

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 44 (1946)

Heft: 11

Artikel: Genäherte Ortsbestimmung mittels feinsten Zeitmessungen

Autor: Bachmann, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-203925>

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: 18.03.2025

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

keiten sind folgende: Mittlerer zufälliger 1-km-Fehler für alle Linien im Durchschnitt $\pm 0,5$ mm, mittlerer systematischer 1-km-Fehler, ebenfalls im Durchschnitt $\pm 0,25$ mm. (Siehe Abbildung 17; Übersichtsplan aller bündnerischen Nivellementslinien.)

Neben diesen primären Linien wurden die Querdiagonalen Thusis-Tiefenkastel und Chur-Tiefenkastel-Oberhalbstein-Julier-Silvaplana nach den gleichen Grundsätzen versichert und beobachtet. Als eidg. Linie mit sekundärer Genauigkeit kommt die von dem Amt für Wasserwirtschaft errichtete und von Dr. Lütshg nivellierte Linie Samaden-Pontresina-Poschiavo-Tirano hinzu, die einen weitem Anschluß an das italienische Nivellementsnetz ergab. Nicht neu nivelliert wurden die Linien Tiefenkastel-Davos und Tiefenkastel-Albula-Ponte. 1938 wurde ein präz. Nivellement von Küblis nach St. Antönien (Partnun) erstellt (A. Hunziker). (Schluß folgt.)

Genäherte Ortsbestimmung mittels feinsten Zeitmessungen

E. Bachmann, dipl. Ing.

Das Winkelmeßinstrument und der Chronometer waren seit Jahrhunderten die alleinigen, unentbehrlichen Utensilien jeder geographischen Ortsbestimmung. Der Astronom, der Geodät, der Seemann und der Forschungsreisende messen zum Bestimmen der geographischen Breite Zenitwinkel nach bekannten Himmelskörpern und lesen zur Ermittlung der geographischen Länge den Meridiandurchgang irgend eines Sternes im Zeitmaß auf einem Chronometer ab. Die ersten beiden Fachgruppen plagen sich dabei mit $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ Winkel- und Zeitsekunden ab, und werden es auch weiterhin so tun, die beiden letzteren geben sich in der Regel mit Winkelminuten und Zeitsekunden zufrieden.

Bei schlechtem, unsichtigem Wetter (Wolken, Nebel) ist die Ortsbestimmung mit Hilfe der Sterne oder der Sonne ausgeschlossen. Der Astronom benützt dieses Wetter um gründlich auszuruhen, der Geodät klopft einen Jaß und nur Seemann und Forschungsreisende müssen auch ohne geographische Ortsbestimmung auszukommen versuchen. Ihr alleiniges Hilfsmittel ist dabei der Kompaß. Die Kompaßmethode, welche auf dem Meere dem Prinzip des freien Bussolenzuges folgt, wobei die Azimute des Schiffkurses am Steuerrad, die Längen am Geschwindigkeitsmesser abgelesen werden, ist aus naheliegenden Gründen nur ein Notbehelf. Man suchte darum schon seit langer Zeit nach Ortsbestimmungsverfahren, die unabhängig von der Witterung und den Sichtverhältnissen sind.

