

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 54 (1963)  
**Heft:** 3  
  
**Artikel:** Übersicht über die Entwicklung in der Flugsicherung  
**Autor:** Wildi, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916450>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

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

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)  
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## Bericht über die 26. Hochfrequenztagung des SEV

vom 13. September 1962 in Zürich

Die 26. Hochfrequenztagung des SEV war der Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt gewidmet. An der Tagung nahmen rund 300 Personen teil, die sich in den Übungssälen des Kongresshauses von Zürich versammelten. Es wurden folgende Vorträge gehalten:

1. Übersicht über die Entwicklung in der Flugsicherung.  
Referent: *M. Wildi*, Bern.
2. Automatisierungstendenzen in der Flugsicherung.  
Referent: *W. Schoeberlein*, Bern.
3. Doppler-Radar als modernes Langstrecken-Navigationsmittel.  
Referent: *E. Willi*, Kloten.

Aus diesem Anlass wurde ein Radarüberwachungsbild aus Kloten mit dem Eidophor-Grossprojektor den Teilnehmern übermittelt, das *B. Jermann*, Chef der Bezirksverkehrsleitung Zürich, kommentierte.

Direktor *H. Puppikofer*, Präsident des SEV, begrüßte die Anwesenden und besonders die eingeladenen Gäste. Er wies ferner darauf hin, dass dies die 26. Hochfrequenztagung des SEV war, die erste, welche nicht unter dem Tagungspräsidenten von Prof. Dr. *F. Tank* stand. Die Hochfrequenztagungen wurden von

ihm gegründet; mit grossem Geschick organisierte er sie während 25 Jahren und erreichte es, dass an den Tagungen stets äusserst interessante Probleme behandelt werden konnten. Direktor Puppikofer dankte Prof. *Tank* noch einmal für seine aufopfernden Bemühungen.

Der Programmausschuss des SEV hatte Prof. Dr. *W. Druey* gebeten, das Präsidium der Tagung zu übernehmen.

Prof. *Druey* wies in seiner Rede als Tagungspräsident darauf hin, dass die Hochfrequenztechnik ein besonderes Kapitel der Luftfahrt bildet. Sie ist ein weites Gebiet, das in Zukunft noch viele neue Entwicklungen bieten wird. Nachher übergab er das Wort den ersten Referenten.

Am Nachmittag wurde den Teilnehmern Gelegenheit geboten, teilzunehmen entweder an der Besichtigung der neuen Fabrikanlage der Standard Telefon und Radio AG in Au/Wädenswil oder an der Besichtigung der Radar-Anlagen und anderer Hochfrequenzausrüstungen auf dem Militärflugplatz Dübendorf.

Die gut gelungene Tagung fand allgemeine Anerkennung der Teilnehmer.

## Übersicht über die Entwicklung in der Flugsicherung

Vortrag, gehalten an der 26. Hochfrequenztagung des SEV vom 13. September 1962 in Zürich,  
von *M. Wildi*, Bern

621.396.933 : 656.7.05

### 1. Die Anfänge

Die Flugsicherung ist ein Kind der Luftfahrt. Wenn man also die Übersicht über ihre Entwicklung ganz vorne beginnen wollte, dann müsste der erste menschliche Motorflug der Gebrüder *Wright* im Jahre 1903 der Ausgangspunkt sein. Doch damals und bis zum Ausbruch des ersten Weltkrieges blieb die Luftfahrt eine sozusagen private Angelegenheit, ein Hobby einiger Phantasten. Erst der Krieg 1914/18 förderte die Flugtechnik in einem Masse, dass man ab Anfang der zwanziger Jahre an einen Passagierverkehr durch die Luft denken konnte. Diese Verkehrsfliegerei fand noch «auf Verlangen» statt. Gleichzeitig erlebte das private Fliegen, heute Sport- und Reise-Aviatik genannt, einen tüchtigen Aufschwung. Der schweizerische Bundesrat beeilte sich daher, organisatorische Massnahmen zu treffen, um dem neuen Verkehrsmittel den Weg zu bereiten. Er schuf 1920 das eidgenössische Luftamt und

übertrug ihm die Aufsicht über die zivile Luftfahrt. In dieser Funktion war es befugt, «Landungsplätze zu bestimmen und Luftwege vorzuschreiben». Von einer Flugsicherung war damals noch nicht die Rede. Dies kann nicht verwundern, war doch die Verkehrsdichte bescheiden und eine Kollisionsgefahr praktisch ausgeschlossen. Einzig bestand das Bedürfnis zwischen den Flugplätzen Wetter-Informationen, sowie Start- und Landemeldungen auszutauschen. Hier liegt die Wiege der Flugsicherung. Es ist derjenige Zweig, der heute mit «festem Fernmelde-Dienst» bezeichnet wird.

