

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 119/120 (1942)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Probleme der modernen Flugzeugführung und Navigation  
**Autor:** Gsell, Rob  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-52318>

#### **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:** 04.02.2026

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

Wir haben grundsätzlich zwei Arten von Abscheidern zu betrachten, deren Arbeitsweise gänzlich verschieden ist:

a) *Schwergewicht-Abscheider*. Diese arbeiten nach physikalischen Gesetzen. Die gewöhnlichen Öle haben ein spez. Gewicht von 0,8 bis 1,0 und steigen somit an die Wasseroberfläche, sofern die Durchflussgeschwindigkeit  $v$  im Abscheider nicht grösser als 6 bis 8 mm/s ist. Bei diesem  $v$  ist eine Aufrahmung von Öl und Fett möglich. Ist  $v$  kleiner als 6 bis 8 mm/s, so scheiden sich auch die etwa noch mitfliessenden Sinkstoffe ab, die nicht in den Abscheider, sondern in den Schlammsammler gehören. Es bestehen also sinngemäss ähnliche Verhältnisse wie in einem Sandfang, wo  $v_{\text{mittel}}$  bekanntlich 30 cm/s betragen soll; ist dort  $v$  grösser, so wird der Sand mitgerissen, ist  $v$  kleiner, so setzt sich neben dem Sand auch der Schlamm ab und faulit im Sandfang. Als Norm für die Durchflussgeschwindigkeiten ist grundsätzlich festzuhalten:

Sandfänge  $v = 300$  mm/s

Oelabscheider  $v = 6$  bis 8 mm/s

Absetzbecken  $v = 4,0$  bis 0,2 mm/s

Die Bedingungen im Oel-Abscheider ändern sich wieder, so wie Schweröle (wie z. B. Mazout) in Frage stehen, deren spez. Gewicht grösser als 1 ist. Schwergewichtabscheider sind also dort am Platze, wo die oben geschilderten Verhältnisse vorliegen.

Bildet sich aber im Abwasser durch Vorhandensein von Seifen, verseifbaren Oelen u. dgl. eine Emulsion, so genügt ein Schwergewichtabscheider nicht mehr, weil sich die Emulsion mit dem Wasser verdünnt, sich aber von diesem nicht trennt. Zur Trennung von Emulsion und Wasser ist die Zuhilfenahme von Luft nötig, d. h. man geht vom Schwergewichtabscheider über zum

b) *Belüfteten Abscheider*. Hier bewirken die von unten in das Abwasser eingepressten Luftbläschen eine Trennung der Emulsion vom Wasser, wobei das Aufschwimmen unter Umständen auch auf solche Stoffe ausgedehnt werden kann, die schwerer sind als Wasser. In beiden Fällen bildet sich dann auf der Wasseroberfläche besagter Oelschaum. Dabei müssen jedoch Luftmenge und Belüftungsstärke genau reguliert werden. Wird zu viel Luft eingepresst, so entsteht eine zu grosse Turbulenz, wodurch die Emulsion sich verdichtet statt löst; gibt man zu wenig Luft, so wird die Emulsion nicht zerstört. Luftmenge und Luftblasengrösse sind daher fallweise zu bestimmen.

Wie Imhoff berichtet, hat Zunker in einem Versuch gefunden, dass von Leinöl, das im Wasser aufgewirbelt war, bei 15° 95% in einem Fettfang ausgeschieden wurden, wenn die kleinste Steiggeschwindigkeit 4 mm/s = 14,4 m/h betrug. Die für den Durchfluss von 1 l/s = 3,6 m<sup>3</sup>/h notwendige Oberfläche war 3,6:14,4 = 0,25 m<sup>2</sup> («Ges.-Ing.» 1938, S. 454).

An einer vom Verfasser unter Mitwirkung der chem.-bakt. Abteilung der «Beratungsstelle an der E.T.H. für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung» entworfenen und ausgeführten Anlage solcher Art für ein schweizerisches Industrieunternehmen seien Anordnung und Wirkungsweise einer derartigen Einrichtung illustriert, wobei der tatsächlich erreichte Wirkungsgrad an Hand von Untersuchungen festgestellt und beurteilt wurde.

Die Abwässer der betreffenden Fabrik enthalten mit Metallstaub vermischt Oele (wovon etwa 20% animalische, also verseifbare), Petrol und Benzin; Metallstaub und Oel bilden zusammen eine Emulsion. Gesamte Abwassermenge max. 10 l/s.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, fliessen diese ölhaltigen Abwässer von zwei Seiten her in einen Sammelschacht, der als Schlammsammler dient. Von hier gelangen sie in das Belüftungsbecken mit mehreren Minuten Aufenthaltsdauer, fliessen in den Schwergewichtabscheider, wo sie zum Durchfluss ebenfalls mehrere Minuten benötigen, und werden sodann, vom Oel befreit, der Gemeindekanalisation übergeben. Neben dem Schwergewichtabscheider befindet sich ein Oel-Sammelschacht.

Die Konstruktion der ganzen Anlage im Einzelnen ist aus Abb. 2 ersichtlich. Am Boden des Belüftungsbeckens befinden sich die Filterplatten, durch die die mittels eines rotierenden Gebläses für 12 m<sup>3</sup>/h Leistung mit 0,5 PS-Motor eingepresste Luft in Form feinverteilter Bläschen in das Abwasser gelangt und dort hochsteigt, wobei die Oel- und Wasserpartikelchen entmischt und mitgerissen werden. Im nachgeschalteten Schwergewichtabscheider System Kapp, der zudem eine Beruhigungszone darstellt, sammelt sich das ausgeschiedene Oel an der Oberfläche und wird von dort periodisch in den Oelsammler abgelassen. Das so zurückgewonnene Oel wird mit Hilfe einfacher Vorrichtungen regeneriert und wiederverwendet; die erzielte Einsparung an Oel ist so gross, dass die ganze Anlage in einigen Jahren amortisiert werden kann. Die im Belüftungsbecken entstehenden geringen Mengen ölhaltiger Nebel werden durch eine bis über das Fabrikdach geführte Entlüftung abgeleitet.

