

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 1 (1946)
Heft: 2

Artikel: Loran Radar Racon
Autor: Zickendraht, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-653412>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 31.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Loran / Radar / Racon

Von Prof. Dr. H. Zickendraht, Physikalisches Institut Basel, Abteilung für angewandte Physik

Zum zweiten Male erlebt heute die ältere Generation das fast bedrückend wirkende Ereignis, daß ein unter militärischem Zwange zurückgehaltener Strom wichtiger technischer Fortschritte plötzlich freigegeben, selbst die Fachleute überrascht und ihnen eine überreiche Fülle neuer Ergebnisse darbietet. Nach dem ersten Weltkriege war es zunächst der große Erfolg im Fliegen, besonders aber die Entwicklung der Elektronenröhre, die dem elektrischen Nachrichtenwesen gänzlich neue Bahnen eröffnete. Die Röhrenverstärker schufen ungeahnte Möglichkeiten, die Röhrensender aber die Radiotelephonie als Grundlage des Rundspruchs. Das geschah in den Jahren 1918 bis 1920.

Der zweite Weltkrieg endete im Sommer 1945. Bald darauf wurden in offiziellen Mitteilungen Andeutungen über die Grundlagen der gewaltigen wissenschaftlichen und technischen Fortschritte bekanntgegeben, die der diesmal sechsjährige Krieg hervorgebracht hatte. Wir stehen vor einem Vorstoß von Theorie und Praxis, an dessen Aufarbeitung wir jahrelang zu tun haben werden.

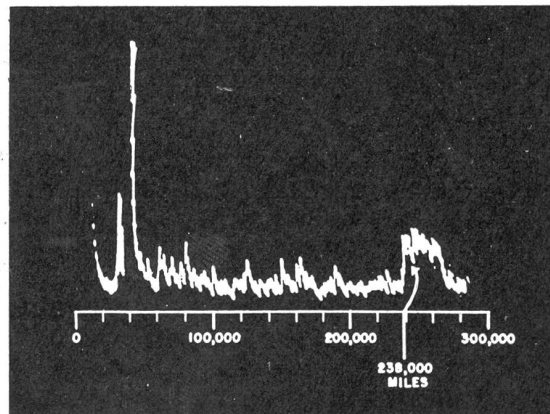
Die elektrische Nachrichtentechnik ist heute beinahe jeder Aufgabe gewachsen, und es ist keine Übertreibung, wenn wir behaupten, daß es jetzt schon möglich wäre, einen jeden Menschen, wo immer er sich auch aufhalten und bewegen möge, mit jedem seiner Mitmenschen in direkte Sprechverbindung zu setzen. Dies nur ein Beispiel von vielen. Unbeschränkt ist die Zahl der Verständigungsmittel, sonderbar bleibt nur, wie sehr es noch immer an der Verständigung selbst gebricht.

Mit Hilfe elektromagnetischer Wellen erforschen wir die Erdatmosphäre bis hinauf in die Hunderte von Kilometer hohen, «*Ionosphäre*» genannten, Regionen. Ja, seit dem denkwürdigen Versuche vom 22. Januar 1946, bei dem die Physiker *J. Mofenson*, *H. B. Webb*, *J. H. De Witt*, *E. King-Stodola* und *H. Kaufmann* vom *Evans Signal Laboratory* in den Vereinigten Staaten von der Erde aus Ultrakurzwellen-Signale zum aufgehenden Monde schicken und die von unserm Satelliten wieder zurückgeworfenen Impulse einwandfrei aufnehmen und oszillographisch registrieren konnten, ist die Reichweite der Hilfsmittel, mit denen wir den Himmelsraum zu durchforschen beginnen, ganz beträchtlich gestiegen.

Zur Zeit des genannten Versuches befand sich der Mond rund 383 000 Kilometer von der Erde entfernt. Nehmen wir an, daß die Gruppengeschwindigkeit der zum Monde hinaufgesandten kurzen Wellenimpulse nahe bei der Lichtgeschwindigkeit gelegen, also 300 000 Kilometer in der Sekunde betragen habe, so findet man leicht als Zeit für einen Signal-Hin- und -Hergang die Zahl von 2,55 Sekunden. Derartige Zeiten sind aber oszillographisch sehr leicht zu messen. Unsere Aufnahme (Bild 1) zeigt ein solches *Kathodenszillogramm*. Der Abgangsimpuls ist beim Nullpunkt der Skala zu denken, die Skala selbst ist in american miles (1 a. m. = 1,609 km) geteilt. Bei 238 000 Meilen = 383 000 km beginnt der reflektierte, diffus verbreiterte Impuls. Der Versuch selbst hat epochale Bedeutung.

