Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 49 (1958)

Heft: 3

Artikel: Elektronische Probleme beim Bau des internationalen Flughafens Basel-Mülhausen

Autor: Hofstetter, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058504

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: 10.12.2025

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

49e année N° 3 Samedi, le 1 Février 1958

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

ORGANE COMMUN
DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS (ASE) ET
DE L'UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS)

Elektrotechnische Probleme beim Bau des internationalen Flughafens Basel-Mülhausen

Von *H. Hofstetter*, Basel

621.3 : 656.71(44 + 494)

Der Autor behandelt einige Probleme, die sich bei der Installation von elektrischen Einrichtungen der Befeuerungs- und Radioanlagen beim Flughafen Basel-Mülhausen gestellt haben. Viele neue Ideen sind dabei verwirklicht worden, z. B. die Konstruktion überrollbarer unterirdischer Verteilstationen in Pisten und Rollwegen und die Verlegung des grössten Teils der Kabel in ein Netz von Zementröhren mit betonierten Lampenschächten. Im weiteren ist die neuartige Konstruktion der hochintensiven Lampen der Blindlandepiste, welche das Ändern des Ausstrahlungswinkels durch leichtes Auswechseln der Reflektoren gestatten, zu erwähnen und im besonderen das Kommandopult, weil es die maßstäbliche Pisten- und Rollwegführung enthält. Die Schalter, welche die Befeuerung steuern, sind direkt im Pistenbild eingebaut, was Fehlschaltungen fast gänzlich ausschliesst.

L'auteur expose quelques-uns des problèmes qui se sont présentés à l'aéroport de Bâle-Mulhouse au sujet de différentes installations électriques et les dispositifs de la signalisation lumineuse. De nombreuses dispositions nouvelles ont été appliquées à cette occasion, par exemple la construction des postes de distribution pour le balisage à proximité immédiate des feux correspondants et la pose de la plupart des câbles dans un réseau de tuyaux en ciment. De plus la mise en place, pour la piste radiophare, de feux à haute intensité de construction spéciale, permettant le réglage de l'angle du faisceau lumineux, par déplacement du réflecteur et enfin, le pupitre de commande est à mentionner tout particulièrement, car il comporte le dessin des pistes et voies de circulation. En outre, les interrupteurs commandant le balisage sont fixés directement sur le tableau, ce qui rend les fausses manœuvres pratiquement impossibles.

1. Einleitung

Der Flugplatz Basel-Mülhausen ist ein Gemeinschaftswerk der beiden Nachbarländer Schweiz und Frankreich. In einem Staatsvertrag zwischen der französischen Regierung und dem Schweizerischen Bundesrat wurden darüber am 4. Juli 1949 die getroffenen Vereinbarungen unterzeichnet. Da der Bau und Betrieb von Flughäfen Sache der Kantone ist, übernahm der Kanton Basel-Stadt, als Initiant dieses Werkes, gegenüber dem Bundesrat alle Verpflichtungen.

Nach dem Staatsvertrag erhält Basel auf französischem Boden einen Flughafen. Der Beitrag Frankreichs an diesen Flughafen besteht darin, dass die französische Regierung den erforderlichen Boden zur Verfügung stellt; die Kosten des Ausbaues hingegen gehen ganz zu Lasten der Schweiz, bzw. des Kantons Basel-Stadt, wobei der Bund eine angemessene Subvention daran leistet. Nach Abschluss der zwischenstaatlichen Vereinbarungen wurde eine öffentliche Unternehmung unter dem Namen «Flughafen Basel-Mülhausen» gegründet mit Sitz in Blotzheim im Elsass.

Der Flughafen selbst liegt in der elsässischen Hochebene zwischen Blotzheim und dem Rhein, ungefähr 5 km von der Basler Stadtgrenze entfernt. Er hat in der Nord-Südlage eine Blindlandepiste von 2370 m Länge und 60 m Breite und in der Ost-Westrichtung eine Querpiste von 1600 m Länge, mit allen dazu gehörenden Rollwegen und Abstellplätzen. Die ganze Flughafenanlage ist seit Mitte 1954 fertiggestellt und dem Betrieb übergeben. Was noch fehlt, ist der Flughof. Die Abfertigung der Flugpassagiere wird gegenwärtig in provisorischen Gebäuden vorgenommen. Auch der Kommandoturm ist vorläufig noch provisorisch untergebracht.