Die beiden durchgeführten Untersuchungen ergaben, dass der Abscheideeffekt im einen Fall 63,5% nach dem Belüftungsbecken und 94% nach dem Schwergewichtabscheider, im andern Fall 45% bzw. 98,4% betrug. Die erstellte Anlage entspricht daher sowohl den bestehenden Vorschriften als auch den Interessen der Bauherrschaft vollständig. Aus obigen Angaben erhebt aber auch, dass gerade hier der erwähnte Fall vorliegt, wo weder ein belüfteter noch ein Schwergewichtabscheider für sich allein genügt hätte; nur das Zusammenwirken beider führte zum Ziel.

## Probleme der modernen Flugzeugführung und Navigation

Von Prof. ROB. GSELL, Bern

Autoreferat des Vortrages vom 28. 1. 42 im Zürcher Ing.-u. Arch.-Verein

Die vielfältigen Probleme, denen die Führer von Verkehrsflugzeugen beruflich begegnen, sind auch in Ingenieurkreisen kaum bekannt; eine kurze Uebersicht bietet daher Interesse<sup>1)</sup>.

Schon der Reiseflug bei guten Sichtverhältnissen verlangt zur Wegfindung die Beherrschung der Navigation in ihrer einfachsten Form — dem Kursfliegen nach der Karte. Topographische Karten sind aber nur genügend winkel- und längentreu, wenn ein Blatt blos wenige hundert Kilometer deckt, d. h.

<sup>1)</sup> Vgl. R. Gsell: Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt, SBZ Bd. 104, S. 157\* (6. Okt. 1934).

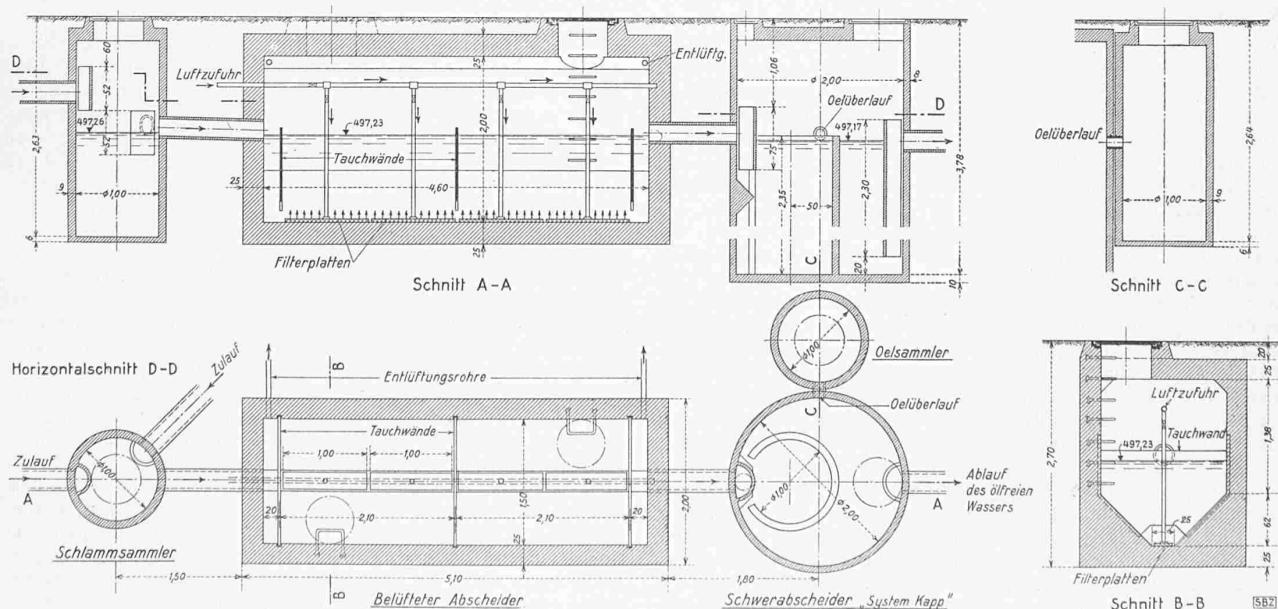


Abb. 2. Oelabscheider für max. 10 l/s Abwassermenge einer Fabrik. — Ing. P. ZIGERLI, Zürich. — Maßstab 1:80

ein Gebiet, das von einem modernen Schnellflugzeug in einer knappen Stunde durchflogen wird. Der Flugkapitän muss also die Kartenprojektionen genau kennen um festzustellen, was die erhältlichen Karten richtig und was sie verzerrt wiedergeben; er muss seinen loxodromen Kurs winkeltreuen Spezialkarten entnehmen, um ihn (als gebrochene Loxodrome) in die Gebrauchs-karten zu übertragen.