Die ersten Anfänge der heute zu so großer Berühmtheit gelangten Anwendung elektromagnetischen Wellenstrahlung auf die verschiedensten Forschungsgebiete lernten wir selbst anlässlich eines Gelehrtenaustausches zwischen der Schweiz und England im Spätherbst 1929 kennen. Am 28. November jenes Jahres durften wir dank der Liebenswürdigkeit von *Dr. (heute Sir) E. A. Watson Watt*, dem England zum Teil seine Rettung im großen Angriffe von 1940 verdankt, in Datchet bei Windsor einen Teil der interessanten wissenschaftlichen Forschungsanlagen des staatlichen Radio-Research-Board, einer

Bild 1: Ein Kathodenszillogramm



Unterabteilung des Département of Scientific and Industrial Research ansehen und unter der Führung von *Professor (heute Sir) E. V. Appleton* an einem Versuche teilnehmen, der die Erforschung der Kennelly-Heaviside-Region (in etwa 100 km Höhe über der Erde) zum Ziele hatte. Dort sahen wir zum ersten Male die Wirkung der zur Ionosphäre hinaufgesandten, von ihr zurückgebogenen und zur Erde wiederkehrenden elektromagnetischen Wellen an den in einer kleinen Bretterhütte aufgestellten Meßinstrumenten photographisch registriert. Aus jenen zunächst rein wissenschaftlichen Untersuchungen ist dann später ein großer Teil der praktischen Anwendungen hervorgegangen, die zu den radioelektrischen Navigationsgeräten, zu den Richtungsfindern und Sondierapparaten der verschiedensten Art geführt haben. Die genannten englischen Physiker und ihre zahlreichen Mitarbeiter, gleichzeitig aber auch ihre amerikanischen Kollegen, vor allen als erste *Gregory Breit* und *Merle A. Tuve* (1925) von der Carnegie Institution in Washington sind es gewesen, denen es gelang, die veränderlichen Zustände der Ionosphäre mit immer wachsender Genauigkeit messend zu verfolgen. Nach der *Kennelly-Heaviside-Region* wurde bald die sogenannte *Elias-Appleton-Region* (in rund 200 Kilometer Höhe) entdeckt, überhaupt konnten die Verhältnisse geklärt werden, von denen die Radiotelegraphie und -telephonie über große Entfernungen abhängig ist.

So mußte es denn ganz von selbst geschehen, daß sich beim Arbeiten mit immer kürzeren, dabei aber immer intensiver gewählten elektromagnetischen Wellen Effekte kundgaben, die mit Wellenreflexionen, mit Interferenzen und anderen, dem Physiker aus der Wellenlehre oder der Optik wohlbekannten Erscheinungen zusammenhingen. Was zunächst die Versuche zuweilen störend beeinflussen mochte, erwies sich später bei richtiger Handhabung als wertvoll und ausbaufähig und hat heute zu den wundervollen Erfolgen geführt, von denen wir hier einige zu beschreiben versuchen werden. Wir stützen uns dabei auf eigene Erfahrungen, auf amtliche Angaben der Amerikaner und Engländer und auf die Fachliteratur, die gegenwärtig nur zögernd zwar mit der Beschreibung der während des Krieges streng geheimgehaltenen Einrichtungen hervortritt. Immerhin ist bei der Lektüre der genannten Mitteilungen große Vorsicht und wohlweisliche Berücksichtigung des berühmten Satzes: «Zeigen Sie alles, aber lassen Sie nichts sehen» geboten; denn viele der schönen Geräte sind noch geistiges Eigentum der Erfindernationen und werden keineswegs so freigebig preisgegeben, wie es dem Laien scheinen möchte.