Die Übermittlung erfolgte mittels Radio, weil sich die Landwege per Draht als zu langsam und zu teuer erwiesen. Ein Glück war es, dass gerade zu dieser Zeit die Elektronen-Röhre erfunden worden war. Sie allein vermochte im Lang- und Mittelwellen-Band — also zwischen 100 und 1000 kHz — ansehnliche Leistungen zu erzeugen und so die nötigen Distanzen zwischen den

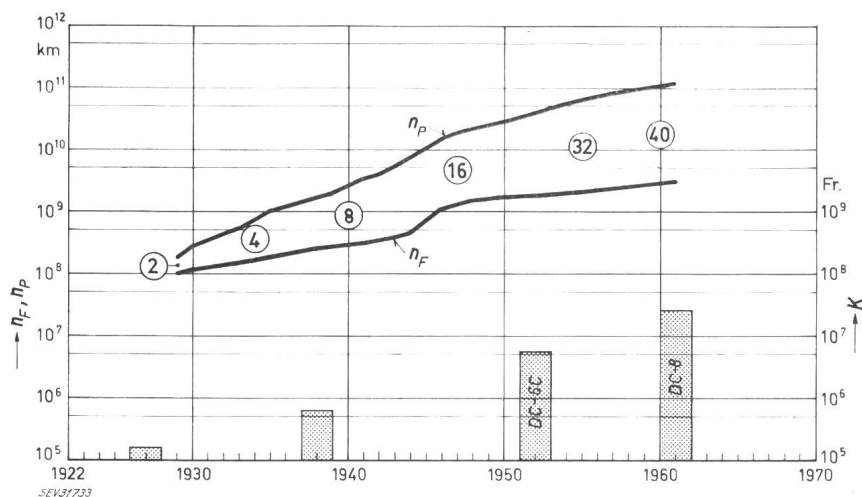


Fig. 1  
Die Entwicklung des Welt-Luftverkehrs  
(ohne China und die USSR)  
 $n_P$ , geflogene Passagier-Kilometer;  $n_F$ , geflogene  
Flugzeug-Kilometer; Zahlen im Kreis: effektive,  
mittlere Passagierzahl pro Flugzeug;  
K, Anschaffungskosten pro Verkehrs-  
flugzeug

Als weitere Marksteine der Entwicklung in den ersten Dreissiger-Jahren sind zu nennen:

- die Gründung der *Swissair* und
- die Beauftragung der *Radio-Schweiz AG* mit der Durchführung des schweizerischen Flugsicherungsdienstes;

europäischen Flugzentren zu überbrücken. Einige Jahre später erst wurde der Funkdienst für Meldungen zwischen Flugzeugen und den Boden herangezogen.

Ende der Zwanziger-Jahre herrschte bereits ein ansehnlicher Flugbetrieb. So bildete z. B. das initiativ Dübendorf schon eine Art Drehscheibe des mitteleuropäischen Luftverkehrs. Zehn Fluglinien flogen diesen Flugplatz an. Zur Abwicklung des entsprechenden Fernmeldedienstes wurden damals in der Schweiz 24 Radio-Sender betrieben.

In den Dreissiger-Jahren durchlebten die Fliegerei und mit ihr die Flugsicherung eine Art *Teenager-Periode*. Das Flugzeug *Lockheed Orion*, in der Schweiz noch in bester Erinnerung, wirkte bahnbrechend hinsichtlich seiner Reisegeschwindigkeit von damals unerhörten 270 km/h. Der «Do X» stellte, wenn auch wenig erfolgreich im Betrieb, den ersten Versuch zum Grossflugzeugbau dar. Ihm folgten bald darauf die noch heute im Einsatz stehenden DC-2 und DC-3. Die ersten kommerziellen Ozean-Überquerungen im Jahre 1937 bereiteten den Weg zur *Interkontinentalen* Luftfahrt.

Im Verein mit diesen Fortschritten trachteten die Flugesellschaften danach, ihre Konkurrenzfähigkeit durch höchstmögliche Regelmässigkeit zu steigern. Der Ruf nach verbesserten Landeverfahren bei schlechter Sicht wurde laut. Mitte der Dreissiger-Jahre installierte Dübendorf den ersten sog. Blindlande-Peiler in der Schweiz. Er arbeitete nach dem akustischen ZZ-Verfahren. Schon wenige Jahre später wurde diese Anlage von der sog. SBA-Bake verdrängt. Diese zeichnete sich besonders dadurch aus, dass der Pilot seinen Anflugkurs nach einem Links/Rechts-Anzeigeelement steuern konnte. Ausserdem verwendete diese Bake eine Frequenz im neuerschlossenen Kurzwellen-Gebiet. Die Blindlande-Peiler ermöglichten erstmals ein Durchstossverfahren durch die Wolken. Auf militärischer Seite, die ja den gleichen Flugplatz benützte, kamen alsobald Bedenken auf, es könnten sich Kollisionen im Raume Dübendorf mit Militärflugzeugen ereignen. Dies führte zu einer ersten Koordination zwischen Zivil und Militär.

In die gleiche Epoche fällt auch der Anfang der Verkehrsleitung in der Flugsicherung. Das Luftamt erklärte den schweizerischen Luftraum zum Flugsicherungs-Bezirk mit Zentrum in Dübendorf. Die dortige Funkstation besorgte einen Fluginformationsdienst. Gleichzeitig wurden über Genf, Basel und Dübendorf *Nahverkehrs-Zonen* geschaffen.

ein Auftrag der seither im Prinzip unverändert in Kraft geblieben ist.

Der zweite Weltkrieg bedeutete das vorläufige Ende der Zivilliegerei in der Schweiz. Es sei daher gestattet hier eine kurze Rekapitulation des Standes der Flugsicherung im Jahre 1939 anzubringen:

a) Ihr wesentlichster Zweig war nach wie vor der Fernmeldedienst. Allein von und nach Dübendorf liefen in diesem Jahr 700 000 Telegramme per Kabel aus und ein. Parallel dazu weist die Statistik für den Radiodienst rund eine Million Funksprüche und Telegramme aus.

b) Der Verkehrsleitdienst, damals noch von untergeordneter Bedeutung, hatte mehrheitlich informativen Charakter.

c) Technisch ist festzustellen, dass die Hilfsmittel des Flugsicherungsdienstes hauptsächlich aus Radiogeräten bestanden, welche im Mittel- und Langwellen-Band arbeiteten. Der Übergang auf Kurzwellen hatte eben erst eingesetzt. Neben Pistenbeleuchtungen sind als weitere Hilfsmittel die Blindlande-Peiler, ebenfalls im Kurzwellengebiet zu erwähnen.

d) Für die Navigation standen dem Vorkriegspiloten Bordgeräte für die Eigenpeilung auf die Mittelwellen-Sender des Fernmeldedienstes zur Verfügung. Vorzugsweise pirschte er sich aber mittels fabelhafter Geographie-Kenntnisse seiner Flugroute entlang.