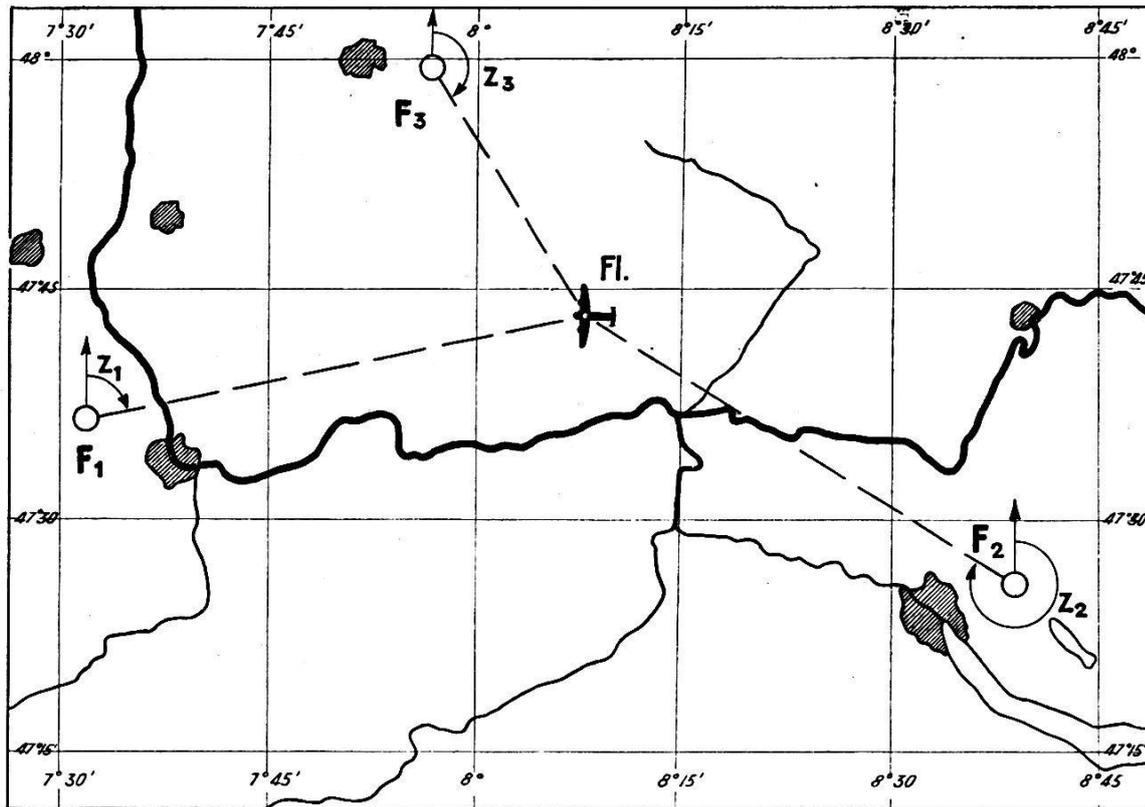


Abb. 1

Das Flugzeug benützte anfänglich zur Orientierung und Ortsbestimmung, weil das Messen mit Sextant und Chronometer ausgeschlossen schien, die Karte und den Kompaß. Diese Orientierungsmethode setzt sichtiges Wetter voraus. Die Zeit dieser sogenannten Schönwetterflüge dauerte bis in die dreißiger Jahre.

Mit der Verlängerung der Flugstrecken, der Einführung der Nachtflüge mußte nach neuen Methoden der Luftnavigation gesucht werden. Die erste, noch heute weitverbreitete Navigationsmethode beruht auf der Radiopeilung. Die Radiopeilung ist eine besondere Art des Vorwärtseinschneidens. Je 2 oder 3 miteinander zusammenarbeitende Funkstationen F_1 , F_2 , F_3 (Abbildung 1), die 50–150 km auseinanderliegen können, fangen die vom Sender des Flugzeuges Fl ausgesandten Radiosignale auf und bestimmen mit einer, um ihre senkrechte Achse drehbaren, kreisförmigen Rahmenantenne die Richtung nach dem Flugzeug. Das geschieht so, daß die mit einem Kopfhörer ausgerüsteten Funker der Bodenstationen die Radiozeichen des Flugzeuges abhören und dabei die Rahmenantenne solange drehen, bis die Lautstärke der Radiosignale zu einem Maximum wird. In dieser Stellung empfängt die Rahmenantenne ein Maximum von Radiowellen, das heißt sie steht senkrecht zur Verbindungslinie Antenne-Flugzeug. Die Antenne, auch Peilgerät genannt, ist so mit einer Winkelteilung verbunden, daß das Azimut Bodenstation-Flugzeug Z_1 , Z_2 , Z_3 (je nach der Station) direkt abgelesen werden kann. Die Ables- und Einstellgenauigkeit ist ca. $\pm 1^\circ$ alte Teilung. Eine der drei Peilstationen, meist die vom Flugzeug zuerst angerufene, sammelt

die Meßergebnisse und ermittelt auf einer Landkarte durch graphisches Vorwärtseinschneiden den Schnittpunkt Fl der Strahlen von F_1, F_2, F_3 . Die hierfür verwendete Karte, meist 1 : 400 000, ist so vorbereitet, daß der Vorwärtseinschnitt in kürzester Zeit fertig ist. Um jede Peilstation ist die nach Norden orientierte Winkelteilung eingezeichnet, auf welcher mittels dünner elastischer Schnüre das gegebene Azimut eingestellt wird. Der Standort wird dem Flugzeug radiotelegraphisch mitgeteilt. Die ganze Ortsbestimmung zwischen Anruf und Standortmeldung dauert ca. 3–4 Minuten. Dieses Verfahren der Ortsbestimmung von Flugzeugen hat wesentlich zur Erhöhung der Flugverkehrssicherheit beigetragen. Es ist leider nur beschränkt anwendbar, da die größte Peilweite ca. 100–150 km beträgt und zur präzisen Luftnavigation eine sehr große Zahl von Bodenpeilstationen unentbehrlich sind. Im weiteren ist der Pilot vollständig auf die Angaben der Peilstation angewiesen.

