

Über einige Funkpeilverfahren bei der Kriegsmarine

von

Maximilian Waechter

Zusammenfassung:

Im folgenden möchte ich einen kurzen Überblick über einige Peilverfahren geben, an denen bei der Marine z.Zt. gearbeitet wird. Es handelt sich dabei um Kurzzeitpeilverfahren sowie um polarisationsfehlerfreie Peilanlagen mit möglichst kleinen Antennengebilden. Im einzelnen werden besprochen: Die Sichtpeilverfahren "Lichtbild" und "Braunkohle" sowie ein Phasenpeilverfahren "Dochtkohle". Den letzteren beiden Verfahren kommt insbesondere für Einsatzbedingung mit beschränkten Raumverhältnissen (z.B. an Bord von Booten) besondere Bedeutung zu. Am Schluss soll dann noch die Möglichkeit für die Ausnutzung der Peilerschwerungsanlage "Lissa" für navigatorische Zwecke erwähnt werden.

Die üblichen Peilverfahren, wie sie im Lang- und Kurzwellengebiet heute im Gebrauch sind, ermitteln die Peilung durch Festlegung des Peilminimums. Dieses Verfahren setzt eine gewisse Übung und Geschicklichkeit voraus, da für die Ermittlung des absoluten Minimums zwei voneinander unabhängige Werte, der Peilwinkel und die Enttrübung, aufeinander abgestimmt werden müssen. Wenn nun die einfallende Welle in ihren Eigenschaften längere Zeit unverändert bleibt, so dass für die Ermittlung des absoluten Minimums hinreichend Zeit vorhanden ist, dann erhält man im allgemeinen gute Peilergebnisse. Das wird für Langwellen am Tage bereits mit Rahmenpeilern (Drehrahmen- oder Kreuzrahmen-goniometeranlagen) erreicht, in der Dämmerung und nachts mit Adcockpeilern.

Bei der Kurzwelle dagegen, wo durch die Ausbreitungserscheinungen wesentlich stärkere Schwankungen auftreten, ist auch bei Adcockpeilern die Ermittlung der Peilung oft sehr schwierig, so dass in vielen Fällen nur bei besonders geschulten und hinreichend kritischen Beobachtern und ausreichend langer Sendezeit praktisch brauchbare Ergebnisse erhalten werden. Eine

genaue Peilung ist oft deshalb unmöglich, weil häufig durch Ausbreitungserscheinungen - starke Pendelungen, stark schwankende Trübungen und Schwunderscheinungen - die Voraussetzungen für eine Minimumpeilung praktisch nicht mehr gegeben sind. In solchen Fällen ist für eine Auswertungsstelle die Angabe einer bestimmten Peilrichtung ohne gleichzeitige Beschreibung des gesamten peilmässigen Eindrucks - der Peilqualität - meist wertlos, da man dann nicht weiss, welches Gewicht den Peilungen der verschiedenen Peilstellen für die Auswertung zu geben ist. Dazu kommt, dass für die Peilung von ausgesprochenen Kurzsignalen selbst bei stabilen Peilempfangsverhältnissen das Minimumpeilverfahren unmöglich ist.

Ein Peilgerät, das von den geschilderten Mängeln der Minimumpeilung frei ist, ist ein Sichtpeilgerät unter Verwendung eines Doppelhochfrequenzverstärkers mit angeschlossenem Braunschens Rohr. Das dabei benutzte Messverfahren mit zwei Kanälen, das erstmalig von Watson-Watt benutzt wurde, kommt auch auf anderen Arbeitsgebieten des NVK, überall da, wo das Summen-Differenz-Verfahren Anwendung findet, z.B. im Funkmesswesen, sowie bei Unterwasserschallpeilanlagen, zum Einsatz.

Das Prinzip einer solchen Anlage "Lichtbild" zeigt Bild 1a und 1b. S. 93

Das Nord-Süd-Antennensystem eines Adcocks (oder auch eines Kreuzrahmens) ist über den Verstärkerkanal I an das eine Plattenpaar, das Ost-West-Antennensystem über den Verstärkerkanal II an das andere Plattenpaar einer Braunschens Röhre geführt. (Bei Verwendung eines Adcocksystems mit 8 Antennen wird der Anschluss an die 4 Eingänge der Verstärkerkanäle über ein "Reduziergoniometer" hergestellt, vergl. Fig 1 c).^{S. 93} Bei völliger elektrischer Gleichheit der beiden Verstärkerkanäle stellt sich nun bei Einfall einer Welle auf das Antennensystem auf dem Schirm der Braunschens Röhre ein diametraler Strich ein, derzu den beiden Plattenpaaren winkelmässig in gleicher Weise orientiert ist wie die Richtung der einfallenden Welle zu dem Antennensystem. Diese noch doppeldeutige Peilanzeige lässt sich nun mit Hilfe einer Hilfsantenne und eines dritten Verstärkerkanals, der zur Hell-Dunkelsteuerung an den Wehneltzylinder geführt ist, in eine seitenrichtige Anzeige überführen,

indem die diametrale Peilanzeige durch Auslöschung der einen Hälfte in eine radiale Anzeige verwandelt wird.

Die technische Schwierigkeit, dies einfache Prinzip zu realisieren, besteht darin, die Verstärkerkanäle für den gesamten Frequenzbereich (z.B. von 16 bis 200 m) in bezug auf Amplitude und Phase völlig gleich zu machen. Um auch von den geringsten Verschiedenheiten der Verstärkerkanäle und den dadurch bedingten Anzeigefehlern unabhängig zu sein, wird ein Eichverfahren verwendet, bei dem mit Hilfe eines im Frequenzgleichlauf mit dem Empfänger stehenden Messenders die Gleichheit der Verstärkerkanäle bei der jeweils eingestellten Peilfrequenz überwacht wird. Wenn man nun mit einem solchen Gerät Kurzwellenpeilungen durchführt, so kann man leicht die verschiedenen Peilqualitäten erkennen. In den folgenden Bildern sind einige Beispiele dafür gegeben.