## 2. Die Gründung der ICAO

Nach Beendigung des zweiten Weltkrieges musste Europa — im Gegensatz zu den USA — seinen Luftverkehr neu aufbauen. Es konnte dabei einerseits von den in Amerika erworbenen Erfahrungen im Zivilluftverkehr und andererseits von den technischen Errungenschaften der Kriegsindustrie profitieren. Eine ungeahnte Blüte in Handel und Industrie erzeugte eine ebensolche Nachfrage im gesamten zivilen Luftverkehr; insbesondere erlebten die interkontinentalen Verbindungen einen ungeheuren Aufschwung. Dies verlangte gebieterisch nach internationaler Regelung der Luftfahrtsfragen (Fig. 1). In Erweiterung des schon 1919 in Paris für europäische Zusammenarbeit geschaffenen CINA-Abkommens<sup>1)</sup> erfolgte auf weltweiter Basis die Gründung der sog. ICAO, der internationalen Organisation für die Zivilluftfahrt im Jahre 1947. Schon im ersten Jahr ihres Bestehens traten ihr 45

<sup>1)</sup> CINA Commission Internationale pour la Navigation Aérienne.

Aufsicht: Eidg. Luftamt, Bern

Durchführung: Radio-Schweiz AG, Bern, mit Flugsicherungsbetrieben in Genf und Zürich

Übermittlungs- dienst	Verkehrs- kontrolle	Navigations- hilfen	Flugwetter- dienst	Flug- hindernisse
<p>A) Mobiler Dienst</p> <p>Funkverkehr Boden-Luft-Boden auf VHF-Frequenzen</p> <p>B) Fixer Dienst (Übermittlungs- Zentrale UZF)</p> <p>— Kabelverbindungen zw. Flugsicherungs- Zentren im In- und Ausland (Tel. und Fernschreiber)</p> <p>— Kabelverbindungen im In- und Ausland für Wettermeldun- gen</p> <p>— Radio-Verbindungen ins Ausland (MW- und KW-Band)</p>	<p>A) Informationsdienst</p> <p>— Beratung von Pilo- ten vor dem Flug</p> <p>— Fluginformation im Fluginformations- Gebiet (FIR)</p> <p>B) Verkehrsleitung</p> <p>— in den Luftstrassen (Area Control Cen- ter)</p> <p>— für den Anflug (Approach)</p> <p>— für den Nahverkehr (Tower)</p>	<p>A) Installation und Betrieb von:</p> <p>— Funkfeuer NDB</p> <p>— Drehfunkfeuer VOR</p> <p>— Distanzmessgeräte</p> <p>— DME</p> <p>— VHF-Peiler</p> <p>— Radar im Frequenz- bereich von 600—9 000 MHz</p> <p>— Instrumenten- Lande-System ILS</p>	<p>A) Beobachtungen</p> <p>B) Auswertungen</p> <p>C) Prognosen</p> <p>D) Verbreitung durch die UZF</p>	<p>A) Bewilligungen</p> <p>B) Publikation</p> <p>C) Flughinderniskarte</p>

Staaten, darunter die Schweiz, bei. Heute sind es bereits 98.

In Bezug auf Flugsicherungsfragen gelang der ICAO erstmals 1949 eine Verständigung, indem auf folgenden Gebieten eine Vereinheitlichung zustande kam:

Für die Verkehrsabwicklung einigte man sich auf drei Sprachen: englisch, spanisch und französisch, wobei das Englische den Vorrang besitzt. Eine weitgehende Normung in der Ausdrucksweise erleichtert zusätzlich die Verständigung im Funkverkehr. Dazu kommt die Festlegung von Prinzipien, nach welchen der Verkehrsleitdienst durchzuführen ist. Auf technischem Gebiet wird der mobile Fernmeldedienst vom Mittelwellen- in das Ultrakurzwellen-Gebiet (rund 120 MHz) verlegt, um den atmosphärischen Störungen auszuweichen und eine Vermehrung der Kanalzahl zu ermöglichen. Die Regelmässigkeit der Lufttransporte — von jeher ein Sorgenkind des planmässigen Luftverkehrs — macht die Vereinheitlichung der Schlechtwetter-Landehilfen notwendig. Hier konnte die ICAO auf Kriegsmaterial zurückgreifen, das von den Amerikanern entwickelt worden war. Es wurde Instrumenten-Lande-System oder abgekürzt ILS genannt. Dieses Gerät strahlt im Prinzip für die vertikale und die horizontale Anflugebene je zwei Leistrahlfächer aus, deren Modulation verschieden ist. Im Flugzeug ergibt der Vergleich der Signalstärke der beiden Modulationsanteile an einem Kreuzzeiger-Instrument die Lage des Flugzeuges gegenüber dem Sollflugweg an.