Nach dieser allgemeinen Orientierung sollen nun in der Folge einige elektrotechnische Probleme besprochen werden, die sich beim Bau dieser Flughafenanlage gestellt haben.

2. Die Energieversorgung

Eine absolut sichere Energielieferung ist das erste Gebot für einen Flughafen. Dieser Forderung wurde beim Flughafen Basel-Mülhausen besondere Beachtung geschenkt. Die Speisung erfolgt aus drei ganz unabhängigen Versorgungsgebieten mittels dreier Hochspannungsleitungen von 6000 V, 50 Hz (Fig. 1). Die erste Zuleitung kommt vom 6 km entfernten Rheinkraftwerk Kembs der «Electricité de France». Eine zweite Leitung steht mit dem französischen Versorgungsgebiet des «Doubs» in Verbindung und eine dritte mit demjenigen des Elektrizitätswerks Basel. Die beiden ersten Leitungen sind Hochspannungs-Freileitungen bis in unmittelbare Nähe des Flughafens, während diejenige von Basel unterirdisch als Kabelleitung verlegt ist. Aus Sicherheitsgründen sind auf dem Flughafenareal zwei örtlich voneinander getrennte Hochspannungstransformatoren-Stationen errichtet worden, eine davon unterirdisch (Fig. 2). Jede dieser Stationen

ist im Störungsfalle in der Lage, die gesamte Leistung des Flughafens sofort zu übernehmen. Eine Hochspannungsleitung von 6000 V und weitere Niederspannungskabel verbinden die beiden Hauptstationen miteinander. Die Hochspannungsleitungen aus den Netzgebieten der «Electricité de France» enden in der einen Station, diejenige von Basel in der andern. Die Energielieferung erfolgt normalerweise aus dem Netzgebiet des Kraftwerks Kembs. Fällt diese Versorgung aus irgend einem Grunde aus, so schaltet sich die Speiseleitung aus dem Versorgungsgebiet des «Doubs» innert 4 s automatisch ein. Wird auch diese Energiezuführung unterbrochen, so übernimmt das Netz von Basel nach einer Umschaltzeit von 8 s die Energieversorgung des Flughafens. Ein totaler Unterbruch in der Elektri-