Die *Loxodrome* ist derjenige Flugweg, der vom Start bis zum Ziel konstanten Kurs ergibt; dies ist der navigatorisch einfachste Weg, jedoch nicht der kürzeste. Auf der Erdkugel gibt der Grösstkreis zwischen Start und Ziel, die *Orthodrome*, die kürzeste Entfernung; dabei ändert aber der Kurs ständig. Sobald der Flug sich über mehrere hundert Kilometer erstreckt, wird der Flugkapitän also berechnen müssen, ob die navigatorisch schwierige Orthodrome sich lohnt; sind Zwischenhalte nötig, so wird er diese möglichst auf die Orthodrome legen, die Zwischenetappen aber loxodrom fliegen.

Das Fliegen auf dem richtigen Kurs führt aber nur bei Windstille ans Ziel; Fluggeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit addieren sich ja vektoriell. Der Pilot muss also mit seinem Spezialrechenschieber den Vorhaltewinkel bestimmen, falls ihm die Flugwetterwarte die *Windelemente* der Strecke angeben kann. Grosse Strecken müssen aus wirtschaftlichen Gründen aber in erheblichen Höhen geflogen werden (siehe unten); die Höhenwindmessungen des Meteorologen geschehen aber durch Verfolgung eines mit konstanter bekannter Geschwindigkeit steigenden Pilotballons mit dem Theodoliten — sie setzen also genügende Wolkenlosigkeit voraus. Gerade für den Flug in und über den Wolken ist aber die abstrakte Navigation (nach Kurs, Geschwindigkeit, Zeit) nötig, also die Kenntnis von Windrichtung und Windgeschwindigkeit zur Berechnung des Vorhaltewinkels. Hier setzt die Aufgabe der Radiosonden ein, die radioelektrisch gepeilt werden können, also auch wenn sie nicht sichtbar bleiben. Der geringe Höhenwinkel lässt sich aber radioelektrisch nicht genau genug peilen; die neue *schweizerische Radiosonde* der Meteorolog. Zentralanstalt (Erfundung der Herren Dr. Lugeon und Nobile) bringt hier einen erheblichen Fortschritt. Man kann ihre Entfernung messen ohne Anpeilen von zwei Peilern beidseits einer Querbasis.

Nun wird der Flugkapitän aber dennoch nicht überall die Windelemente für die ganze Strecke und für alle Höhen erhalten, denn der Sondendienst ist nicht überall voll ausgebaut; außerdem treibt die Sonde mit dem Winde — vielleicht nicht dahin, wo man messen möchte. In Kriegszeiten ist auch der Verkehrs-pilot grösstenteils auf sich selbst angewiesen: ein Blick auf die wenigen Angaben der heutigen Wetterkarten zeigt dies deutlich; meteorologische Nachrichten sind im Zeitalter der Bombenangriffe militärisches Geheimnis. Noch mehr wird aber der Bombenflieger auf sich und die wenigen Wetter-Nachrichten aus seinem Heimatland angewiesen sein.

Wir werden später kurz auf das Wesen der radioelektrischen Navigation eingehen; selbstverständlich ist aber auch diese Hülfe in Kriegszeiten so beschränkt, dass der Flugkapitän sich möglichst vor unangenehmen Überraschungen sichern muss. Er wird also jede Gelegenheit benützen, die Windelemente zu «erfliegen», d. h. in Momenten der Bodensicht die Abtrift zu bestimmen und den Windvektor daraus zu berechnen, um ihn dann seiner weiteren Navigation zugrundezulegen.

Zur Kenntnis der Kartenprojektionen und der Windvektorenrechnung muss die genaue Kenntnis der *Kompassfehler* hinzukommen. Dieses so einfach erscheinende Gerät hat nämlich erhebliche Tücken — bei Verwendung im Flugzeug mehr als z. B. beim Schiffsgebrauch. Für letzteren sind die örtlich ändernde Missweisung, die Ablenkung durch magnetische Massen und Ströme im Fahrzeug und die Schleppfehler zu berichtigen, was mit Hilfe der Isogenenarten, der Deviationsstabelle und Routine mit dem benützten Kompassmodell leicht ist. Im Flugzeug tritt aber der mit Kurs, Ort und *Neigung* wechselnde Einfluss der Vertikalkomponente des erdmagnetischen Feldes hinzu, der bei «Krängungen» die Kompassanzeige bis zu  $180^\circ$  fälschen kann. «Krängung» ist die Schieflage des Fahrzeuges in der Kurve; während beim Schiff keine grossen Fliehkräfte vorkommen, sind diese beim kurvenden Flugzeug erheblich, sodass sich dieses zusammen mit der Kompassrose in das «Scheinlot», die Resultierende von Fliehkraft und Schwerkraft, stellt. Hiergegen gibt es kein Mittel, sodass der Magnetkompass überhaupt nur im unbeschleunigten Gradausflug brauchbar ist. Im Blindflug, d. h. wenn das Gradaussteuern nach einem Richtpunkt unmöglich wird, muss also nach dem Kreiselwendezeiger gradaus geflogen werden und der Kompass zeigt nur richtig, wenn dies lange genug trotz Böigkeit sauber möglich war. Da man dies nicht immer erreichen kann, muss der Streckenpilot nach dem Kreiselkompass

steuern. Wirkliche Kreiselkompassse, d. h. sich unabhängig von der Krängung nach Nord orientierende Geräte, sind in der Seeschiffahrt vorhanden; für Flugzeugverwendung sind sie aber viel zu schwer. Man behilft sich daher mit dem leichten und einfachen «Azimutkreisel» — einem Gerät ohne Richteffect, dessen Rose aber die vom Piloten nach dem Magnetkompass eingestellte Richtung wenigstens längere Zeit beibehält. Derart wird das im Blindflug ermüdende peinlich genaue ungeneigte Gradausfliegen, das für die Ablesung des Magnetkompasses nötig ist, nur etwa alle Viertelstunden für eine Minute erforderlich. Es gibt auch Fernkurskreisel, die automatisch von einem magnetischen Fernkompass nachgestellt werden, der in möglichst ungestörter Gegend des Flugzeuges liegt. Auch hier muss der Pilot aber darüber wachen, dass diese «Stützvorrichtung» nicht etwa Fehler statt Berichtigungen bringt, d. h. er darf sie nur bei genügend ruhigem Fluge arbeiten lassen.