^{S. 94}
Figur 2a zeigt die ideale Strichanzeige, wie sie z.B. immer bei Nahempfang erhalten wird und auch bei Fernempfang bei guten Peilbedingungen. Eine solche Anzeige kann nun über längere Zeit eine feste Richtung behalten, sie kann aber auch um einige Winkelgrade hin und her pendeln, dabei kann die Strichlänge im wesentlichen unverändert bleiben, oder aber auch bei Schwund grösser und kleiner werden.

^{S. 94}
Figur 2b zeigt statt einer Strichanzeige eine Ellipse. Dabei handelt es sich aber nicht um eine elliptische Aufspaltung infolge von Symmetriefehlern der beiden Verstärkerkanäle. Die Ursache für die Elliptizität der Anzeige kann sowohl in Mängeln des Adcocksystems (schädliche Horizontalaufnahme) wie in Ausbreitungsanomalien (gleichzeitiger Einfall aus verschiedenen Azimuten infolge von Mehrfachreflexionen) begründet sein.

Bei einer elliptischen Aufspaltung infolge von Adcockfehlern erhält man die richtige Peilung, wenn man die grosse Achse der Ellipse als Richtung auswertet, dabei kann man sich die Ablesung durch Betätigung einer "Enttrübung" dadurch erleichtern, dass man die Ellipse zu einem Strich zusammenzieht. Bei einer elliptischen Aufspaltung infolge von Ausbreitungsanomalien kann man bei Auswertung der grossen Achse als Peilrichtung zu ganz falschen Ergebnissen kommen. Im folgenden soll an einem Beispiel,

wo die Ellipse aus zwei aus verschiedenen Azimuten einfallenden Wellen besteht, gezeigt werden, wie man mit einer Hilfsvorrichtung die beiden Richtungen getrennt aus der Ellipse herausfinden kann.

Das wesentliche des dabei zur Anwendung kommenden Verfahrens soll Fig. 3 ⁹⁵ zeigen. Auf den Eingang der beiden Verstärker ist dabei nicht einfach wie in Fig. 1a das Nord-Süd- bzw. Ost-West-Antennensystem geschaltet, sondern hier ist nur das Ost-West-System wie bei Fig. 1a auf den Kanal II geschaltet, während auf den Kanal I das durch Hinzunahme einer offenen Antenne abgewandelte Nord-Süd-System geschaltet wird. Seine Empfangscharakteristik ist dabei eine Kardioide, deren Orientierung zu dem Doppelkreis-Diagramm des Ost-West-Systems in der Fig. 3 gezeigt ist. Dadurch erreicht man, dass beide Antennensysteme eine (hier in die Nordrichtung fallende) Nullstelle besitzen.

Wenn nun auf das Antennensystem aus zwei verschiedenen Azimuten zwei Wellen S_1 und S_2 einfallen, zeigt sich im allgemeinen auf der Braunschen Röhre eine Ellipse, deren Gestalt und Orientierung je nach den Amplituden- und Phasenbeziehungen zwischen S_1 und S_2 verschieden ist.

Dreht man nun das gesamte Antennensystem (bei grossen räumlichen Abmessungen mit Hilfe einer geeigneten Goniometeranordnung), so dass seine gemeinsame Nullstelle den gesamten Azimutkreis abtastet, so kann man S_1 und S_2 getrennt zur Anzeige bringen. Dabei sieht man sofort, dass diese Richtungen im allgemeinen von der Richtung der grossen Achse der Ellipse völlig verschieden sind. Für die Auswertung würde man dann, wenn die Amplituden von S_1 und S_2 sich sehr stark voneinander unterscheiden, die Richtung mit der grössten Amplitude bevorzugt berücksichtigen. Bei etwa gleicher Amplitude müsste aus beiden Richtungen die Auswahl von der Auswertestelle durch Kombination mit den Ergebnissen anderer Peilstellen getroffen werden. Ob für Sichtpeilanlagen ganz allgemein für den praktischen Einsatz die Hinzunahme der eben beschriebenen Anordnung notwendig wird, oder ob man sie ausschliesslich für bestimmte Ausbreitungsforschungen einsetzt, kann jetzt noch nicht abschliessend beurteilt werden.

"Braunkohle".

Bei der bisher beschriebenen Anordnung ist als Antennensystem ein Adcock zugrunde gelegt. Die räumlichen Abmessungen eines solchen Antennensystems, vor allem seine Bauhöhe von mehreren Metern, schliesst den Einsatz einer solchen Anlage unter räumlich beschränkten Verhältnissen, als insbesondere an Bord von kleinen Schiffen oder Flugzeugen, aus.

Eine Möglichkeit hierfür bietet sich, wenn man das Adcockantennensystem durch eine Doppelrahmenpeilanordnung in Goniometerschaltung ersetzt, die ebenfalls polarisationsfehlerfrei ist. Dabei werden anstelle von 4 Adcockantennen vier Kreuzrahmen, die ebenfalls an den Ecken eines Quadrates aufgestellt sind, verwendet. Je zwei gegenüberliegende Kreuzrahmen werden über Goniometer gegeneinandergeschaltet und dem Gerät "Lichtbild" zugeführt. Damit die 4 Kreuzrahmen ständig aus jedem Azimut empfangen können, werden ihre Goniometer mit koaxialen Suchspulen in ständige Rotation versetzt. Das Schema einer solchen Anlage "Braunkohle" ist aus Fig. 4 ^{5.96} ersichtlich. Wenn man die Bauhöhe der Kreuzrahmen extrem niedrig machen will, muss man zu Kreuzrahmen auf Hochfrequenzeisenkernen übergehen. Solche Rahmen besitzen nur eine Bauhöhe von 5 bis 10 cm und eine Breite von ca. 80 cm.

Die Unterbringung von 4 solchen Eisenkreuzrahmen an Bord eines U-Bootes erscheint durchaus möglich. Dabei ist an eine Basis von ca. 2 bis 3 m gedacht.