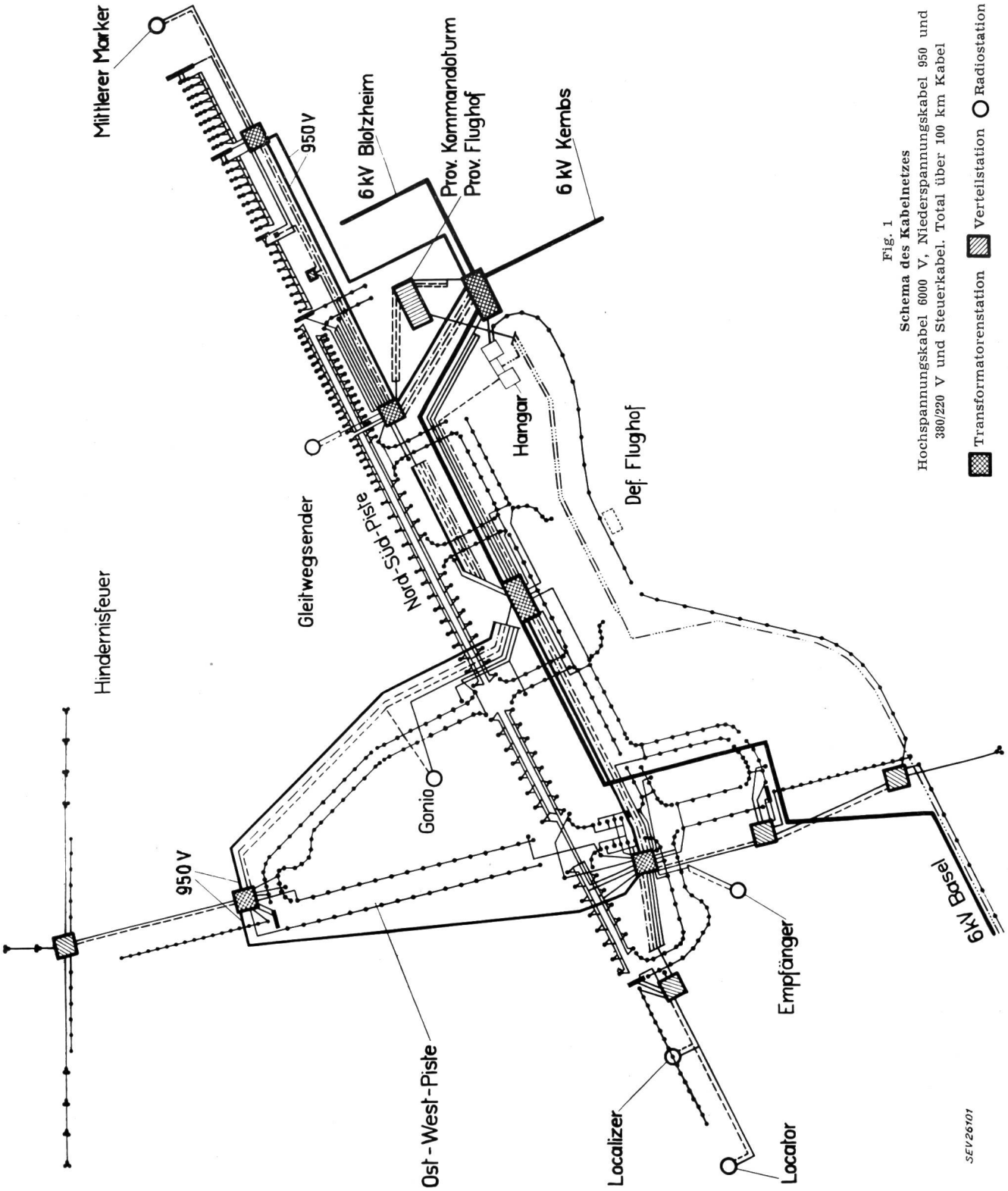

Fig. 1
Schema des Kabelnetzes
Hochspannungskabel 6000 V, Niederspannungskabel 950 und 380/220 V und Steuerkabel. Total über 100 km Kabel

Transformatorenstation ▨ Verteilstation ▨ Radiostation

zitätslieferung ist seit der Betriebsaufnahme bisher auf Grund dieser weitgehenden Sicherung noch nie eingetreten.

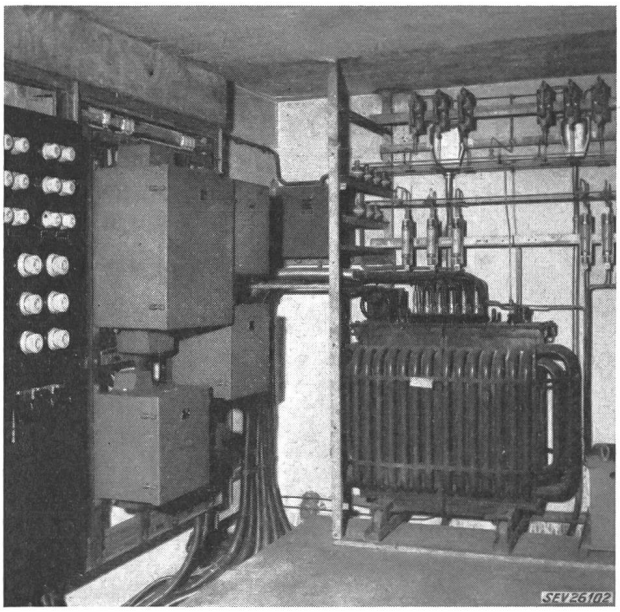

Fig. 2
Unterirdische Transformatoren- und Verteilstation mit Anzapftransformator und Schaltschützenkasten