Die klassischen Hilfsmittel der Navigation zur See waren seit langem der Sextant und das Chronometer zur Ortsbestimmung, der magnetische oder der Kreiselkompaß zur Einhaltung des Kurses. Später sind die radiotelegraphischen Zeitsignale hinzuge-

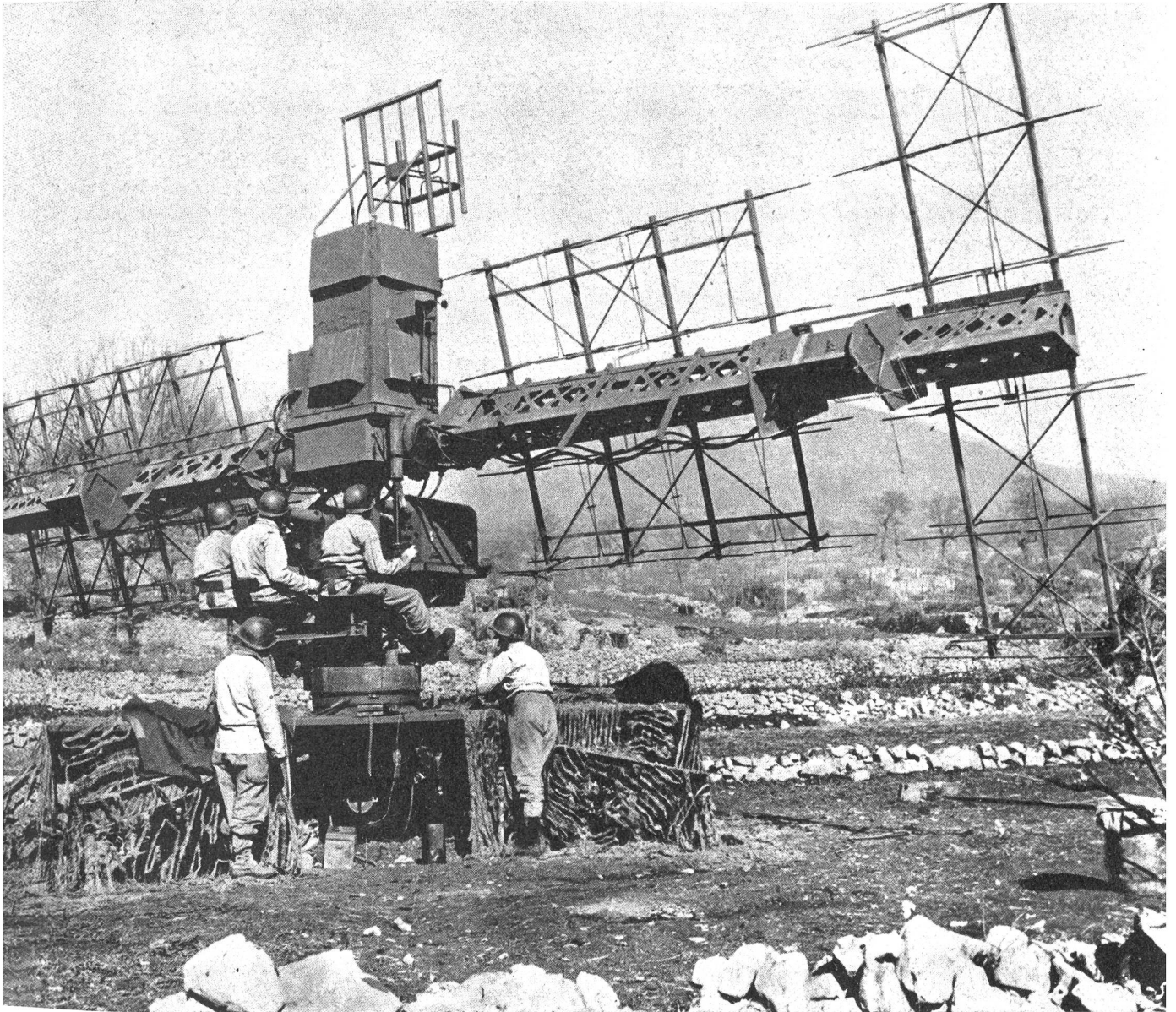
kommen, die die Bordchronometer zwar nicht überflüssig machten, sie aber doch entbehrlich erscheinen ließen; jedenfalls konnten sie jetzt dauernd überwacht werden. Als es dann – nach vielen Mühen – gelang, auf Grund von korrekten, von den Launen der Ionosphäre unabhängigen radioelektrischen Richtungsbestimmungs- oder *Peilmethoden* die Sicherheit der Navigation längs der Küsten bedeutend zu heben, war schon ein großer Fortschritt erzielt.