Moderne Verkehrsflugzeuge besitzen eine *automatische Steuerung* um alle drei Axen — so z. B. auch die Douglas der Swissair. Durch den «Robot» wird der menschliche Flugzeugführer stark entlastet, Hand und Geist werden für die Aufgaben der Navigation und wirtschaftlichen Flugzeugführung frei, der Pilot vom Luftchauffeur zum Flugkapitän erhoben. Ein peinlich genau seitenssteuernder automatischer Pilot wird aber auch die Gerade und die Querlage so genau einhalten, dass der Magnetkompass trotz der bösen Vertikalkomponente brauchbar bleibt, dass also seine Stützvorrichtung den Kurskreisel ständig korrigieren kann und der Robot auch den Kurs richtig einhält. In neuester Zeit ist auch ein Erdinduktorkompass erfunden worden, bei dem drei Induktoren so kombiniert sind, dass der Einfluss der Vertikalkomponente des erdmagnetischen Feldes ausgeschaltet wird.

Selbst wenn wir unseren Kartenkurs, berichtigt um Missweisung, Ablenkung und Vorhaltewinkel einwandfrei fliegen, werden wir aber voraussichtlich doch nicht unser fernes Ziel erreichen, falls wir keine Kriterien für die Abtrift finden, die aus ungenauer Kenntnis des Windvektors resultiert — mit Höhe, Ort und Zeit hat ja der Wind gewechselt und die Meteorologen können ihn ja nicht überall messen. Bei Sicht ist die überflogene und nach der Karte «ausgemachte» Gegend dieses Kriterium, beim Flug in oder über den Wolken müssen wir ein anderes Mittel finden, um das Bezugssystem «Boden» einzuführen. Dieses Mittel ist die *Funkpeilung* in ihrer einfachsten Form, die Bestimmung der Richtung zum Sender mit Hilfe eines richtungsempfindlichen Empfangsantennensystems. Liegt der Peiler am Boden und der Sender im Flugzeug, dann sprechen wir von «Fremdpeilung», im umgekehrten Fall von «Eigenpeilung». Im Friedensluftverkehr wird vorwiegend die *Fremdpeilung* benutzt, für die Europa eine tadellos spielende internationale Organisation besass, die nicht nach der Nationalität des Flugzeuges fragte. Der Funkverkehr für Anforderung der Peilung, Peilzeichen, Nachrichtenaustausch zwischen den Peilstationen und Übermittlung des Peilergebnisses erfolgte mit dem Q-Code, der Weltausprache des Flugfunks, und die Fremdpeilung hatte folgende Vorteile: Keine Störung des Abhörens zum Suchen des Peilminimums durch das Motorengeräusch, Möglichkeit den gefürchteten «Nachteffekt» auszuschalten (siehe später).

Auch im Kriege spielt die Fremdpeilung noch für die wenigen Luftverkehrslinien, die vom überflogenen Land gewünscht werden; auch hier wird aber sparsam mit der Peilhülfe umgegangen, weil jeder Sender auch vom Feind als Bombenziel angepeilt werden kann (zum Bodenpeiler gehört ja auch ein Sender, zum Peilnachrichtenaustausch mit dem Flugzeug). Dass feindlichen Flugzeugen keine Peilhülfe gegeben wird, ist klar; ein Kriegsflugzeug wird sich aber sogar von den eigenen Peilstationen nicht gerne peilen lassen, weil es während seiner Peilzeichen auch vom Feinde angepeilt werden kann, der dadurch seinen Weg vorausbestimmt und die Abwehr vorbereitet. Heute ist also *Eigenpeilung* nötig, während sie im europäischen Friedensluftverkehr nur nebenbei benutzt wurde, z. B. als «Zielpeilung» (s. unten) oder zur Entlastung der Bodenpeiler. Während ein Bodenpeiler gleichzeitig nur ein Flugzeug zu bedienen imstande ist, kann ja ein bodenfester Sender im selben Moment von beliebig vielen Flugzeugen angepeilt werden. Solche Bodensender sind nun entweder besondere Funkfeuer oder einfach an sich bestehende Rundfunksenden (Morsezeichen übermittelnde Sender sind schwerer anzupreisen). Die Funkfeuer sind natürlich im Kriege meist ausser Betrieb gesetzt, bzw. man benutzt den Ort wechselnde fahrbare Feuer nur dann, wenn sie bei eigenen Fernangriffen zur Navigation nötig sind. Zwei Peilungen gegen die Endpunkte einer einigermassen quer zur Peilrichtung gelegenen Basis geben ja den Flugzeugort an; Kenntnis des Ortes bedeutet die Möglichkeit, die Windversetzung zu bestimmen, daraus den