Die Polarisationsfehlerfreiheit einer solchen Vierfachkreuzrahmenanordnung kann man leicht rechnerisch ableiten.

"Dochtkohle".

Im folgenden soll noch auf ein polarisationsfehlerfreies Peilverfahren eingegangen werden, das zwar nicht wie die beiden eben beschriebenen eine automatische Peilanzeige liefert, das aber den Vorteil hat, mit wesentlich geringerem antennenseitigen Aufwand, nämlich einem Drehrahmen-Peiler, und einer Dipolantenne auszukommen. Dadurch soll es die Möglichkeit bieten, vorhandene Drehrahmenpeilanlagen in polarisationsfehlerfreie Anordnungen umzuwandeln.

Dieses Verfahren "Dochtkohle", das von Dr. Grosskopf vom RPF vorgeschlagen wurde, wird bei der Marine z.Zt. deshalb näher bearbeitet, weil es vielleicht eine Möglichkeit bietet, auf U-Booten ohne wesentliche Änderung des bisher vorhandenen Antennenaufwandes zu polarisationsfehlerfreien Peilern, insbesondere KW-Peilern, zu kommen.

Bei dem Verfahren wird die Peilung nicht aus dem der Minimumermittlung zugrunde liegenden Amplitudenvergleich ermittelt sondern aus einem Phasenvergleich der Rahmen- und Dipolspannung. In Fig. 5 ^{3.92} ist schematisch die Anordnung des Peilgerätes "Dochtkohle" dargestellt. Die von dem Drehrahmen gelieferte Spannung U_{RX} und die vom Dipol gelieferte Spannung U_{XA} werden direkt bzw. über einen Phasenschieber, der die Phase der Dipolspannung um 90° dreht, dem Phasenmesser zugeführt. Die Phasendifferenz zwischen beiden Spannungen wird im Phasenindikator zur Anzeige gebracht. Beim Drehen des Rahmens ändert sich nunmehr ständig die im Phasenindikator angezeigte Phasendifferenz zwischen Rahmenspannung und Dipolspannung. Diese Phasendifferenz wird Null, wenn die Rahmenebene auf den Sender hinzeigt. Da diese ausgezeichnete Phasenlage unverändert erhalten bleibt, wie die Theorie zeigt, gleichgültig, wie stark die Schwingungen des elektrischen Vektors elliptisch polarisiert sind, und welcher Elevationswinkel vorhanden ist, kann sie zur polarisationsfehlerfreien Peilung ausgenutzt werden. Dabei wird die Peilung in der Weise durchgeführt, dass der Peilrahmen so lange gedreht wird, bis der Phasenindikator Null anzeigt. Die dann am Handrad des Rahmens abzulesende Stellung ist die Peilung (Rahmenebene zeigt auf Sender).

Das Verfahren versagt, wie die Theorie ebenfalls zeigt, in folgenden 2 Fällen:

- 1.) Wenn die Welle horizontal einfällt (reine Bodenwelle),
- 2.) wenn die Welle nicht elliptisch, sondern rein linear polarisiert ist.

Dieses Versagen ist daran erkenntlich, dass die Phasenanzeige sich nicht beim Drehen des Rahmens ändert, sondern bei jeder Rahmenstellung Null bleibt. Inwieweit durch diese Ausnahmefälle eine praktisch, insbesondere bei Kurzwellen, fühlbare Einschränkung der Brauchbarkeit des Verfahrens eintritt, muss noch

durch eingehende Beobachtung geklärt werden. Eine rein horizontal einfallende Welle wird unabhängig von ihrem Polarisationszustand bereits mit dem bekannten Rahmenpeilerverfahren richtig gepeilt. In einem solchen Fall müsste dann also auf normale Rahmenpeilung (reine Bodenwellenpeilung) umgeschaltet werden. Eine rein linear polarisierte Welle ist im Kurzwellengebiet auf Grund der Ausbreitungsbedingungen ausserordentlich selten und dann meist nur von kurzer Dauer, so dass bereits bei kurzfristiger Beobachtung wieder elliptische Polarisation eintritt, die dann wieder eine Peilung gestattet.

Das Ergebnis der theoretischen Überlegungen führt bei Phasengleichheit zu folgender Beziehung:

$\sin \sigma \cos \psi \cos \alpha = 0$, wobei σ ein Mass für die Elliptizität, ψ der Peilwinkel und α der Einfallswinkel, gemessen gegen die Vertikale ist. In drei Fällen lässt sich diese Bedingung erfüllen.

1.) $\sigma = 0^\circ$, was linear polarisierte Welle bedeutet, da die Elliptizität Null ist.

2.) $\alpha = 90^\circ$, was horizontalen Einfall bedeutet.

3.) $\psi = 90^\circ$ ist die Peilstellung.

Zum Schluss möchte ich noch eine kurze Bemerkung über die mögliche Anwendung des Peilerschwerungsverfahrens "Lissa" für navigatorische Einstrahlortung machen, wie sie sich ergibt, wenn ein Fahrzeug, das die Standortbestimmung durchführen will, mit einer Impuls-Sende- und Peillanlage ausgerüstet wird.

Das wesentliche der Peilerschwerungsanlage "Lissa" ist aus Fig. 6 ⁵⁹⁸ ersichtlich. Die von Peilort P nach dem Sender S zeigende ungestörte Peilrichtung wird durch den Zusatzsender S_2 , der sich über den Empfänger E an den Sender S mit genau gleicher Frequenz anhängt, in die falsche Peilrichtung R verlagert. Die Anlage "Lissa" ist im wesentlichen nur eine Verstärkeranlage, deren abgestrahlte Frequenz ausschliesslich von dem Sender, an den sie sich anhängt, bestimmt wird.