In der Schweiz ging der Kanton Genf in der Beschaffung dieses neuen ICAO-Standards voran und installierte im Jahre 1946 ein Gerät, welches er aus US-Kriegsbeständen erstand. Während es in Genf 10 Jahre später ersetzt wurde, darf als Kuriosum bezeichnet werden, dass ein gleiches Gerät bis auf den heutigen Tag in Basel in Betrieb steht. Möglicherweise hält es dort den Weltrekord in seiner Kategorie mit einer Lebensdauer von rund 20 Jahren.

Mit dem ILS trat fast gleichzeitig ein Landeverfahren mit Hilfe besonderer Radargeräte in Konkurrenz. Es wird Ground Controlled Approach oder kurz GCA genannt.

Nach beiden Verfahren darf eine Landung dann noch vollzogen werden, wenn die Horizontalsicht mindestens 800 m und die Bodensicht noch 60 m über der Piste betragen.

### 3. Das eidg. Luftfahrtgesetz (1948)

Das sechste Dezennium der Motorluftfahrt (1950—1959) lässt sich von der Transportmittel-Seite her dadurch kennzeichnen, dass die Flugzeuge die Tendenz zeigten, ihre Grösse und ihr Fassungsvermögen, aber auch ihre Gestehungskosten zu vergrössern. So wies der grösste Vertreter dieser Kategorie bei unserer nationalen Fluggesellschaft, der DC-7C ein Fassungsvermögen von 79 Passagieren auf. Im Jahre 1956 kostete er die runde Summe von 12 Millionen Franken. Parallel zu dieser Entwicklung drängte die Nachfrage nach Flugpassagen zu einer Steigerung der Verkehrsdichte. Zu guter Letzt erhöhte auch die Sport- und Touristik-Aviatik ihre Aktivität. Die Gefahr von Kollisionen in der Luft wurde immer bedrohlicher. Dies und andere Probleme, welche ausserhalb der Flugsicherungs-Sphäre liegen, liessen es als unerlässlich erscheinen, von gesetzgeberischer Seite einzugreifen. 1948 trat das eidg. Luftfahrtgesetz in Kraft. Es bestimmt in Art. 40, dass das Luftamt den Flugsicherungsdienst ordne (Tab. I). Erstmals wird definiert, was unter diesem Sammelbegriff alles zu verstehen sei. In erster Linie wird der Übermittlungsdienst erwähnt. Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, war er es ja, der die Anfänge der Flugsicherung bestritt. An zweiter Stelle wird die Verkehrskontrolle, welche in jener Zeit an Bedeutung gewann, aufgeführt. Ihre Aufgabe ist es, die Flugzeuge mit Sicherheit und in flüssigem Verkehr ihrem Ziel entgegen zu führen. Ein dritter Zweig der Flugsicherung hat für die Erstellung und den Betrieb von Navigationshilfen zu sorgen. Dann wird der Flugwetterdienst genannt, der — wie bereits erwähnt — von jeher eine wichtige Rolle in der Aviatik gespielt hat. Und letztlich obliegt der Flugsicherung die Bekanntmachung von Flughindernissen.

In einem weiteren Artikel des Luftfahrtgesetzes erhält das Luftamt Befugnis, Luftwege vorzuschreiben. Hier wird der Grundstein für unser heutiges Luftstrassen-System gelegt. Schon Jahre zuvor war es im Schosse der ICAO diskutiert worden. Nun — im Jahre 1954 — konnte es in der ICAO-Region EUROPA tatsächlich eingeführt werden. Es hat sich auf Grund der damaligen technischen Hilfsmittel ergeben. Vorab erleichtert es die Bodenkontrolle, indem das an und für sich dreidimensionale Problem in ein zweidimensionales, nämlich der Höhe und der Wegstrecke auf der Luftstrasse