Die Radiopeilung ist trotz ihrer vom Wetter unabhängigen Möglichkeit der Ortsbestimmung auf die Luftfahrt beschränkt geblieben. Der Seemann und der Forschungsreisende konnten sich ihrer, wegen dem eng begrenzten Anwendungsbereich, nicht bedienen.

Während dem zweiten Weltkrieg haben die Engländer und Amerikaner ein neues Radionavigationsverfahren entwickelt, das ganz neue Wege geht und voraussichtlich bald die bestehenden Peilmethoden ablösen dürfte. Es trägt die Bezeichnung *GEE*, eine Abkürzung für Gitter oder Netz, weist auf die bei diesem Verfahren verwendeten geographischen Karten hin und wurde erstmals im Sommer 1940 bei Versuchsflügen über England praktisch ausprobiert.

Die Ortsbestimmung beruht beim *GEE* ausschließlich auf dem Bestimmen von kleinsten Zeitdifferenzen. Nehmen wir an, es seien die in der Abbildung 2 eingetragenen Sender S_1 und S_2 gegeben, welche synchronisierte (gleichzeitige) Impulse ausstrahlen. Der Empfänger eines Flugzeuges Fl_1 der sich auf der Mittelsenkrechten zwischen S_1 und S_2 bewegt, wird die im gleichen Zeitmoment ausgestrahlten Impulse der Sender S_1 und S_2 gleichzeitig empfangen. Jeder andere Punkt außerhalb der Mittelsenkrechten erhält die Impulse in einem Zeitabstand, da die Entfernungen von Fl_2 nach S_1 und S_2 ungleich groß sind. Der Impuls der näher gelegenen Station trifft vor der anderen Station in Fl_2 ein. Diese Zeitdifferenz ist sehr klein, bewegen sich doch die Radioimpulse mit 300 000 km pro Sekunde. Trotz der Kleinheit dieser Zeitintervalle können sie mit geeigneten Präzisionsinstrumenten gemessen werden.

Die Punkte gleicher Zeitdifferenz lassen sich, sofern die Standorte der Sender bekannt sind, berechnen und als Kurvenscharen darstellen. Es entstehen dadurch, beispielsweise für das Senderpaar S_1 und S_2 die in der Abbildung 3 ausgezogenen Kurvenbilder. Die Kurven gleicher Zeitdifferenz sind Hyperbeln und werden Isochronen genannt. Die eindeutige Punktbestimmung erheischt nicht nur zwei, sondern drei Sender, von denen meist der Sender S_1 zum Hauptsender gemacht wird. Die Sender S_2 und S_3 sind Nebensender. Sie erhalten ihre Impulse vom Hauptsender und senden darum um ein konstantes Zeitintervall verschobene