Inzwischen war auch die Luftfahrt nicht müßig geblieben. Kurz vor dem ersten Weltkriege sind die ersten, für heutige Verhältnisse noch höchst unförmigen Funkensender und -empfänger in Flugzeuge eingebaut und auch gleich zur Navigation in der Luft verwendet worden. Was heute von einem großen Bomber – oder sprechen wir nun lieber von großen Verkehrsmaschinen – an Radiogerät mit auf die Fahrt genommen wird, wäre damals für vollendete Utopie gehalten worden. Wie sehr sich die Flugsicherheit aber durch diese Einrichtungen erhöht hat, kann bloß durch die Statistik am Verhältnis der wenigen mißlungenen zu der ungeheuren Zahl der ausgeführten Flüge gemessen werden.

Im Jahre 1922 beobachteten in Amerika *A. Hoyt Taylor* und sein Mitarbeiter *Leo C. Young* bei Kurzwellenversuchen auffallende Störungen des elektromagnetischen Feldes, die von den Dampfern hervorgerufen wurden, die den Potomac befuhren. 1930 konnten dieselben Forscher auch Feldstörungen durch fliegende Flugzeuge nachweisen. Während des Krieges erhielten wir selbst bei Strahlungsversuchen mit Meterwellen periodische Feldschwankungen, die durch die Reihen einer vorübermarschierenden Kompanie hervorgerufen worden waren. Beobachtungen über Wellenreflexionen waren also sehr leicht anzustellen. Nun galt es, ihnen eine zunächst für militärische oder seemännische Zwecke geeignete Form zu geben. Heute ist es natürlich leicht, rückschauend die grundlegenden Forderungen aufzustellen, Postulate, die sich während der eigentlichen Entwicklung der notwendigen Geräte in den kriegführenden Ländern erst nach und nach ergeben haben.

Ein großer, militärisch ganz unschätzbarer Vorteil der Verwendung elektromagnetischer Wellen zur Ortsbestimmung oder gar zur Abtastung der Umgebung bis weit über optische Sichtweite hinaus, ist die nahezu vollständige Unabhängigkeit der verwendeten Strahlung von der bei optischen Methoden so ungemein hinderlichen Unsichtigkeit, bei Wolken, Nebel, Rauch und gar bei Nacht. Die heutigen Methoden überwinden diese Hindernisse nahezu restlos, ein Fortschritt, der den Laien in großes Erstaunen versetzt.

Heinrich Hertz' klassische Versuche, bei denen er sich kurzer elektromagnetischer Wellen bedient hat, sind schon im Jahre 1886 unter bewußter Anwendung der Wellenreflexion an guten Elektrizitätsleitern, wie Metallen angestellt worden. An prak-



Amerikanisches Radargerät zum Aufsuchen feindlicher Flugzeuge: Das Gerät trägt vier Strahlwerferantennen, mit deren Hilfe ein nahendes Flugzeug entdeckt, sein Höhenwinkel und sein Azimut (Winkel der Sichtlinie mit der Nordsüd-Richtung) festgestellt und seine Entfernung vom Beobachtungsort radioelektrisch gemessen werden kann.

tische Verwendung hat Hertz allerdings nie gedacht! Ganz zu Beginn der Radiotelegraphie hat auch schon ein Deutscher eine Erfindung zum Patent angemeldet, die auf der Reflexion kurzer elektromagnetischer Wellen beruhend, der Navigation zur See dienen sollte. Was zunächst gebraucht wurde, waren *Generatoren für kräftige Kurz- und Ultrakurzwellen*. Man wird nun aber zweckmäßig nicht langandauernde Wellenzüge aussenden, sondern so, wie es *Tuwe und Breit* in ihren oben erwähnten Ionosphärenforschungen 1925 zum ersten Male mit Erfolg versucht hatten, zahlreiche, womöglich äußerst kurze, doch regelmäßig aufeinanderfolgende *Impulse (Stöße)* aussenden. Als Beispiel aus der heutigen Praxis nennen wir Impulse von einer Millionstel Sekunde (1μ Sek.) Dauer bei einer Wellenlänge von 1,5 Metern, das heißt einer Frequenz von 200 Millionen Schwingungen pro Sekunde (200 Megahertz). Pro Impuls werden dann 200 Wellen den Sender verlassen. Moderne Hilfsmittel erlauben es, die momentane Impulsleistung nach Hunderten oder gar Tausenden von Kilowatt zu bemessen.