Windvektor zu rechnen und mit diesem weiter zu navigieren, selbst wenn man aus dem Peilbereich gegen die eigenen Funkfeuer hinaus ist. Deutschland kann derzeit seine Funkfeuer in einem sehr grossen Gebiet aufstellen, z. B. an beliebige Orte der europäischen Nordküste setzen, also für alle Flüge über Europa günstige Peilbasen erzielen und seinen Bombenangriffen navigatorische Hülfe bieten. Grossbritannien ist für Flüge in einigermassen südlicher Richtung ungünstiger gestellt, denn es hat fast keine ost-westliche Querausdehnung, und Russland ist zu weit als Basispunkt. Es ist also begreiflich, dass die Schweiz ihre Rundfunksende um 22 Uhr abstellt, da sie sonst eine gute Ziel- und Eigenpeilmöglichkeit für Flüge in einigermassen südlicher Richtung gäben. Auch die Verdunklung muss navigatorische Hülften verhindern, die der Neutralität widersprechen würden: Mit Rückwärtspeilung auf eigene Sender können die Windelemente erlogen werden; bevor die Schweiz erreicht ist, haben diese aber erheblich geändert, sodass das Flugzeug über unserem Lande hundert Kilometer und mehr seitlich abgekommen sein kann. Erkennt es dann überflogene schweizerische Ortschaften, so hat es nicht nur einen neuen sicheren Ausgangspunkt für die «gegissete» Navigation (nach Kurs einschliesslich Vorhaltwinkel, Fluggeschwindigkeit und Zeit) gewonnen, sondern aus der ermittelten Abtrift auch neue Windelemente bestimmt, die dem weiteren Navigieren zugrundegelegt werden können.

Rückwärtspeilung spielt nun im Kriege auch eine Rolle für die Luftverkehrsnavigation. So musste z. B. die schweizerische Linie von Barcelona nach Locarno für die lange Seestrecke ganz auf die Peilung des Funkfeuers Barcelona abstellen, da kein italienischer oder französischer Sender half. Während das Anfliegen eines vorausliegenden Senders mit Zielpeilung auch bei unbekanntem Wind ans Ziel bringt — wenn auch ohne besondere Vorsichtsmassnahmen mit dem Umweg der «Hundekurve» — gibt jede Rückwärtspeilung den Winkel null, wenn nur die Flugzeugaxe durch den Peilsender geht. Für den Flugkapitän bedeutet es also eine erhebliche Rechnung, trotzdem den Kurs bei dem unbekannten Windvektor auf Grund der Peilung zu berichtigten. Um die Windelemente herauszubekommen, und nach Verlassen des Rückwärtspeilbereiches sie weiter zu benützen, muss er die Entfernung vom Peilsender auf Grund eines kurzen Fluges einigermassen quer zur Kursrichtung bestimmen. Die Veränderung der Peilwinkel gibt ihm dann die Möglichkeit, seinen Ort festzulegen und daraus den Windvektor auszurechnen — überhaupt bedeutet dieser Querflug die Möglichkeit, gegen nur einen Peilsender Ortsbestimmungen vorzunehmen.

Neben der Fremd- und Eigenpeilung, bzw. der Zielpeilung als vereinfachtem Spezialfall der letztgenannten, gibt es nun noch die *Mischpeilung*. Eine Abart derselben, die bisher der Flugnavigation der Vereinigten Staaten zugrunde lag, ist die Verwendung von Richtfunkfeuern statt rundstrahlender Funkfeuer. Bei diesen fliegt die Maschine in einem Richtstrahl und hört (bzw. sieht auf einem Anzeigegerät), auf welche Seite sie von diesem Strahl abweicht. Alle Hauptluftverkehrslinien sind in den USA mit einer Kette von Richtfunkfeuern ausgestattet, die die Leuchtfelder des Nachtfluges ergänzen. Letztgenannte sind ja gerade dann unnütz, wenn keine Bodensicht vorhanden ist, also Navigationshülfen besonders wichtig werden. Diese Richtfunkfeuer haben für die Fernnavigation aber erhebliche Nachteile gezeigt; sie zwingen ja auf die direkte Flugstrecke und geben ausserhalb dieser keine Hilfe. Oft würden aber kleine Umwege ermöglichen, gefährlichen Wettersituationen auf der Strecke auszuweichen, z. B. Vereisungszonen, Gewittern, Hagelschlag. Weiter haben diese Richtfunkfeuer in Amerika die Piloten so verwöhnt, dass sie die abstrakte Navigation verlernten bzw. nicht lernten; auch dort wird nun zu Fremd- und Eigenpeilung übergegangen, wenn auch in Ergänzung zu den Funkbakenketten.

Die zweite Abart der Mischpeilung sind die auch in Europa eingeführten *Radiokompass*. Bei diesen dreht der Strahl des Senders (bei Mittelwellen aus radioelektrischen Gründen meist ein Minimum statt Maximum) mit bekannter Umlaufgeschwindigkeit. Beim Durchgang durch Nord erfolgt ein besonderes Signal, sodass auch ein Flugzeug mit gewöhnlichem Empfänger die Richtung zum Sender bestimmen kann — aus dem Zeitintervall zwischen Nordzeichen und Strahldurchgang. Diese Drehfunkfeuer können im Prinzip auch nachteffektfrei gemacht werden.

Der *Nachteffekt* ist bisher der grösste Feind der Eigenpeilung, während er für die Fremdpeilung durch besondere Peilantennenanordnungen beseitigt werden kann (Adcockpeiler); für Gebrauch im Flugzeug ist die räumliche Ausdehnung der Adcockantennen zu gross. Ursache des Nachteffektes ist, dass nachts mittlere und kurze Wellen von der etwa 100 km über

Boden befindlichen Heavisideschicht reflektiert werden. Im normalen Peilrahmen wird also sowohl die waagrecht einfallende (zu peilende) Bodenwelle wirksam, als auch die schräg einfallende Raumwelle, die nachts auf grössere Entfernung stärker ist. Selbst in der die Peilrichtung (bezw. die Senkrechte dazu) ergebenden Minimumstellung wird also von der schräg einfallenden Raumwelle eine elektromotorische Kraft im Peilrahmen induziert, sodass falsch oder garnicht gepeilt werden kann. Der Nachteffekt ist also der Feind des nächtlichen Luftverkehrs mit Eigenpeilung; leider hat er trotzdem den Nachtbombenangriff nicht unmöglich gemacht, sondern nur dessen Gefahr für den Angreifer erhöht.