Von diesen beiden Haupt-Transformatorenstationen aus werden alle elektrotechnischen Einrichtungen des Flughafens mit Elektrizität versorgt. Die Belieferung der Bureaux, Werkstätten, Hallen, Warteräume, Hangars und des Restaurants mit Elektrizität stellte in installationstechnischer Hinsicht keine besonderen Probleme und wird deshalb im Rahmen dieser Betrachtungen nicht näher besprochen. Dagegen trat bei der Einrichtung der elektrischen Flugsicherungsanlagen eine ganze Anzahl von Problemen auf, die zum Teil ganz neuartig gelöst wurden. Schon die Versorgung der Pisten- und Rollwegbeleuchtungen ist auf etwas ungewohnte Art gelöst worden, indem als Zubringer-Spannung zu den einzelnen Sekundär-Transformatoren-Stationen 950 V gewählt wurde. Dieser Spannungswert ist gemäss den schweizerischen Vorschriften als Niederspannung gewertet, die Grenze liegt bei 1000 V. Dadurch bestand die Möglichkeit, sämtliche Kabel, also auch diejenigen für 380/220 V und die der Steuerung, welche mit einer Gürtelisolation für eine Prüfspannung von 4000 V ausgerüstet sind, in die gleichen Rohrstränge einzuziehen. Auf dem ganzen Flughafenareal wurden für diesen Zweck in jeder Richtung Zementrohrstränge von 25 cm Durchmesser verlegt (Fig. 3). Diese sind zusätzlich mit einem Betonüberzug versehen, damit beim Abtreiben eines Flugzeuges von der Piste ein solches Rohr nicht einbrechen kann. Zur Verteilung der Energie an die Pisten-, Rollweg-, Signal- und Anfluglichterketten sind vier unterirdische Sekundär-Transformatorenstationen und zwei Verteilstellen errichtet worden. Bei der Placierung dieser Stationen wurde ein ganz neuer Weg eingeschlagen:

Fig. 3
Zementrohrleitung mit Lampenkasten
Rechts eine Pistensperrleuchte mit einer grünen und zwei roten Lampen

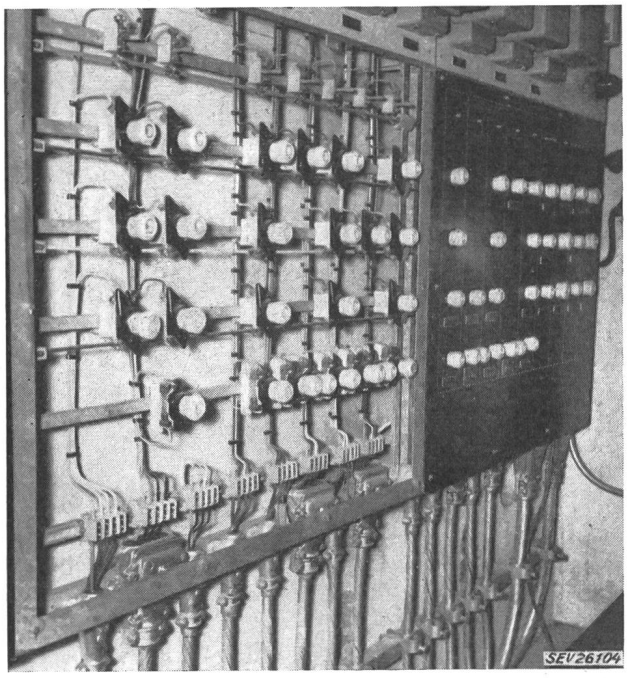

Fig. 4
Sicherungsverteilung in einer unterirdischen Transformatorenstation mit entfernter Abdeckung

Alle diese Stationen sind in unmittelbarer Nähe der Pisten (ca. 5 m) angelegt und mit überrollbaren Dächern für 45 t Raddruck versehen. Diese Anordnung ergab gegenüber der üblichen Placierung der Verteilstationen, ausserhalb der 150 m betragenden Sicherheitszone ab Pistenrand, eine enorme Einsparung an Kabelleitungslängen.