Die sogenannte *Gruppengeschwindigkeit* derartiger elektromagnetischer Impulse liegt im allgemeinen nur ganz wenig unter der Lichtgeschwindigkeit, wir können sie also mit 300 000 Kilometern pro Sekunde ansetzen. Gelingt es nun, die Zeiten genau zu messen, die derartige Impulse etwa zur Zurücklegung des Weges von einer Küstenstation zu einem fahrenden Schiffe oder einem Flugzeuge benötigen, so läßt sich darauf ein für die Navigation wertvoller Entfernungsmesser aufbauen. Zweihundert Kilometer Entfernung werden von einem radioelektrischen Impuls in $\frac{2}{3000}$ Sekunden, also in ungefähr 0,0007 Sekunden durchlaufen. Solche kleine Zeiten kann man unter Zuhilfenahme moderner Kathodenoszillographen mit erstaunlicher Genauigkeit messen.

Damit ist der Navigation ein neuer Weg gewiesen. Hierbei bleibt aber unsere Entwicklung nicht stehen, sie versucht zum Beispiel, dem Schiffe oder Flugzeug nicht nur seinen jeweiligen Standort rasch zu übermitteln, sondern will es mit denselben Hilfsmitteln auch über die Natur seiner Umgebung aufklären. Dies sogar bei unsichtigem Wetter, bei Nacht und Nebel. Vom Flugzeug aus will man in finsterner Nacht durch die Wolkendecke hindurch das Gelände erkunden, womöglich durch ein Analogum zur wandernden Karte, deren sich die Flieger bisher am Tage und bei guter Sicht bedienen. Vom fahrenden Schiffe aus müssen gefährliche Riffe über Wasser oder drohende Eisberge sichtbar gemacht werden, auch soll die Küste bei Nebel oder in der Nacht «gesehen» werden können, vorüberfahrende Schiffe müssen ihre Marke auf dem Schirm verzeichnen, kurz, jedes Navigationshindernis soll rechtzeitig erkannt, mit ihm verbundene Gefahren sollen vermieden werden können. Diesen geradezu unerhörten Forderungen werden die im Kriege entwickelten neuen Hilfsmittel, «*LORAN*» = Long Range Navigation, «*RADAR*»

= Radio Detection and Ranging und schließlich «*RACON*» = Radar-Beacon gerecht.

«*Loran*» ist eine Erfindung, die auf radioelektrischer Grundlage arbeitend, auf große Entfernungen genaue Schiffortsbestimmungen zu machen erlaubt. «*Radar*» sendet hochfrequente Wellenimpulse aus, benutzt die Reflexionen und deren Laufzeiten zur Aufzeichnung von Lichtsignalen auf dem Leuchtschirm eines Oszilloskops und setzt aus vielen geeignet geordneten Lichtpunkten auf dem Schirm ganze Landkarten zusammen. Die Methode erfordert im Gegensatz zum «*Loran-Verfahren*,» das im allgemeinen mit Rundstrahlern arbeitet, sogenannte *Richtstrahler*, die, wie es etwa ein Scheinwerfer mit dem Licht tut, eng gebündelte elektromagnetische Wellen nach ganz bestimmten Richtungen aussenden. Vereinigt man «*Radar*» mit den strahlwerfenden Radio-Leuchttürmen, die nach dem englischen Worte «*Beacon*», *Bake* = Leuchtfeuer, genannt werden, so läßt sich aus den ersten und letzten Silben der technischen Bezeichnungen das Wort «*Racon*» bilden, das ein von bestimmten Stationen aus automatisch arbeitendes Peilsystem für Schiffe und Flugzeuge bezeichnet. Es ist gegenwärtig noch in technischer Entwicklung begriffen und soll hier lediglich der Vollständigkeit wegen erwähnt werden.