Eine solche Anlage kann nun für navigatorische Einstrahl-
ortung eingesetzt werden, wenn das ortende Fahrzeug, z.B. ein
Flugzeug, eine Impuls-Sende- und -Peilanlage besitzt. Dabei
würde man dann aus der Laufzeitmessung den Abstand von der An-
lage "Lissa" und aus der Peilung der von "Lissa" zurückgestrah-
ten Impulse die Peilung nach Lissa ermitteln können. Der
Realisierung dieser Möglichkeiten ist bisher noch nicht näher
getreten worden, da für Schiffe ein solches Ortungsverfahren
z.Zt. nicht zugänglich ist. Die Möglichkeit einer solchen Ortung
sollte lediglich erwähnt werden, weil sie durch eine zusätzliche
Ausnutzung von Anlagen "Lissa", die zum Zwecke der oben be-
schriebenen Peilerschwerung errichtet werden, leicht zu erhal-
ten wäre.

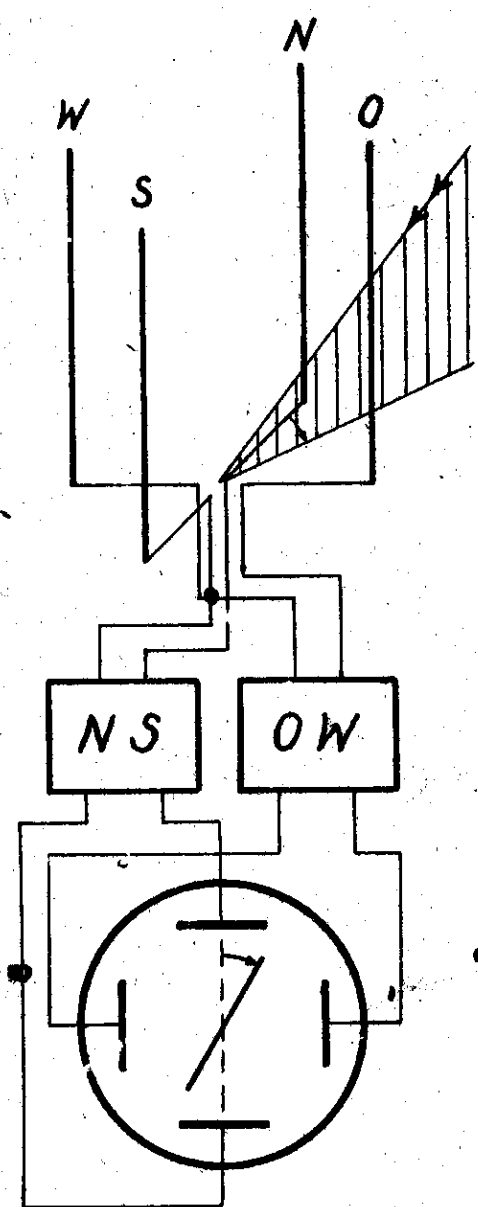


Fig. 1a
Ohne Hilfsantenne f. Seite

zu S. 96

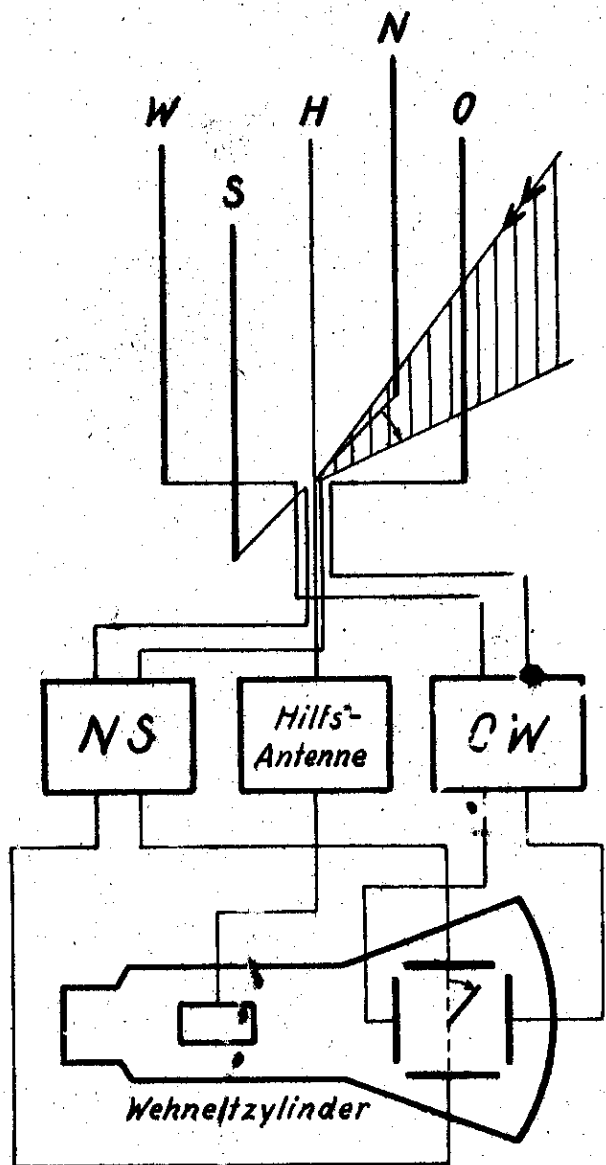


Fig. 1b
Mit Hilfsantenne f. Seite

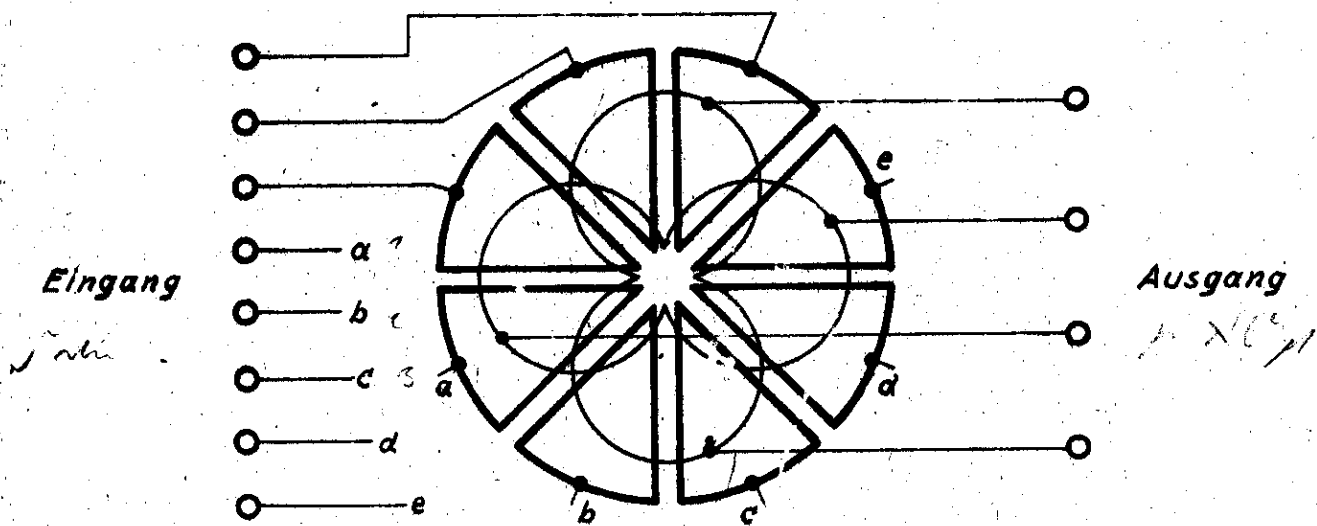


Fig. 1c Reduziergoniometer
zu S. 86

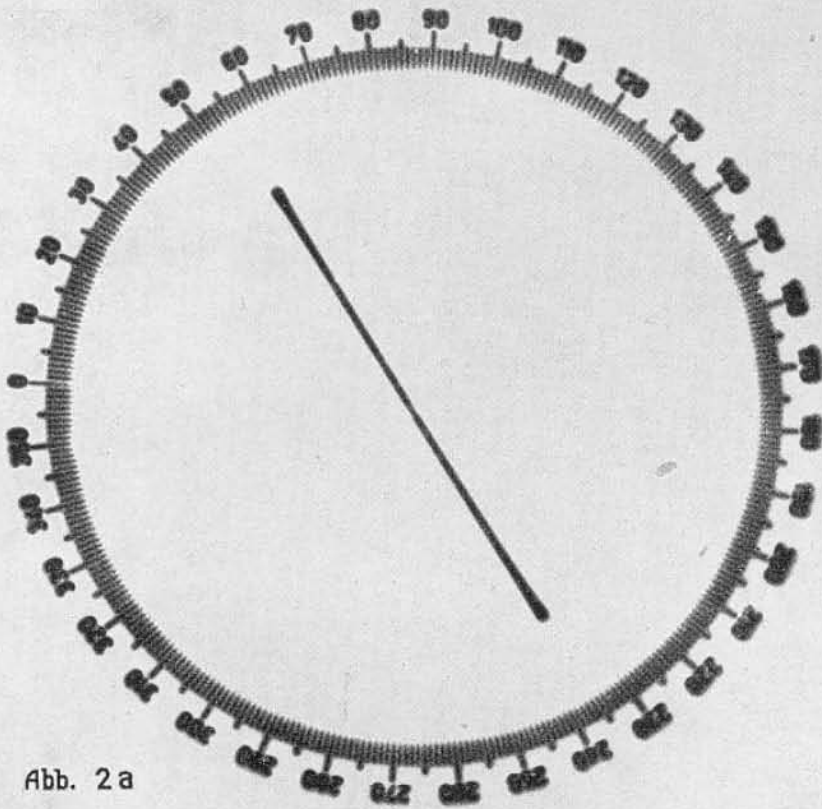