Im Luftverkehr muss unser Flugkapitän aber nicht nur so fliegen, dass er ans Ziel kommt, sondern er muss dieses auch rechtzeitig und wirtschaftlich erreichen. Geschwindigkeitssteigerung ist für Flugzeuge möglich durch aerodynamische Verfeinerung, durch Erhöhung der Motorleistung und durch Einhalten der günstigsten Motorbetriebsbedingungen und der günstigsten Flughöhe. Die aerodynamische Verfeinerungsmöglichkeit ist bei modernen Verkehrsflugzeugen praktisch schon fast voll ausgenützt; die Erhöhung der Motorleistung ist unwirtschaftlich, während der *Flug mit günstigsten Motorbetriebsbedingungen und die Bestimmung der für die betreffende Flugstrecke günstigsten Höhe* Sache des Flugkapitäns ist. Grundsätzlich nimmt die Fluggeschwindigkeit mit der Höhe entsprechend der Wurzel aus dem Luftdichtevehältnis zu, während die Motorleistung dank dem Vorverdichter moderner Flugmotoren bis zu einer gewissen Höhe zunimmt, um darüber ebenfalls zu sinken. Für wirtschaftlichen Flug zählt aber nicht nur der Brennstoffverbrauch, sondern auch die Schonung des Motors, die dessen Lebensdauer und die Zeitspannen zwischen den teuren Revisionen erhöht. Zwischen Geschwindigkeit, Luftdichte, Motordezahl, Gebläsedruck und Ansauglufttemperatur bestehen komplexe Beziehungen, die nur in komplizierten Diagrammen dargestellt werden können. Die wirtschaftlichste Flughöhe und die zugehörigen Daten des Motorbetriebes müssen nun aus diesen Diagrammen bestimmt werden, wobei die Länge der Strecke insofern grossen Einfluss hat, als das Steigen auf die an sich wirtschaftlichste Höhe sich für kurze Strecken nicht lohnt, da der dabei in Kauf zu nehmende Geschwindigkeitsverlust nicht mehr durch das Schnellerwerden beim Heruntergehen mit Motorleistung ausgeglichen wird. Dazu kommt der Einfluss des wechselnden Windes, aufzuholender Verspätungen von Anschlüssen usw. Wissenschaftliche Betriebsführung im Luftverkehr kann nun jährlich Summen sparen, die einen erheblichen Prozentsatz des Aktienkapitals der Flugunternehmung ausmachen; sie verlangt aber ingeniermässiges Rechnen, das über die Möglichkeiten des best vorgebildeten Flugkapitäns während des Fluges hinausgeht. Infolgedessen werden für jede Strecke vereinfachte Betriebsdiagramme errechnet, in denen alle diejenigen Grössen schon eingeführt sind, die für die betreffende Flugstrecke ständig gelten. Aus diesen Streckendiagrammen kann der Flugkapitän die jeweiligen interessierenden Betriebsdaten herauslesen, wenn er die Variablen (Windverhältnisse, aufzuholende oder zuliegbare Zeit, Vereisungshöhe usw.) einführt. Auch diese Diagramme sind noch so kompliziert, dass sie erhebliche technische Schulung des Anwenders voraussetzen.

Ausser den Aufgaben der bisher besprochenen direkten Navigation und der wirtschaftlichen Flugzeugführung muss der Flugkapitän aber auch den Forderungen der *meteorologischen Navigation* genügen. Stürme bedeuten heute keine Gefahr mehr, bei Gegenwind aber so grossen Zeitverlust, dass sich Umwege lohnen, bei denen der Gegenwind geringer ist, ja selbst Rückenwind auftritt. Je geringer die Eigengeschwindigkeit im Verhältnis zur Windgeschwindigkeit ist, desto grössere Bedeutung erhält die meteorologische Navigation; die «langsamsten» Luftschiffe flogen über den Atlantik oft doppelte Strecke, um den Umweg links um das Tief mit helfenden statt Gegenwinden auszunützen. Gewitter bedeuten heute weniger direkte Blitzgefahr als Funkstörungen, die die Navigation erschweren, gelegentlich sogar verunmöglichen. Nebel ist dann gefährlich, wenn tiefer als umliegende Bodenhindernisse geflogen werden muss — also besonders vor der Landung. Die diese Gefahr bannenden Mittel der Bodenorganisation werden nachher noch kurz besprochen. Hagel kann Zerstörungen am Flugzeuge anrichten. Vereisung wird heute möglichst durch «atmende Eintrittskanten» bekämpft, die die Eiskruste fortwährend abbrechen. Nicht das Gewicht des Eises bedeutet die Gefahr, sondern die Störung der aerodynamisch richtigen Form, d. h. die Erhöhung des Luftwiderstandes, die bei extremer Vereisung die zum Schweben nötige Motorleistung bis über die vorhandene steigern kann. Das beste Mittel ist aber, den Vereisungszonen waagrecht auszuweichen, oder —

wo nicht möglich — diese so rasch vertikal zu durchstossen, dass sich gar nicht gefährlich viel Eis bilden kann. Meteorologische Kenntnisse, Streckenerfahrung der Besatzung und gute Steiggeschwindigkeit der Maschine sind also wichtig.