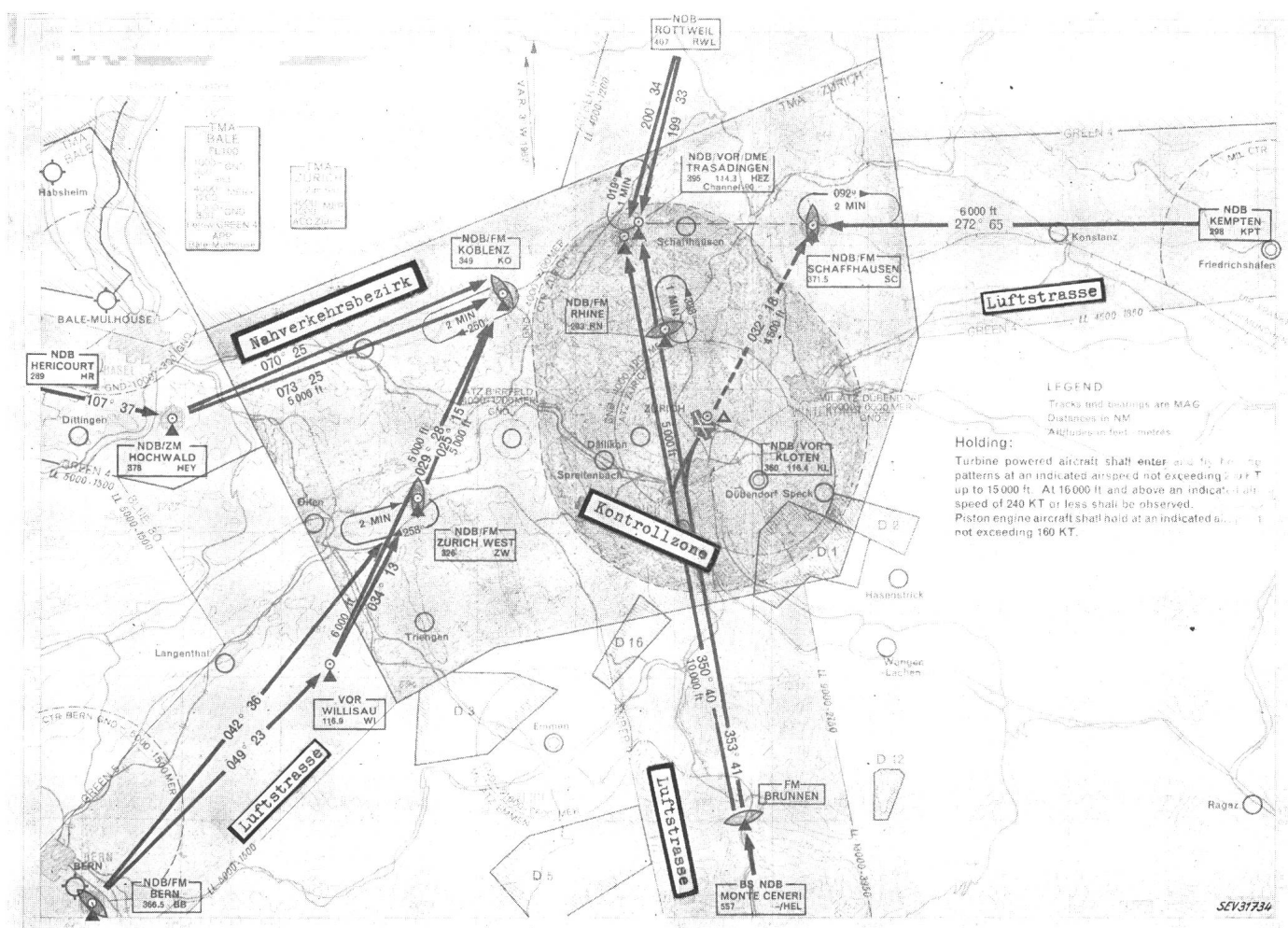


Fig. 2  
 Luftstrassen und Nahverkehrsbezirk im Raume von Zürich  
 Einfugrouten mit Blocksicherungssystem:

● Funkfeuer NDB    ● Drehfunkfeuer VOR    ○ Marker MHz    ▲ obligatorischer Meldepunkt

reduziert wird. Die Markierung dieser Luftwege erfolgte durch sog. Funkfeuer (Fig. 2). Die damals gebräuchlichen ungerichteten Mittelwellen-Baken erwiesen sich als relativ billig und betriebssicher. Die Strecke von Bake zu Bake bildet eine Blockstrecke, welche nur von einem Flugzeug auf einer bestimmten Höhe befliegen werden darf. Die erlaubten Höhen wurden international genormt und zwar von 1000 zu 1000 Fuss.

Normalerweise bilden Flughäfen Kreuzungspunkte von Luftstrassen. Hier ist die Verkehrsleitung besonders schwierig. Man hat deshalb die Zonen um die Flughäfen zu sog. Kontrollzonen und in etwas weiterem Umkreis zu Nahverkehrsbezirken erklärt. Hier gelten verkehrstechnisch für kontrollierte Flüge ähnliche Regeln, wie auf den Luftstrassen. Dagegen kann das Blocksicherungs-System in der vom Kontrollturm aus mit Sicht kontrollierbaren Platz-Volte verlassen werden. Dadurch wird der Verkehrsablauf beschleunigt.

Die Mittelwellen-Baken erwiesen sich leider bald als zu ungenau. Alle Fehler zusammengerechnet ergeben sich Navigations- Ungenauigkeiten von 5...10°. Zudem liess ihre Zuverlässigkeit wegen häufiger atmosphärischer Interferenzen zu wünschen übrig. Im Jahre 1952 wurde daher eine neue Bake im Ultrakurzwellenband, genannt VOR, von der ICAO zur Norm erklärt. Ihre Genauigkeit ist ungefähr doppelt so gross, wie

diejenige des alten Systems. In der Schweiz konnte die erste VOR-Anlage im Jahre 1955 in Betrieb genommen werden. Ihr folgten in den Jahren 1957 bis 1961 weitere fünf.

Es ist interessant festzustellen, dass die Mittelwellen-Baken sich trotzdem bis auf den heutigen Tag erhalten konnten.

In vielen Fällen werden sie sogar zusammen mit VOR-Anlagen zur Kennzeichnung des gleichen Fixpunktes betrieben. Dies muss mit Rücksicht auf solche Flugzeuge, welche immer noch nicht auf das moderne UKW-Navigationsmittel umgestellt haben, erfolgen. Meistens sind es finanzielle Gründe, welche zu solch zögerndem Verhalten Anlass geben, ist doch die Anschaffung von Bordgeräten in der modernen Aviatik wirklich kostspielig.

An diesem Beispiel soll gezeigt werden, wie gross oft die Trägheit ist, mit der bei der Einführung neuer Mittel in ein weltweites System gerechnet werden muss. Auf dem Gebiet der Luftfahrt, welche als zielstrebig und initiativ, ja sogar als impulsiv bekannt ist, mag dies als verwunderlich erscheinen.