Zu den erwähnten Sekundärtransformatorenstationen führen 950-V-Ringleitungen, so dass jede Station von zwei Seiten aus gespiesen werden kann. Die Sekundär-Transformatoren reduzieren die Spannung von 950 V auf 380/220 V. Bei der Blindlandepiste sind noch weitere Spannungs-Anzapfungen angebracht und zwar für 274/161, 202/119, 122/72 und 65/38 V, entsprechend der stufenweisen Einschaltung der hochintensiven Beleuchtung. Jeder Station

ist ein Versorgungssektor zugeteilt mit sehr weitgehender Unterteilung der Beleuchtungsgruppen. Alle Sicherungen, Schaltschütze und Steueranlagen sind in diesen unterirdischen Transformatorenstationen untergebracht (Fig. 4 und 5). Über einen Einstiegschacht kommt man in einen Vorraum der Transformatorenstation, die mit einer Blechtüre verschlossen ist. Der Schachtdeckel ist ebenfalls überrollbar und lässt sich mit einem Rollgestell zum Einstieg öffnen (Fig. 6). Die Lüftung der Stationen erfolgt auf natürlichem Wege mittels 4 Entlüftungsröhren, die etwa 30 cm über den Boden vorstehen. Eine automatisch regulierte, elektrische Heizausrüstung sorgt für gleichmässige Erwärmung und ständige Trocknung der Luft. Diese Einrichtung hat sich sehr gut bewährt; die Stationen sind sauber und trocken geblieben.