Loran = Long Range Navigation .

Seit langem ist ein der Trigonometrie entlehntes System der Ortsbestimmung bekannt, das auf der Kenntnis einer genau ausgemessenen Basislinie und zweier ihr anliegenden Winkel beruhend, ein beliebiges Dreieck eindeutig zu bestimmen erlaubt. Wie unsere kleine Figur (Bild 2) zeigt, kann mit diesen elementaren Hilfsmitteln ein Punkt P angepeilt und seine Lage genau berechnet werden. Denken wir uns nun zwei in genau bekannter Entfernung an der Küste aufgestellte Rundstrahler-Antennen A und

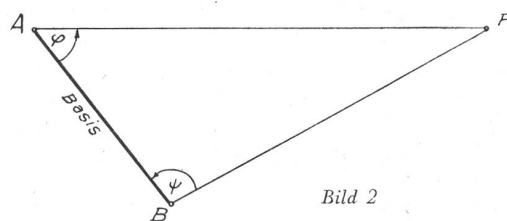


Bild 2

B (mit den dazugehörigen Sendern) und in P die Empfangsantenne eines Schiffes, das von A und B in regelmäßigen zeitlichen Abständen aufeinanderfolgende aber gleichzeitig ausgelöste Wellenimpulse zugesandt bekommt, so treffen je nach der Größe der Entfernungen des Schiffes P von den Sendern A und B die synchron abgehenden Zeichen zu verschiedenen Zeiten ein. Gelingt es nun mit Hilfe von Kathoden-

strahl-Oszilloskopen auf dem Schiffe diese kurze Zeitdifferenz exakt zu messen, so läßt sich der Schiffsort, wie folgt, in einfacher Weise ermitteln: Bekanntlich liegen die Punkte gleicher Zeitunterschiede des Eintreffens der Signale auf konfokalen Hyperbeln, die sich um die beiden in den Brennpunkten (Foki) liegenden Sendeantennen scharen. In unsrer Figur (Bild 3) sind für jedes Stationspaar 8 bzw. 9 solcher Hyperbeln gezeichnet. Kann man nun durch den Anschluß einer dritten gleichen Sendeanlage C eine zweite Hyperbelschar über die Erdoberfläche legen, die mit der ersten ein Kurvennetz bildet, so wird jeder Schiffsort durch den Schnitt zweier Hyperbeln gekennzeichnet, Hyperbeln, die dem Navigationsoffizier aber durch zwei oszillographisch gemessene Zeitdifferenzen genau bekannt sind. Dies ist – in allzu kurzen Worten zwar – das geometrische Grundprinzip des Loran-Systems. Seine Erfindung stammt in der Hauptsache von Dr. Alfred L. Loomis in New York. In England war das Verfahren ungefähr gleichzeitig als sogenanntes «Gee»-System erdacht und praktisch erprobt worden. Das kritische Jahr 1940, wohl das gefährlichste des letzten Krieges, brachte das wertvolle Navigationssystem auf große Entfernung zur Anwendung.