#### 4. Die Aera des Radars

In den Fünfziger Jahren schien das Prinzip der Eigennavigation mittels Mittelwellen-Baken und VOR veraltet. Als Ersatz wollten gewisse «Fachleute» das Radar sehen. Mit Radar sollte die Führung vom Boden

aus erfolgen. Es zeigte sich aber bald, dass eine derartige, wenn auch mit verbesserten Mitteln durchgeführte Fremdnavigation die Funkkanäle verstopfen und einen Riesenapparat in der Verkehrsleitung erfordern würde. Immerhin verschlossen sich die Befürworter des «alten Systems» der Tatsache nicht, dass Radar eine präzisere und vor allem flüssigere Verkehrsabwicklung gestattete, als das Blocksicherungs-System mit Navigationshilfen. Im Schosse der ICAO wurde daher die Radarführung offiziell als ergänzendes Hilfsmittel für die Verkehrsleitung anerkannt. Seine erste Anwendung erfuhr es in der Überwachung der Nahverkehrsbezirke, wo eine beschleunigte Verkehrsabwicklung besonders von Nöten war. In neuerer Zeit drängt es sich bereits für den Luftstrassenverkehr auf.

Zu Beginn des letzten Jahrzehnts der Luftfahrt steht als Markstein die Erscheinung der Düsenflugzeuge auf breiter Basis im Luftverkehr. Für die Flugsicherung ergaben sich dadurch neuartige Probleme. Zufolge der sprunghaft gestiegenen Geschwindigkeit der neuen Gattung verlor das alte Prinzip des Sehens und Gesehen-werdens als Voraussetzung für eine Kollisionsverhinderung seine Gültigkeit. Die Flugsicherung sah sich damit sozusagen ihrer Notbremse im Flugverkehr beraubt. Die so teilweise verlorengegangene Sicherheit musste anderswie eingebracht werden. Als Erstes bequemen sich die meisten Flugesellschaften dazu, ihren Linienverkehr ausschliesslich unter die wirksame Kontrolle der Verkehrsleit-Organen zu stellen. Allerdings hatte dies zur Folge, dass der Arbeitsanfall in den Verkehrsleitstellen answoll. Ausserdem verlangte es die Sicherheit des Zivilluftverkehrs, dass die nicht kontrollierten Flugzeuge vom kontrollierten Verkehr getrennt wurden. Als bedeutendster Luftraumbenutzer dieser Kategorie ist die Militäraviatik zu nennen. Für sie bildete die Einengung in die sog. «unkontrollierten Lufträume» eine spürbare Einbusse an Aktionsfreiheit. Sie konnte zum Teil dadurch wieder zurückgewonnen werden, dass unsere Flugwaffe mit der zivilen Verkehrsleitung eng koordiniert operiert. Die Koordination besteht zur Zeit darin, dass Militärpiloten, welche kontrollierten Raum d. h. Luftstrassen, Nahverkehrsbezirke und Kontrollzonen durchfliegen wollen, vorerst von einer Koordinationsstelle eine Freigabe dazu erhalten müssen. Die Erteilung einer solchen Freigabe wird davon abhängig gemacht, ob sich im kritischen Zeitpunkt in dem betreffenden Sicherungsbereich ein Verkehrsflugzeug auf derselben Höhe befindet. Dank bester Disziplin unserer Militärpiloten hat sich dieses einfache Koordinationsverfahren bis heute gut bewährt. Mit zunehmender Zahl der Luftraumbenutzer und der Fluggeschwindigkeiten muss es jedoch ohne Zweifel verbessert werden. Die Marksteine dieser Entwicklung können hier nur stichwortartig angedeutet werden:

- Primär-Radar-Informationen
- Sekundär-Radar-Informationen
- Automation

Das Düsenzeitalter brachte der Flugsicherung aber neben der geschwindigkeitsbedingten Vermehrung der Kontrollarbeit ein weiteres Problem: Die Düsenflugzeuge fliegen bekanntlich am wirtschaftlichsten in Höhen von 8...10 000 m. Bei Start und Landung müssen sie deshalb höhenmässig durch den gesamten übrigen Luftverkehr hindurchgeschleust werden. Das Blocksicherungsverfahren benötigt für solche Kreuzungsmanöver auf den Luftstrassen viel Zeit und Luftraum.

Stockungen in der Verkehrsabwicklung waren die Folge. Einmal mehr erwies sich hier das Radargerät als Retter in der Not. Auf seinem Bildschirm dürfen zwei identifizierte Flugzeuge mit nur 3 nautischen Meilen Abstand geführt werden. Es leuchtet ein, dass auf diese Weise bedeutend höhere Verkehrsdichten gemeistert werden können, als beim Blocksicherungs-System. Darüber hinaus bot die Radarführung den Vorteil, dass nur Bodenapparaturen angeschafft werden mussten, was die Einführungszeit stark verkürzte. In der Schweiz befinden sich seit einem Jahr zwei Luftstrassen-Radargeräte in Betrieb. Sie stehen auf der Lägern und auf der La Dôle ob Nyon.

## 5. Ausblick in die Zukunft

Die in den Fünfziger-Jahren vorausgesehenen Nachteile der Radarführung blieben leider nicht aus. Die Funkkanäle sind überlastet. Die Verkehrsleitung muss sich in Sektoren aufspalten, um die anfallende Arbeit auf mehr Personal zu verteilen. Dies macht es notwendig, dass in nächster Zeit die Kanalzahl der VHF-Verbindungen durch Verringerung der Kanalabstände von 100 auf 50 kHz verdoppelt wird.

Die Probleme der Koordination zwischen den Sektor-Kontrollen versucht man — heute noch im Experimentierstadium, doch wohl in einigen Jahren im täglichen Einsatz — durch Automation zu bewältigen.