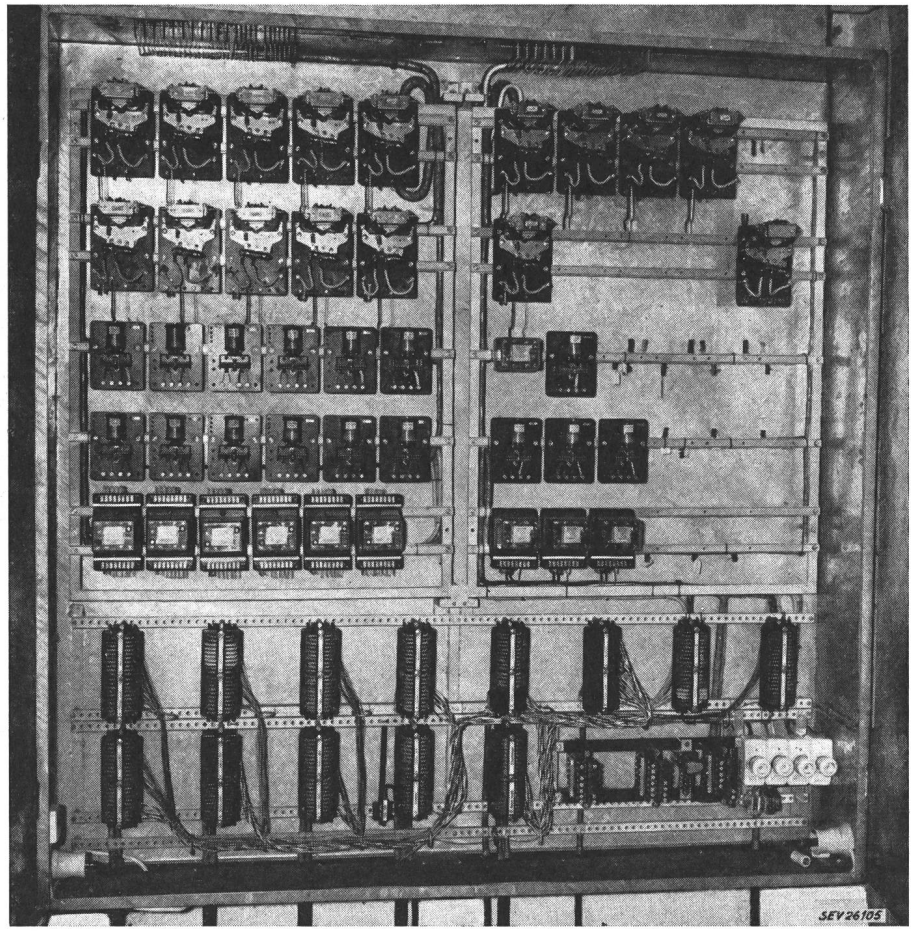

Fig. 5
Steuerrelaiskasten in einer unterirdischen Transformatorenstation

Sämtliche verlegten Kabel sind Papierbleikabel mit Flachdrahtarmierung. Sie wurden mit Traktoren in die Zementrohrleitungen eingezogen. Im ganzen sind rund 100 000 m Kabel verlegt worden.

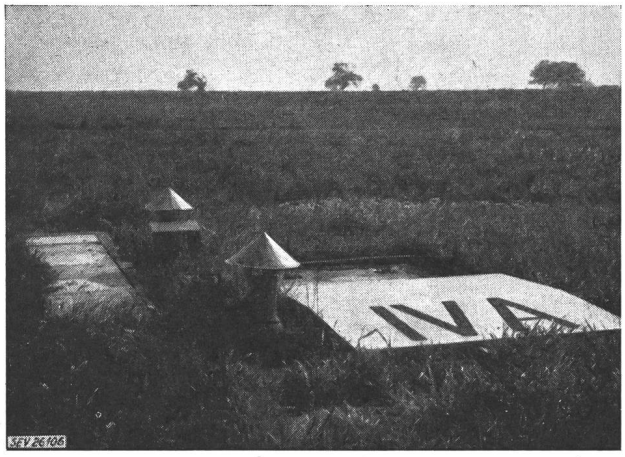

Fig. 6
Einstieg in eine unterirdische Transformatoren- und Verteilstation
mit schiebbarem Überrolldeckel und Entlüftungsröhren. Beim hinteren Entlüftungsrohr befindet sich ein Blechkasten mit Steckern für Starkstrom und Telephon

Die Zementrohrleitungen haben sich schon wiederholt dadurch als sehr vorteilhaft erwiesen, als für Erweiterungen nachträglich nötig gewordene Kabel rasch und ohne störende Grabarbeiten nachgezogen werden konnten.

3. Die Befeuerungseinrichtungen

Auf beiden Seiten der Pisten und Rollwege sind in Abständen von je 50 m zur Markierung bei nächtlichen Landungen Beleuchtungsarmaturen angebracht. In der sogenannten Kontaktzone der Blindlandepiste, im Norden, beträgt der Lampenabstand auf einer Strecke von 600 m sogar nur 25 m. Die Befeuerung der Ost—West-Piste und aller Rollwege erfolgt durch normale Pistenleuchten (Fig. 7). Diese bestehen aus einem Gussfuss, in welchem ein feuerverzinktes Rohr von 1″ Durchmesser und ca. 50 cm Länge mit einer Sollbruchstelle eingeschraubt ist. Am obern Rohrende ist für die Tagesmarkierung eine Metallschiene aufgesetzt, darüber eine Lampenfassung und ein leicht auswechselbares Abdeckglas. Als Abschluss der ganzen Leuchte ist eine Metallkappe mit 4 Drahtspitzen angebracht, damit die Vögel nicht auf die Lampen sitzen können. Unter dem Schirm, am Standrohr befestigt, befindet sich ein Sicherungselement 1×15 A + 0 für die Lampe. Die Pisten-Leuchten sind einheitlich mit 40-W-Glühlampen bestückt und besitzen im mittleren Teil der Piste weisse Abschlussgläser. Auf einer Strecke von

je 600 m in der einen und anderen Richtung ist die Farbe der Abdeckgläser zu einer Hälfte weiss, zur anderen gelb. Auf diese Weise wird der letzte Teil der Piste durch die gelben Pistenlampen markiert.