Abb. 2 a

zu S. 87

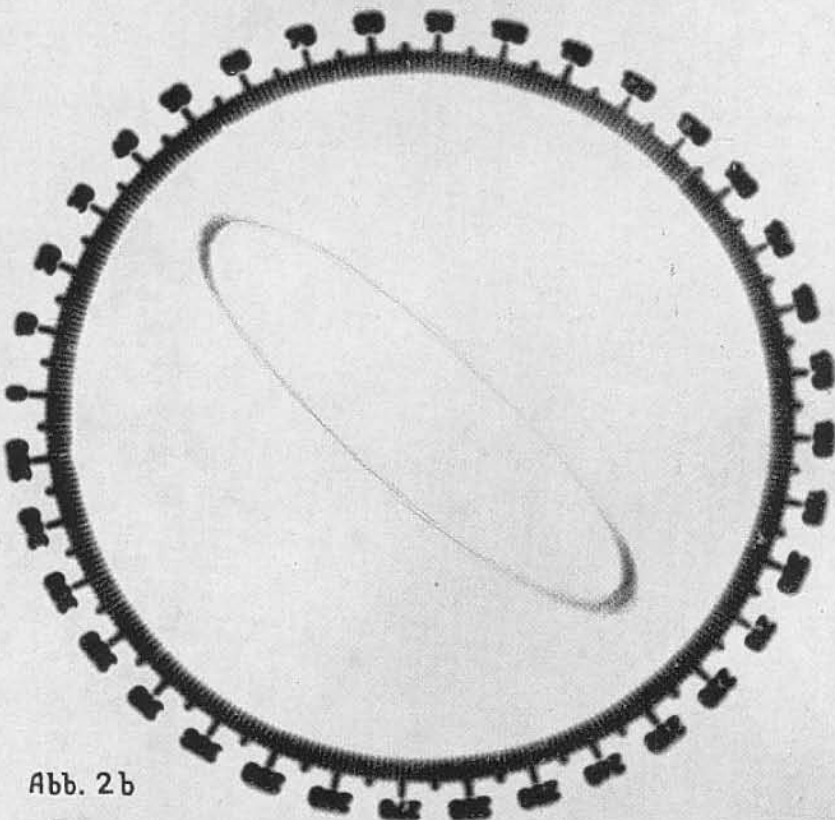


Abb. 2 b

6

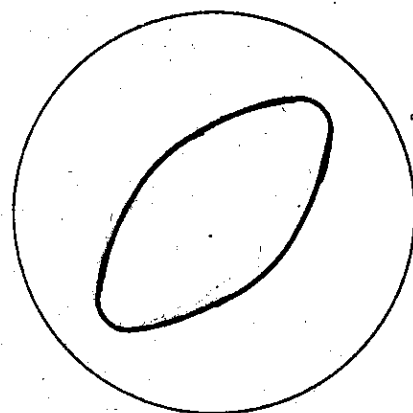
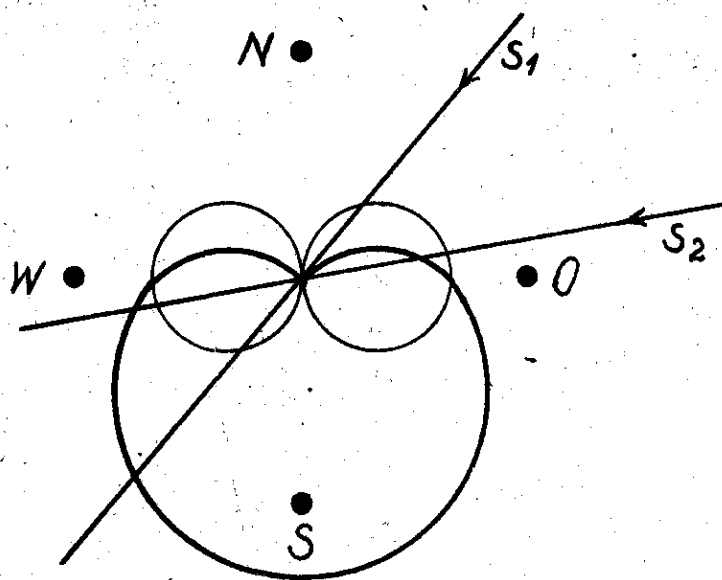
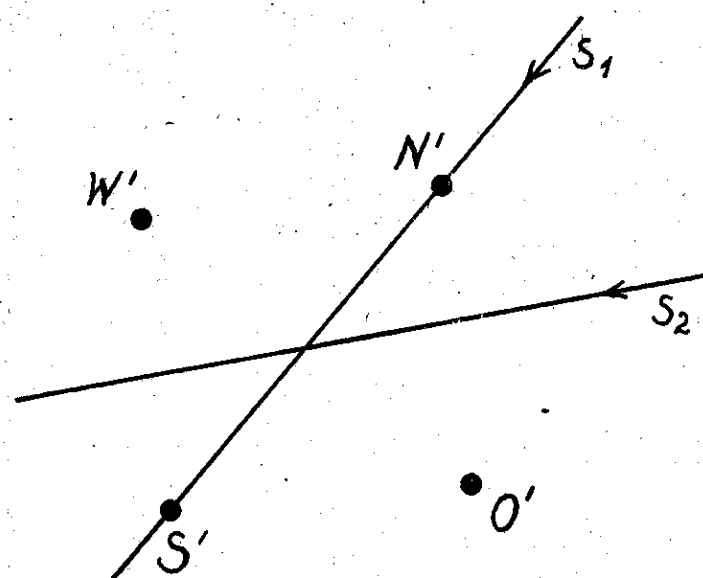


Bild auf dem Schirm



„Drehung“ nach S_1

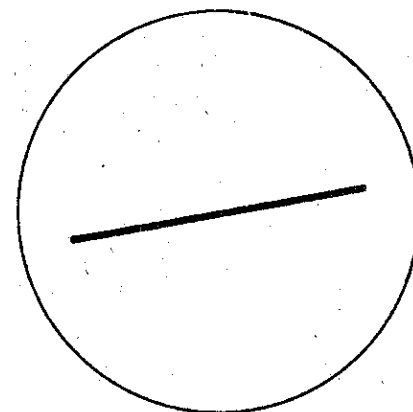
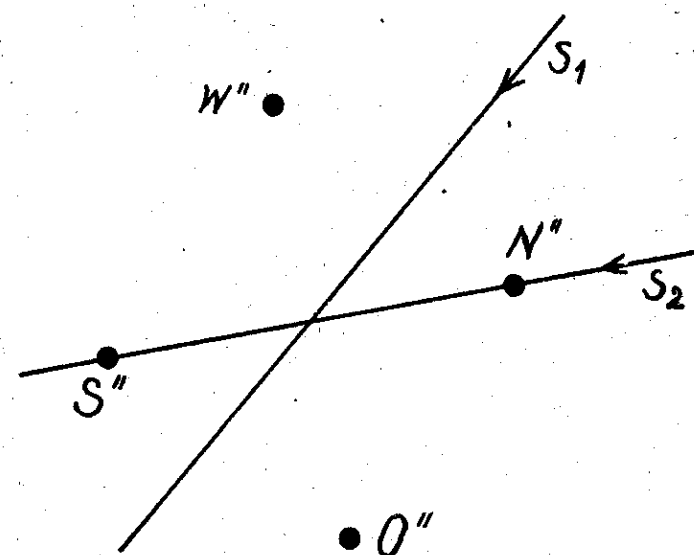


Bild auf dem Schirm



„Drehung“ nach S_2

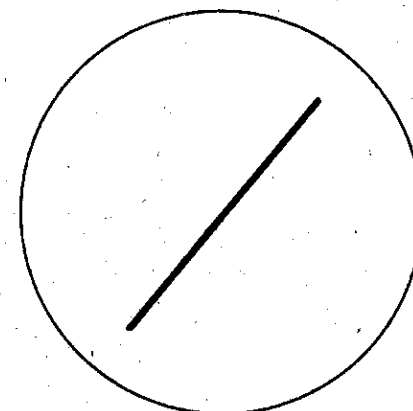


Bild auf dem Schirm

Fig. 3 Wirkung der Kardioiden-Anordnung
zu S. 88
(schematisch)