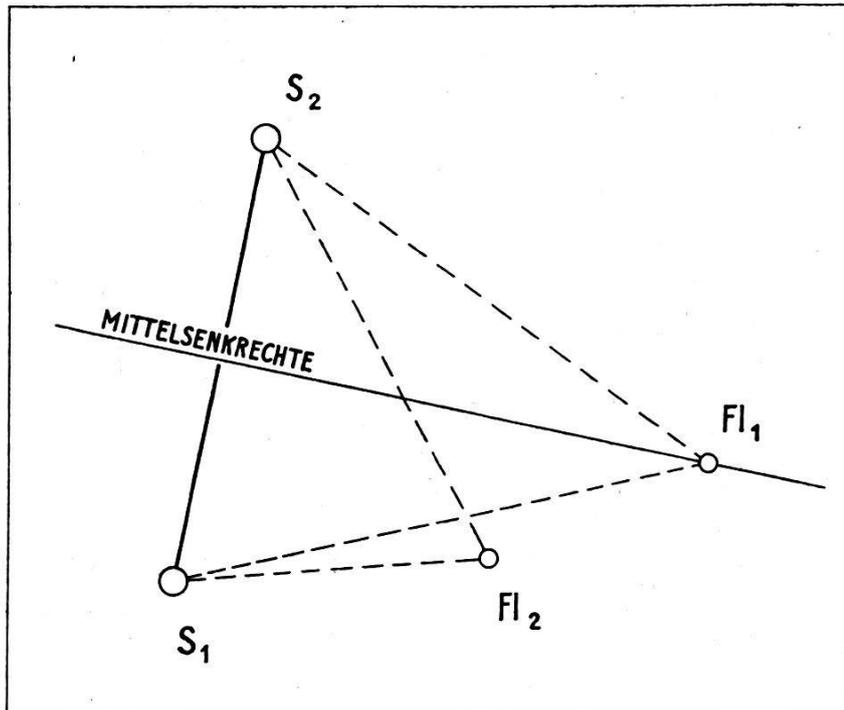


Abb. 2

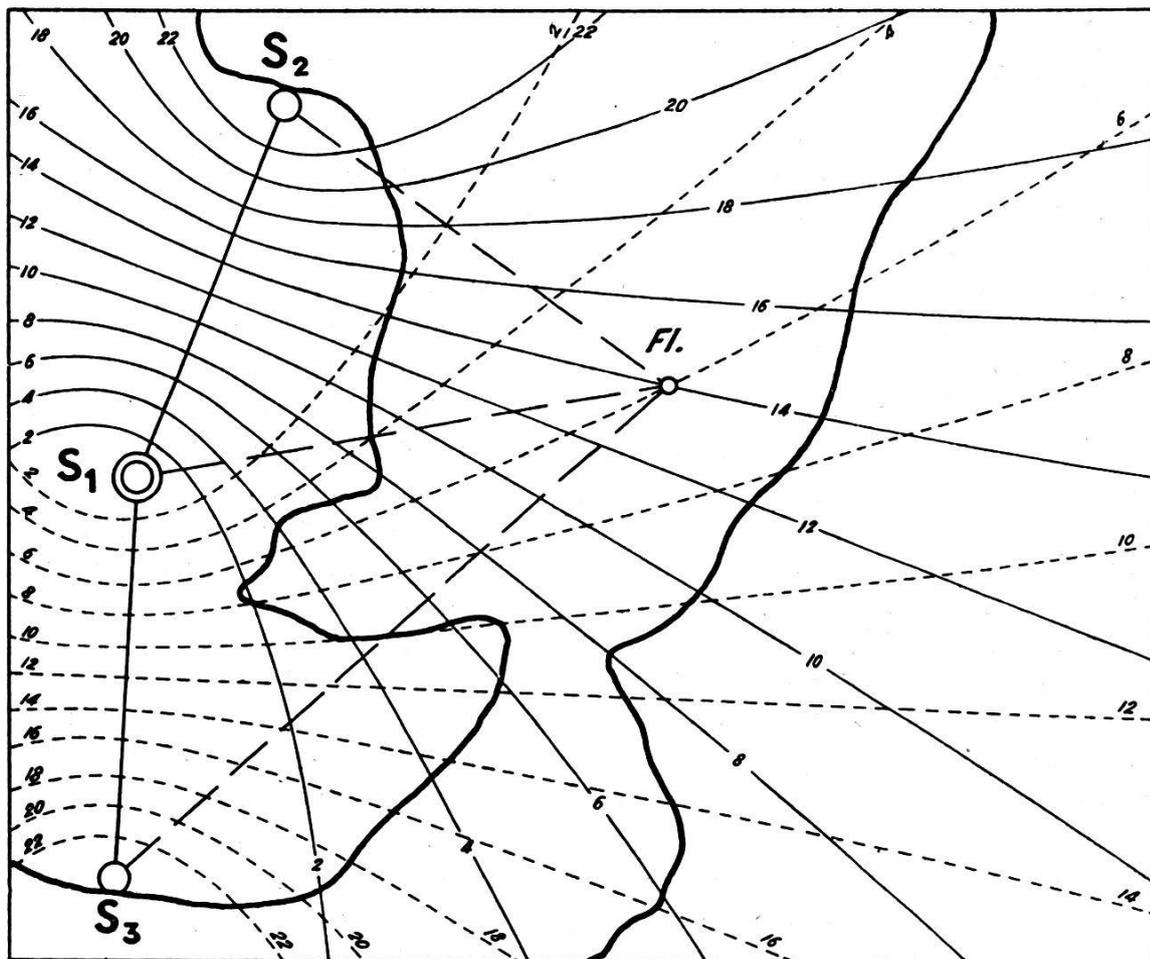


Abb. 3

Impulse aus. Die Zeitverschiebung entspricht dem Mehrweg der elektrischen Wellen vom Hauptsender S_1 nach den Nebensendern S_2 und S_3 und addiert sich, als konstante Zeitgröße, zu den direkten Strahlungen von S_2 und S_3 .