Eine revolutionäre Verbesserung der heutigen Engpässe verspricht sich die Fachwelt von der Einführung der sog. Sekundär-Radar-Geräte (Fig. 3). Der Vorläufer dieses Systems spielte im letzten Weltkrieg in der Form

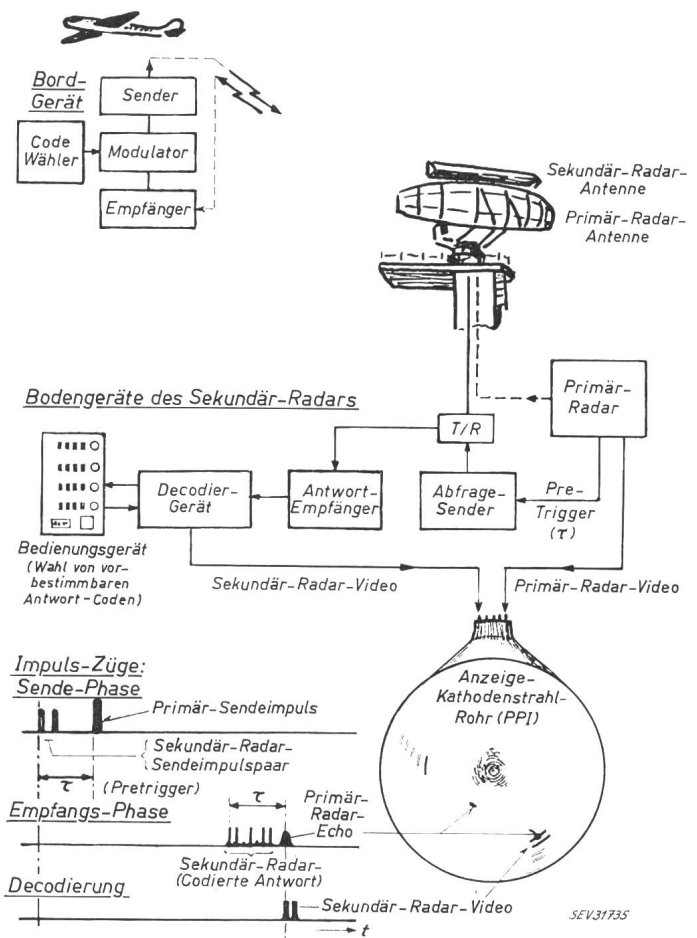


Fig. 3

### Prinzip-Schema des Sekundär-Radars

wie es anfangs 1962 von der ICAO für weltweiten Einsatz genormt wurde. Die Installation dieser Geräte erfolgt mit Vorteil zusammen mit einem Primär-Radargerät

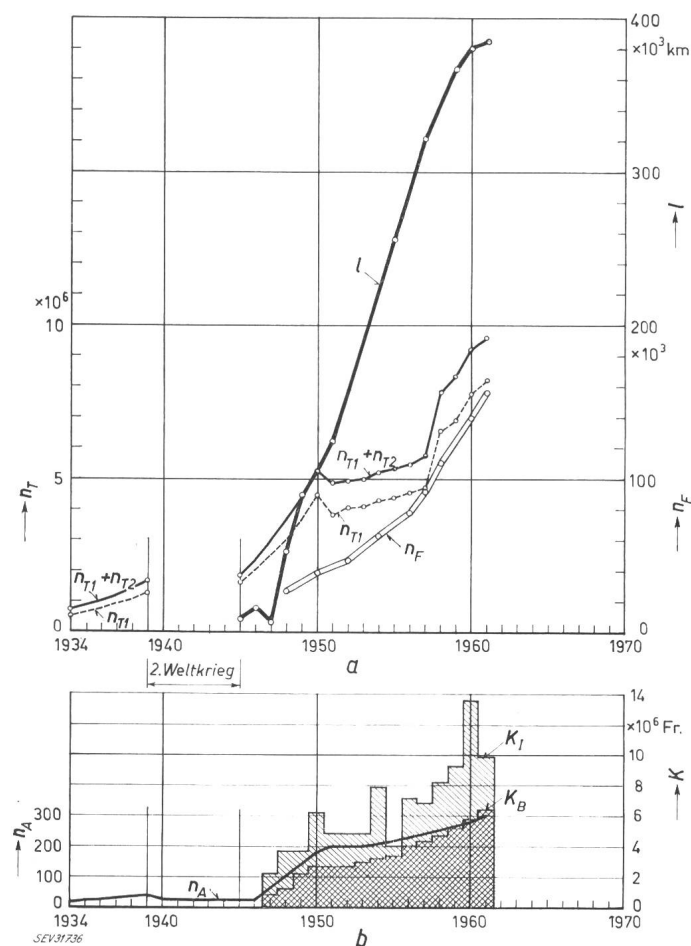


Fig. 4

#### Die Entwicklung des schweizerischen Luftverkehrs und der zivilen Flugsicherung

- a Streckennetz (l), Telegrammverkehr im Fernmeldedienst ( $n_T$ ) und Luftverkehr auf den schweizerischen Luftstrassen ( $n_F$ )  
 l Streckennetz [km];  $n_{T1}$  Anzahl Telegramme für den Wetterdienst;  $n_{T2}$  Anzahl Telegramme für den Verkehrsleitdienst;  $n_F$  Anzahl eingesetzter Flugzeuge pro Jahr  
 b Personalbestand ( $n_A$ ) und finanzielle Aufwendungen für die Flugsicherung (K)  
 $n_A$  Anzahl Angestellte der Radio-Schweiz AG;  $K_I$  Investitionen;  $K_B$  Betriebskosten

der sog. «Freund-Feind-Erkennung» eine gewisse Rolle. Anfangs dieses Jahres hat die ICAO dieses Sekundärradar in modifizierter Version zur internationalen Norm erklärt. Seiner Einführung stehen nur noch die bereits früher erwähnten verzögernden Faktoren, wie Finanzen, Bereitstellung der genügenden Zahl von Geräten, Platz- und Gewichts-Nöte an Bord der Flugzeuge usw. hindernd im Wege.