Nun handelt es sich für den Flugkapitän aber nicht nur darum, so zu fliegen, dass er sicher und wirtschaftlich den Zielort erreicht, er muss auf dessen Flughafen auch sicher *landen*, d. h. sicher zwischen den dann unvermeidlichen Bodenhindernissen hindurch hinunterkommen, ausschweben und aufsetzen, was dann Schwierigkeiten bietet, wenn die Wolken bis nahe an den Boden reichen, oder gar Bodennebel herrscht<sup>2)</sup>. Falls die Wolkenhöhe über Grund mehrere hundert Meter beträgt, genügen die normalen Peilverfahren; bei rd. 100 m Wolkenhöhe muss das «zz-Verfahren» einspringen, eine raffinierte Sonderorganisation der Fremdepeilung. Bis zu 30 bis 50 m Wolkenhöhe (je nach Verhältnissen des Zielflughafens) können «Landefunkfeuer» verwendet werden, die nur eine Waagrechtleitung ergeben; es sind dies Richtfunkfeuer wie die schon vorher besprochenen, meist unter Verwendung von Ultrakurzwellen. In vertikaler Richtung erfolgt der Abstieg dabei nach dem «Sinkgeschwindigkeitsverfahren»: In bestimmter Entfernung von der Einflugperipherie wird das radioelektrische Vorsignal empfangen, dessen Ultrakurzwellensender nach oben eine «Wand» strahlt. Dieses Vorsignal wird in Sollflughöhe angeflogen; aus Entfernung, Höhe und zugefundenen Windverhältnissen errechnet sich die nötige Sinkgeschwindigkeit, die nach dem Variometer einzuhalten ist. Da die barometrischen Höhenmesser auch auf Bodenluftdruckänderungen ansprechen, wird der augenblickliche Bodenluftdruck (QFE) dem landenden Flugzeug zugefunkt, sodass der Pilot seinen Höhenmesserindex auf die betreffende Zahl stellt, wonach das Gerät die richtige Höhe über Grund zeigt. Die akustischen und radioelektrischen Echolate haben, trotz aller Fortschritte, für das Sinkgeschwindigkeitsverfahren noch nicht befriedigt. Ein Hauptsignal, unmittelbar vor der Flugplatzperipherie, gibt das letzte Abstandszeichen; häufig ist auch ein «Vorvorsignal» vorhanden. Wo die «Einflugschneise», d. h. die radioelektrisch wie beschrieben gesicherte Anflugstrecke, zwischen nahe beieinanderliegenden Hindernissen hindurchführt, wird sie für die letzten 1 bis 3 Kilometer durch eine Lichtschneise ergänzt. Diese besteht aus einer Kette von den Nebel gut durchdringenden «Feuern» (z. B. Natriumdampfleuchten) auf der Schneise, zweckmäßig auf Stangen, deren Höhe allmählich bis zur Hindernishöhe der Einflugperipherie abnimmt. Wenn dann in der Landepiste selbst die Lichtschneise durch passende, im Boden versenkte Feuer verlängert wird, und sehr grosse Ausschwebe- und Ausrollänge zur Verfügung steht, gelingt auch das Landen bei vollem Bodennebel. Dieses wurde im bisherigen Luftverkehr noch wenn irgend möglich vermieden, weil die beschriebenen vollständigen Installationen und Ausmasse meist fehlten. Häufig mussten die Flugzeuge daher einen Ausweichplatz anfliegen, auf dem gerade wenigstens kein voller Bodennebel vorhanden war.

In neuerer Zeit wird die Waagrechtleitung der Landefunkbake durch eine Senkrechtleitung ergänzt, d. h. statt einer senkrechten Leitebene ist ein «Gleitweg» zu strahlen, gewissermassen ein hochfrequenztechnisch in den Raum gestrahltes «Rohr», in dem das Flugzeug hinunterrutscht. Hauptschwierigkeit ist, dass dieses Rohr gradlinig sein soll, weil sonst an den Piloten zu schwierige Anforderungen gestellt werden; diese gradlinige Bündelung ist aber nur mit sehr hohen Frequenzen erreichbar, deren praktische Verwendung erst in letzter Zeit möglich wurde.

Die Blindlandeinrichtungen lassen sich heute also technisch ziemlich vollkommen gestalten, trotzdem bleiben die Anforderungen an die Hindernisverhältnisse der etwa 25 km langen Landeschneise und an die Platzlänge in Blindlanderichtung noch so, dass sie sich in der Schweiz für Flughäfen nahe der grossen Städte kaum erfüllen lassen. Der Autor hat daher die Schaffung eines schweizerischen Grossflugplatzes<sup>3)</sup> angeregt, der für Basel, Bern und Zürich gemeinsam dienen könnte — für Fernlinienverkehr als einziger Platz, auf dem grösste und schnellste Maschinen bei allen Wetterverhältnissen verkehren könnten, für Nahlinien als Ausweichflughafen, wenn die Sichtverhältnisse auf dem Stadtflughafen die sichere Landung verunmöglichen. Voraussetzung wäre ein rascher Zubringerdienst, z. B. mit Trieb-

2) Vgl. den Stand von 1928: Techn. Einrichtungen der Flugplätze von R. Gsell in SBZ Bd. 91, S. 305.