Fig. 7
Normale Pistenleuchte in ihre Bestandteile zerlegt
Orangefarbene Tagesmarkierung, Ständer mit Sicherung und Fassung, farbiges Einsatzglas, Abdeckung aus Klarglas (Holophangläser) und Abschlussdeckel mit Spitzen, um das Absitzen der Vögel zu verhindern

Die Rollwegleuchten sind dagegen mit blauen Gläsern ausgerüstet. Ähnliche Leuchten, nur etwas niedriger und mit kleineren Lagemarkierungsschirmen sind auf den beiden Stirnseiten der Ost—West-Piste aufgestellt. Diese sogenannten Schwellenfeuer sind abwechslungsweise mit roten und grünen Glä-

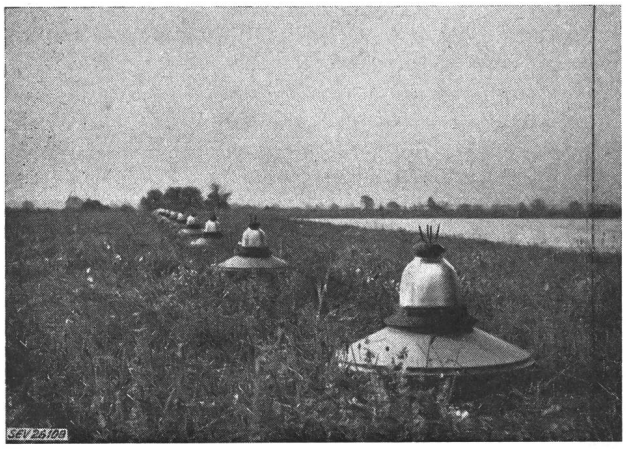

Fig. 8
Normales Schwellenfeuer der Ost—West-Piste

sern versehen und mit 60-W-Lampen bestückt (Fig. 8).

Die Markierung der Mittellinie in der Verlängerung der Ost—West-Piste und der Blindlandepiste auf der Südseite erfolgt durch Lichterketten von je 17 Lampen auf Holzmasten. Auch diese Leuchten entsprechen in der Ausführung den Pistenleuchten, nur ist hier die Tagesmarkierung weggelassen worden. Der Lampenabstand beträgt 30 m. Dort, wo ein Rollweg an einer Piste anschliesst, sind überall auf der linken Seite des Rollweges (gegen die Piste gesehen) Signalleuchten aufgestellt. Diese sind in einem Blechkasten untergebracht und bestehen aus zwei roten und einem grünen Signallicht. Das rote Licht sperrt den Durchgang auf die Piste und hat

Fig. 9
Hochintensives Schwellenfeuer am Anfang der Blindlandepiste

zur grösseren Sicherheit zwei Lampen, während das grüne die Einfahrt freigibt und nur aus einer Lampe besteht.

Zur Befeuerung der Blindlandepiste sind wesentlich kompliziertere Einrichtungen notwendig, bei deren Ausführung verschiedene neue Aufgaben zu lösen waren. Zunächst mussten die hochintensiven Pistenleuchten neu entwickelt werden (Fig. 9). Es gab zwar zu jener Zeit schon solche Leuchten, doch konnten diese den gestellten Forderungen