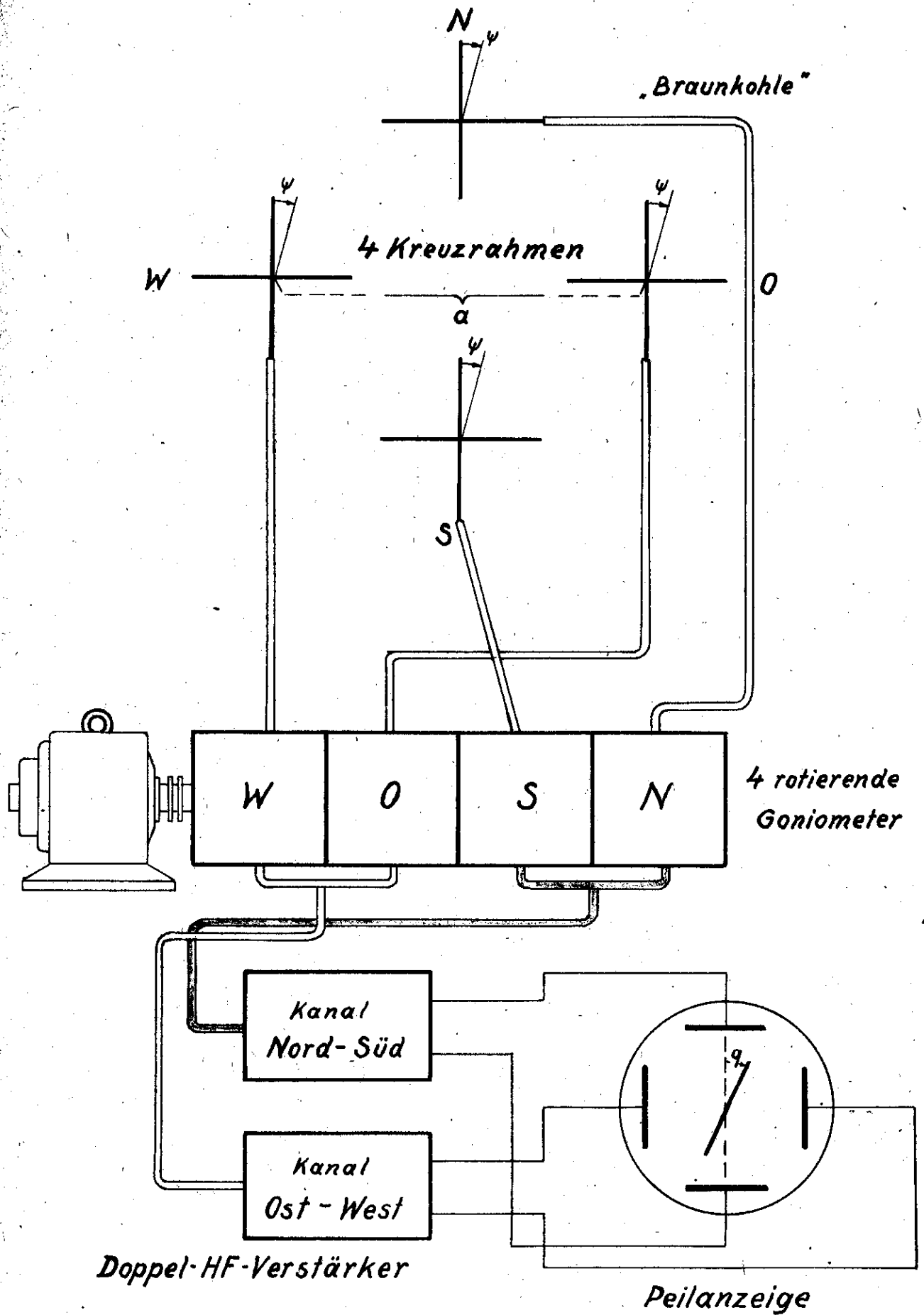
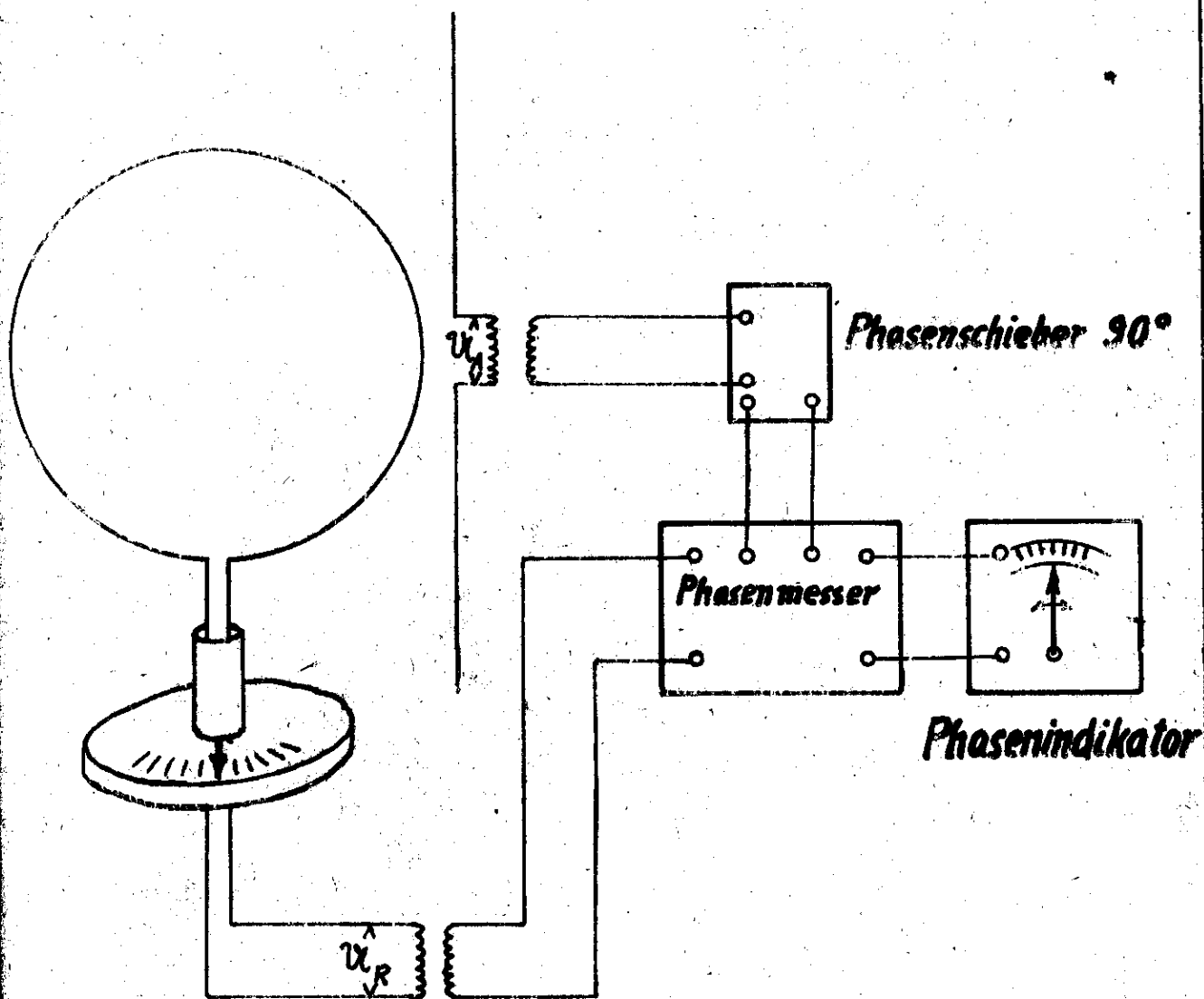