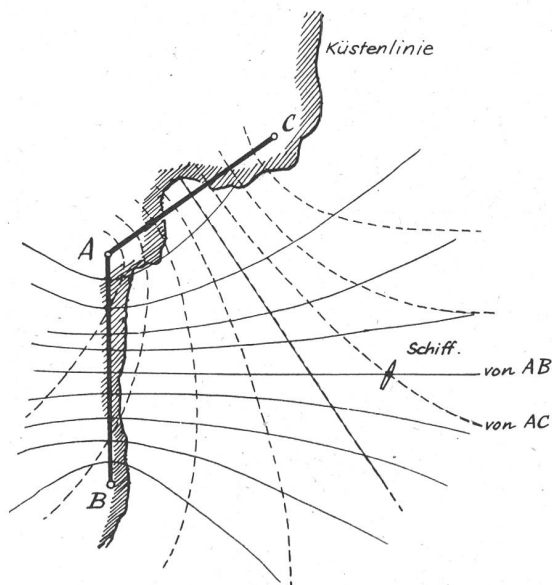


Bild 3

Der amtlichen Literatur entnehmen wir einige maßgebende Daten: So wird die maximale Reichweite der «Loran»-Stationen bei Tage durchschnittlich zu rund 1400 Kilometern, bei Nacht aber zu 2600 Kilometern (die verwendete Wellenlänge zu $\lambda = 154$ Metern – Frequenz $N = 195$ Kilohertz –, die Impulsdauer zu 80 Mikrosekunden) angegeben, so daß pro Impuls ungefähr 16 Wellen ausgestrahlt werden. Dieses durch viele der ganzen englischen Küste entlang aufgestellte Sendeanlagen verwirk-

lichte Navigationssystem vermochte der englischen Seefahrt sowie der Royal Air Force bei ihren Bombardierungsflügen wichtigste Dienste zu leisten. Im Frieden dient es der Flugsicherung bei kontinentalen und transozeanischen Luftreisen.

Fortsetzung in der nächsten Nummer

BÜCHER

Pflanzliche Infektionslehre

Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenpathologie für Biologen, Landwirte, Förster und Pflanzenzüchter von Ernst Gäumann, Professor für spezielle Botanik an der E.T.H. 612 Seiten mit 311 Abbildungen und 90 Tabellen im Text. In Ganzleinen Fr. 48.50. Verlag Birkhäuser, Basel.

Die Erkenntnis, daß Infektionskrankheiten der Pflanzen gewissen Gesetzmäßigkeiten unterliegen, erwarb sich die Wissenschaft erst in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, und eine selbständige pflanzliche Infektionslehre wuchs vorerst aus dem Gedankengut der Humanmedizin heraus, folgte aber bald eigenen Wegen. Während sich die Humanmedizin mit den Krankheiten bloß einer biologischen Art – eben dem Menschen – befassen muß, hat sich die «pflanzliche Medizin», die Pflanzenpathologie, den Erkrankungen einer reichen Fülle von Kulturgewächsen und Tausenden wildwachsender Arten zuzuwenden. Während das Leben jedes einzelnen Menschen wertvoll ist, beanspruchen nur wenige Pflanzen einen größeren Persönlichkeitswert, so daß der Pflanzenpathologe nicht am Einzelindividuum, sondern nur an einem größeren Bestand (Kartoffelacker, Buchenwald) interessiert ist.

In seinem neuen Buch führt Gäumann den Leser mit meisterlicher Beherrschung des Stoffes durch die ungeheure Fülle der Erscheinungen. Er beschränkt sich dabei auf die Probleme, die dem Kranksein zugrundeliegen (Infektionslehre), ohne auf die einzelnen Krankheiten einzugehen.

Die Krankheitsforschung erstrebt zunächst bei Mensch, Tier und Pflanze dasselbe Ziel: Erkennen des erfolgten Angriffs, Entdecken des Erregers, Erforschen des Weges der Infektion. Ein Angriff hat nur Erfolg, wenn der Angreifer (der Parasit) dank besonderer Beziehungen zwischen Wirtspflanze und Erreger über einen gewissen Anfangserfolg hinauskommt. Eignung zum Parasitismus setzt die Fähigkeit voraus, sich den Wirt zur eigenen Ernährung dienstbar zu machen und sich auf ihm fortzupflanzen zu können. Die Wucht, mit der die Widerstände des Wirtsorganismus gebrochen werden, ist besonderes Merkmal des Parasitismus.

Während der menschliche und der tierische Körper weiße Blutkörperchen – die Phagozyten – gegen den Eindringling ins Feld schicken können, muß sich der Pflanzenorganismus in anderer Weise behelfen: er läßt erkranktes Gewebe unter Bildung von Giftstoffen absterben, erwirbt sich damit aber für den Gesamtorganismus keine Immunität. Eine wirkungsvollere Abwehr besitzt er in übersteigerten Reaktionen auf den erfolgten Angriff, in deren Verlauf der Erreger eingekapselt und dadurch unschädlich gemacht, oder gar mit den erkrankten Geweben ausgestoßen wird. Die Krankheitsbekämpfung besteht nicht in einer Behandlung der erkrankten Teile (Therapie), sondern in vorbeugenden Maßnahmen (Hygiene). Dr. R. Boder