehe Text Fig. 4. Nach [6].

**Zusammenhang mit der Lage des sichtbaren Polarlichtes**

Die Auswertung von Funkamateur-Beobachtungen ergab, dass z. B. am 28. Oktober 1961 gegen 2200 GMT UKW-Polarlichtfunkverbindungen möglich waren von Hamburg nach Oslo, Stockholm, Aberdeen (Schottland) und Vaernamo (Südschweden) als auch vom Ruhrgebiet nach Aberdeen. Die berechneten Rückstreukurven für die vorstehend genannten Stationspaare sind in die Europakarte in Fig. 9 eingetragen zusammen mit der Lage des gleichzeitig beobachteten Polarlichtes. Wie zu ersehen ist, fallen die Rückstreukurven mindestens an einem Punkt mit dem sichtbaren Polarlicht zusammen. Die Rückstreuzentren an diesen Punkten haben die Verbindungen zwischen den vorstehend genannten Stationspaaren verursacht. Die Rückstreuzentren, die die Verbindung von Hamburg nach Vaernamo ermöglicht haben, lagen z. B. nach Fig. 9 etwa auf halbem Wege zwischen Nord-Schottland und Süd-Norwegen. Die günstigste Richtung der Richtantenne der Hamburger Station ist bei der Lage der Rückstreuzentren etwa NW und die der Antenne der Vaernamo-Station etwa WNW. Diese günstigsten Richtungen würden sich bei einer Südwärts-Verlagerung des Polarlichtes wesentlich ändern, wie leicht aus Fig. 9 zu ersehen ist. Zu der in Fig. 9 angegebenen Uhrzeit haben Funkamateure in München versucht, UKW-Polarlicht-Funkverbindungen zu bekommen, aber ohne Erfolg. Nach Fig. 6 und 8 liegen die Rückstreukurven für Verbindungen von München nach Mannheim und Hamburg wesentlich südlicher als das sichtbare Polarlicht, so dass sie nicht mit dem Polarlicht zusammenfallen konnten, was das Nicht-Zustandekommen der Polarlicht-Funkverbindungen erklärt.

Fortsetzung folgt