Fig. 4 zu S. 89.



**Fig. 5. Schematische Anordnung des Peilgerätes
"Docht Kohle"**

zu S. 90

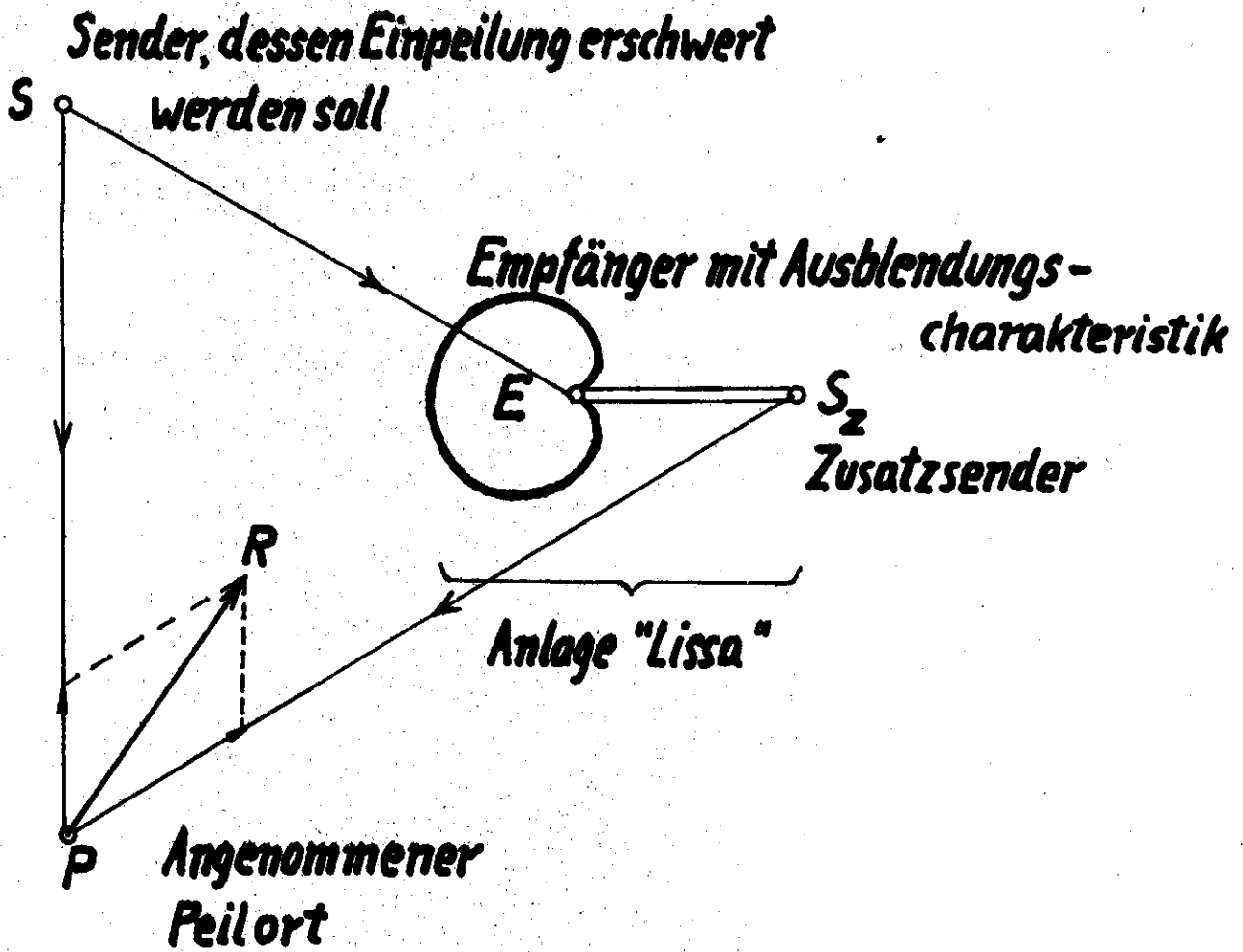


Fig. 6. Schema zur Wirkungsweise der Anlage "Lissa".

zu S. 91