3) Siehe «Strasse und Verkehr» Nr. 20, 1941, wo der Verfasser auch Zeichnungen zu den hier beschriebenen Funk-Einrichtungen gibt.

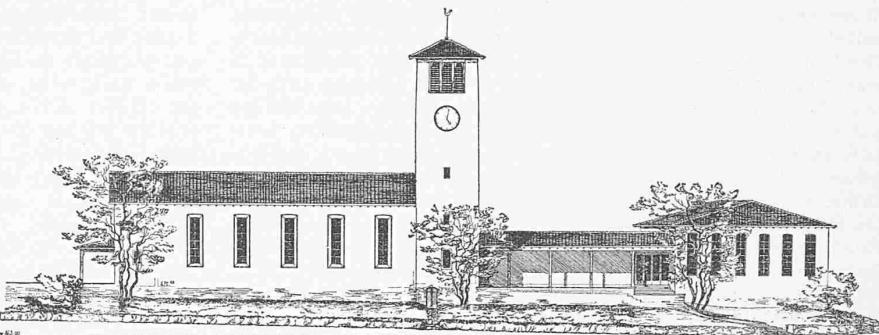


Abb. 1. Nordostseite der geplanten Kirche Zürich-Friesenberg an der Schweighofstrasse, rechts der (schon ausgeführte) Gemeindesaal. — Arch. MÜLLER & FREYTAG, Zürich/Thalwil

wagen vom Hauptbahnhof bis zum Zentralflughafen mit Abfertigung im Wagen. Auch dann bleibt aber der Zeitverlust so gross, dass der flugplanmässige Verkehr nur auf Grossdistanz in Betracht kommt.

Diese Blindlandeverhältnisse spielen noch in einer andern Beziehung in die Flugplatzpolitik hinein: Die Flugpläne sollten so entworfen sein, dass sie auch bei ungünstiger Wetterlage einhaltbar sind, also auch bei vernebeltem Zielflughafen, wenn die Blindlandeschneise benutzt werden muss. Beim heutigen System erfordert eine Blindlandung rd. eine Viertelstunde, sodass ein Verkehrsflughafen flugplanmässig kaum vier Maschinen stündlich bei Bodennebel oder geringer Wolkenhöhe aufnehmen kann. Auch wenn die «Wartefunkfeuer» eingeführt werden, sind immer noch sieben bis acht Minuten für jede Landung nötig, sodass kaum mehr als sieben Maschinen stündlich heruntergelöst werden können.

Wir sind nun scheinbar etwas von unserem Thema abgewichen; es handelt sich aber auch hier um Probleme der Flugzeugführung und Navigation: Bisher musste das wartende Flugzeug in Nähe des Blindlandschneisen-Anfangspunktes kreisen, was (unter Berücksichtigung der Windversetzung und des betreffs Kompassfehler gesagten) navigatorisch keine einfache Aufgabe war und die Bodenpeilstelle erheblich belastete. Trotzdem war nicht erreichbar, dass das Flugzeug sich jeweils genau am Abstiegsbeginn befand, wenn es «drankam», d. h. das ersehnte Zeichen «QGP 1» erhielt; die Schneisenausnutzung wurde dadurch weiter beschränkt.

Das Wartefunkfeuer besteht in einem rundstrahlenden Mittelwellen-Funkfeuer geringer Reichweite, das mit dem Zielpeiler angeflogen wird. Am gleichen Ort steht ein Ultrakurzwellenfunkfeuer, das einen senkrechten Trichter strahlt. Der Pilot fliegt nun in der (gegen Kollisionsgefahr mit andern wartenden Maschinen) von der «Verkehrskontrolle» befohlenen Höhe unter Leitung durch das Landefunkfeuer solange über der Schneise hin und her, bis er erfährt, dass er bald «drankommt» (Empfang der Gruppe QGP 2). Da ihm beim Überfliegen des Wartepunktfreiertrichters dessen Signal den Ort genau anzeigt, kann er sein Hin und Her so einrichten, dass er sich am Ausgangspunkt befindet, wenn die Reihe des Abstiegs an ihm ist.

Der vorstehende Aufsatz hat sich bemüht, die zahlreichen Probleme anzudeuten, die heute im Verkehrsflug für den Flugzeugführer auftauchen. Diese Probleme sind, wie der Leser wohl erfuhr, so komplex, dass im gegebenen engen Rahmen nur ein Begriff vermittelt werden konnte, was heute von einem Flugkapitän verlangt werden muss. Möge die Aufgabe, diesen Begriff zu vermitteln, einigermassen erfüllt sein.

## Massnahmen zur Erhöhung der Produktion der Wasserkraft-Elektrizitätswerke

Der Schweiz. Bundesrat hat in seiner Sitzung vom 10. Febr. bezügliche Massnahmen beschlossen, von denen wir nachfolgend den ersten Artikel wörtlich abdrucken:

«Art. 1. Das eidgenössische Post- und Eisenbahndepartement wird ermächtigt, von sich aus oder auf Gesuch der Werke alle Massnahmen anzuordnen, um die Energieerzeugung der bestehenden Wasserkraft-Elektrizitätswerke zu erhöhen. Es ist insbesondere ermächtigt: a) den provisorischen Höherstau bei Laufkraftwerken anzuordnen; b) die Wasserabgabe für Fischtreppen vorübergehend zu beschränken oder einzustellen; c) die Wassermengen, die konzessionsgemäss in genutzten Gewässerstrecken zu verbleiben haben, vorübergehend zu beschränken oder ganz wegfallen zu lassen; d) die provisorische Zuleitung von nicht konzessioniertem Wasser zu gestatten; e) die Stauerhöhung