Bei drei Sendern, wie dies unsere Zeichnung 3 veranschaulicht, entstehen zwei sich schneidende Kurvenscharen, wobei jede einzelne Kurve eine Kennziffer besitzt. Zweckmäßigerweise stellt man in den Landkarten um das Ablesen zu erleichtern, die Kurvenscharen durch zwei verschiedene Farben dar. In der Abbildung 3 wurden die aus S_1 und S_2 bestimmten Zeitunterschiede ausgezogen, diejenigen aus den Sendern S_2 und S_1 gestrichelt markiert.

Die Genauigkeit der Ortsbestimmung hängt bei dieser Methode einmal von der Entfernung der Haupt- und Nebensender ab, im Besonderen aber von der Schärfe der Zeitmessung. Als Zeitmeßgerät dient eine Kathodenstrahlröhre, welche mit dem Empfänger des Flugzeuges in Verbindung steht. Die Zeitunterschiede werden auf einer Meßskala des Flugzeuges direkt abgelesen, siehe Abbildung 4 und zwar mit einer Genauigkeit von einer dreißig Millionstel Zeitsekunde. Die obere Teilung der Abbildung 4 entspricht der aufgefangenen Zeitdifferenz aus der Sendergruppe S_1-S_2 , die untere der Zeitdifferenz der Sendergruppe S_1-S_3 . In unserem Beispiel ist die obere Zeitdifferenz vierzehn Millionstel Sekunden die untere sechs Millionstel Sekunden. Der Schnittpunkt der Kurven 14 (ausgezogen) und 6 (gestrichelt) entspricht in der Abbildung 3 dem geographischen Ort des Flugzeuges.