Beim Sekundärradar können durch verschlüsselte Abfrage von einem Bodengerät aus die Bordgeräte der damit ausgerüsteten Flugzeuge veranlasst werden, eine bestimmte Antwort rückzustrahlen. Anfrage und Antwort werden mittels impuls-modulierten Ultrakurzwellen (rund 1000 MHz) übertragen. Die Antwort enthält mittels geeigneter Codierung entweder eine Identifikation oder die momentane Flughöhe. Mit Hilfe des gerichteten Strahles des Bodengerätes und einer Laufzeitmessung zwischen Abfrage und Antwort lässt sich eine Ziel-Lokalisierung, gleich wie beim Primärradar durchführen. Der Vorteil des Sekundärradars liegt nun darin, dass jede Antwort der Bordstation auch die Identifikation des vermessenen Flugzeuges liefert. Es ist leicht einzusehen, dass solchermaßen eine Menge von Funkprüchen zwischen Boden und Luft überflüssig

wird. Amerikanische Statistiken lassen eine Entlastung der Sprechverbindungen um 40 % erhoffen.

Die angewendete Impulstechnik eignet sich für eine Datenverarbeitung in einem Elektronenrechner. Damit führt das Sekundärradar in die Zukunftspläne der Flugsicherung, und zugleich auf die Automation. In der Koordination zwischen Zivil- und Militär-Aviatik wird das Sekundärradar eine ganz besonders bedeutungsvolle Rolle spielen können. Der Gründe für eine solche Annahme gibt es viele. Einleuchtend ist allein schon die kontrollmässige Vereinfachung, welche sich daraus ergibt, dass alle Radarechos beim Sekundärradar mit Kennung und Höhe etikettiert sein werden.

Ich bin damit am Ende meines Rundganges durch das Werden der Flugsicherung angelangt. Einige zeitnahe Zukunftspläne konnte ich ihnen bereits zu einem Teil darlegen. Selbstverständlich liegen auch fernere Probleme vor. Sie wissen alle, dass das Überschallflugzeug vor der Tür steht. Die Flugsicherungsleute empfinden es als ein Glück, dass gerade jetzt von Seiten der ICAO-Staaten und der Fluggesellschaften gewisse Forderungen an diese neueste Kategorie von Luftraumbenutzern gestellt werden. Vorab ist es die Bedingung, dass gute Unterschall-Flugeigenschaften gefordert werden. Dadurch wird das Überschallflugzeug in der Flughafenzone weitgehend gleich behandelt werden können, wie die heutigen Maschinen. In diesem Fall bestehen vom Standpunkt der Flugsicherung aus keine unüberwindbaren Schwierigkeiten.

Im Gefolge dieser Entwicklung werden an die Allwetter-Landeverfahren gesteigerte Ansprüche gestellt. Angestrebt wird die eigentliche Blindlandung. Ihre Hauptsorge ist die Zuverlässigkeit der Apparaturen. Mit Dreifach-Ausrüstungen und automatischen Selbstkontrollen hofft man demnächst die Wahrscheinlichkeit für einen Betriebsunfall auf den Wert von  $10^{-8}$ ...  $10^{-9}$  vermindern zu können.

In die fernere Zukunft gehört die Frage der Verwendbarkeit von Satelliten. Als Wetterbeobachter, ähnlich den Tiros-Satelliten, dürften sie am ehesten einsatzbereit sein. Die erfolgreiche Operation Telstar I weist ferner auf die Möglichkeit der Benützung von Satelliten als Fernmelde-Relais hin. Optimisten haben berechnet, dass die Kosten pro Kilometer und Kanal für eine solche Verbindung nur auf 50 Dollars zu stehen kommen, wogegen die heutigen Tiefseekabel das Fünffache kosten. Ob der Satellit in der Übersee-Navigation berufen sein wird, eine Rolle zu spielen ist schwer vorauszusagen. Die derzeitigen Mittel, wie Langdistanzvermessung mittels sehr langer Radiowellen, oder in Form der Trägheits- oder Doppler-Navigation sind in Bezug auf verhältnismässige Einfachheit, Betriebssicherheit und Genauigkeit nicht so schnell zu überbieten.

Vieles über die Flugsicherung musste ungesagt bleiben. Was ich Ihnen hier zeigen wollte ist dies: Die Hast der Menschheit im Verdienen und Erleben, und die Konkurrenz drängen zu ständigem Fortschritt im Flugzeugbau. Die Flugsicherung ist gezwungen in diesem Wettrennen nach Neuem, Besserem und Bequemerem mitzumachen, denn die Öffentlichkeit verlangt von ihr die Verkehrs-Sicherheit. Glücklicherweise kommt auch ihr die Technik mit Neuem und Besserem zu Hilfe. Es ist daher kein Grund vorhanden, daran zu zweifeln, dass sie ihre Aufgabe ständig besser erfüllen wird.

Adresse des Autors:

M. Wildi, dipl. Ingenieur, Eidg. Luftamt, Bundeshaus, Bern.