Je mehr sich die Entfernung zwischen Flugzeug und Sender ver-

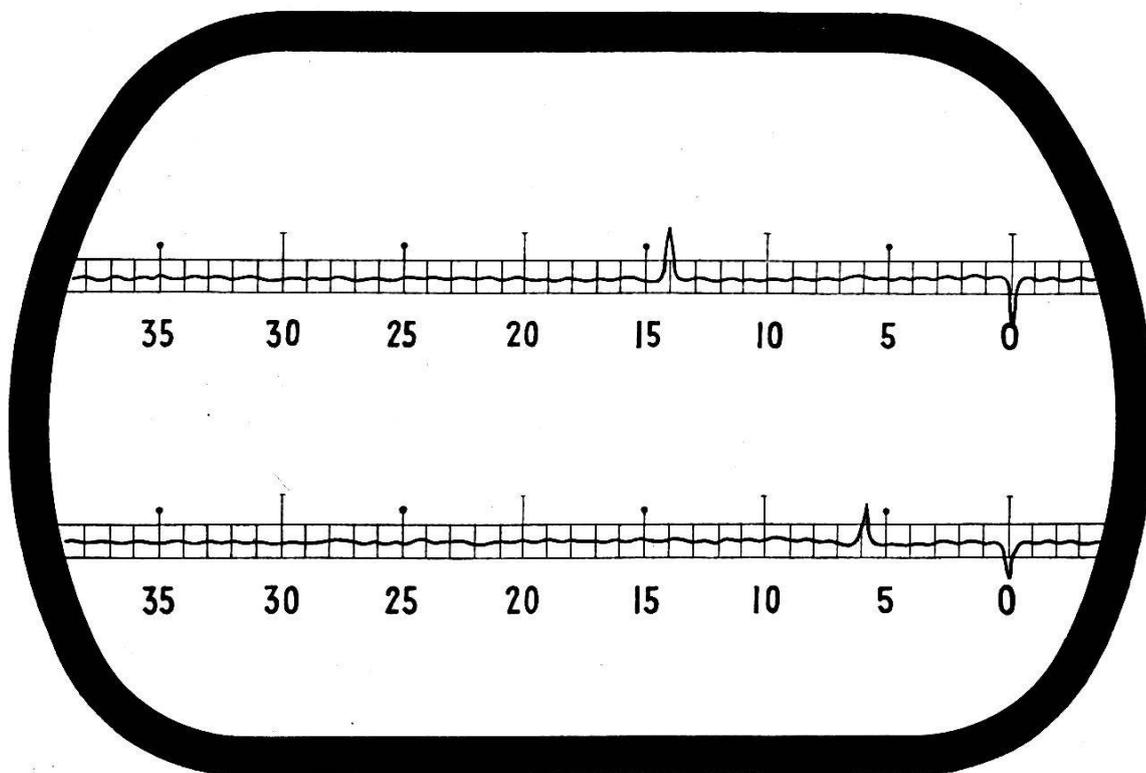


Abb. 4

größert, umso stumpfer schneiden sich die Isochronenscharen und umso größer werden infolgedessen die Fehler in der Ortsbestimmung. Dieser Fehlerwirkung kann man durch Erweitern der Senderabstände, besser aber noch durch Einschalten einer weiteren Sendergruppe begegnen.

Wir wollen nun auf die praktische Anwendung dieser Orientierungsmethode eintreten und zeigen, welche große Umwälzungen in der Luft- und Seenavigation dadurch eingetreten sind. Bis Ende 1940 war die Royal Air Force bei gutem Wetter in der Lage über große Gebiete Deutschlands und der besetzten Länder (Frankreich, Holland, Italien, Norwegen) zu operieren. Bei schlechtem Wetter war das genaue Anfliegen der Ziele jedoch unmöglich. Die damalige Navigation mittels Radiopeilung genügte nicht. Die Peilungen waren umständlich, gestatteten das gleichzeitige Einmessen mehrerer Flugzeuge nicht und dazu konnte der Feind mithören und sich über die laufenden Operationen orientieren.

Die ersten Versuche mit dem neuen *GEE* wurden auf Veranlassung der britischen „Air Ministry Reach Station“ unternommen. Sie fanden im Herbst 1940 an der südenglischen Küste statt und übertrafen alle Erwartungen. Trotz der nur kleinen gegenseitigen Entfernung der Impulssender von 24 km konnten die Versuchsmaschinen in einem Umkreis von 170 km bei Wolkendecke und dichtestem Nebel einwandfrei navigieren. Der mittlere Orientierungsfehler war bei 120 km Entfernung vom Sender, festgestellt durch Zeichenabwurf, ± 1 km. Auf Grund der ausgezeichneten Versuchsergebnisse wurden im Sommer 1941 drei größere Sender gebaut und ein für die Flugzeuge geeigneter Empfänger entwickelt. Am Ende des Jahres waren die Sendestationen ausprobiert, die Flugmannschaften im Gebrauch der *GEE* trainiert und eine größere Anzahl Flugzeuge für den Einsatz über Deutschland bereitgestellt. Als Kartenunterlage diente der Maßstab 1 : 400 000 mit Detailkarten 1 : 100 000 und als Projektionsgrundlage beliebte die Merkatorprojektion.

Der erste Großangriff mit 350 Maschinen fand am 8. März 1942 statt. Der Erfolg war vom Standpunkt der Navigation aus gesehen durchschlagend. Die Flugzeuge fanden, trotz dichtem Nebel und starkem Seitenwind, nicht nur ihre Ziele sehr genau, sondern sie konnten auch genaue Angaben über die Windgeschwindigkeiten erhalten, was ihnen erlaubte, Orte anzufliegen, die außerhalb des von der *GEE* erfaßten Gebietes lagen. Der Erfolg der neuen Orientierungsmethode veranlaßte die Flotte ihre Schiffseinheiten ebenfalls mit *GEE* auszurüsten. Auch hier zeigte sich bald der unschätzbare Wert des neuen Orientierungsmittels. Die Schiffe konnten nun plötzlich bei jeder Witterung und Tageszeit durch die engen Passagen der Minenfelder navigieren und überhaupt Operationen ausführen, die früher nur bei klarer Sicht möglich schienen.

Die *GEE* wurde glücklicherweise in die Friedenszeit hinübergerettet. Sie wird heute in die meisten neuen Flugzeuge eingebaut. Sobald einmal genügend Impulssenderpaare über die ganze Erde verteilt sind, wird nicht nur die Luftnavigation und die Seeschifffahrt dauernden Nutzen daraus ziehen können, sondern auch der Forschungsreisende wird zur Ortsbestimmung sich ihrer sicherlich gerne bedienen.