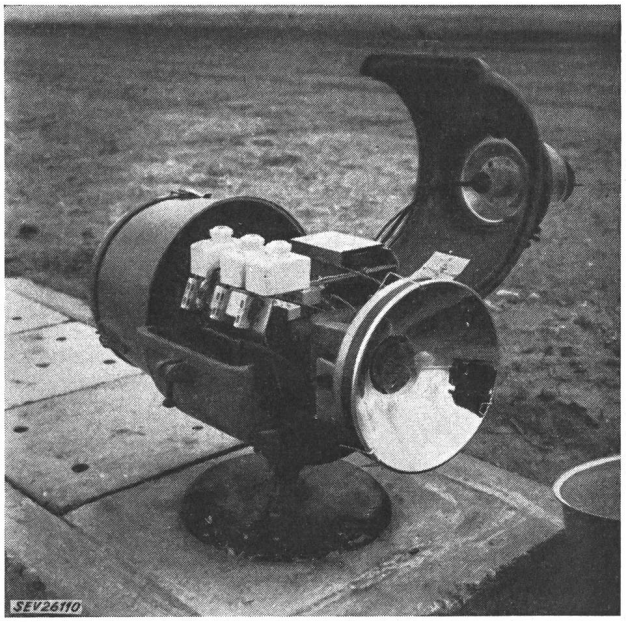

Fig. 10
Geöffnete hochintensive Pistenleuchte
mit zwei Scheinwerfersystemen und einem Oblicht für normale Beleuchtung

nicht genügen. Die beim Flughafen Basel-Mülhausen verwendeten Leuchten sind eine Neukonstruktion. Wie bei den normalen Pistenlampen ist auf einem Gussfuss ein Standrohr, Durchmesser 1″, mit einer

Sollbruchstelle eingeschraubt. Auf dieses Rohr ist das Lampengehäuse aufgesetzt. Darin sind drei getrennte Beleuchtungssysteme eingebaut. Oben ist zunächst die Normalbeleuchtung für Landungen bei guter Sicht angebracht. Sie entspricht in ihrer Ausführung der normalen Pistenlampe. Im unteren Teil des Lampengehäuses hat es zwei Scheinwerfersysteme mit Parabolspiegeln für 250- oder 500-W-Projektionslampen (Fig. 10). Der Lichtausstrahlungswinkel kann mittels leicht einsetzbarer Distanzringe auf 5°, 10° oder 15° eingestellt werden. Die beiden Scheinwerfersysteme lassen sich ausserdem in der horizontalen und vertikalen Richtung nach Graden mit besonderen Anzeigevorrichtungen ein- und verstellen. Die Lampenspannung beträgt 24 V. Der notwendige Transformator 220/24 V ist im Lampengehäuse untergebracht, ebenso ein Umschaltrelais mit Quecksilberwippe und drei Sicherungselemente für die drei Glühlampen. Die Abschlussgläser vor den Scheinwerferlampen können leicht ausgewechselt werden. Die Scheinwerfer auf beiden Seiten der Blindlandepisten sind mit Klarglas abgedeckt, mit Ausnahme derjenigen an den Enden der Pisten in der Einflugrichtung, welche auf einer Länge von 600 m mit gelben Gläsern versehen sind. Die Pistenschwellen sind ebenfalls mit je 18 solcher Scheinwerfer markiert, und zwar in Richtung des Einfluges mit grünen und in Richtung gegen die Piste mit roten Gläsern. Die Oblichter sind abwechslungsweise rot und grün gehalten.

In der Verlängerung der Blindlandepiste gegen Norden befindet sich die hochintensive Anfluglichterkette. Sie entspricht weitgehend dem sog.

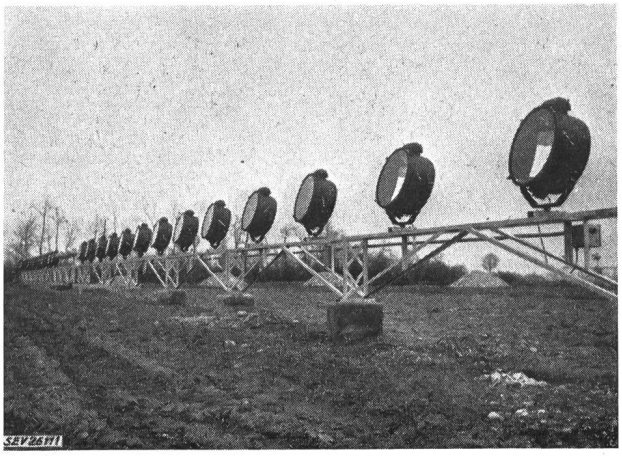

Fig. 11
Erster hochintensiver Beleuchtungsquerbalken
(900 m vor dem Pistenanfang)
mit 26 Scheinwerfern, jeder bestückt mit einer Projektionsglühlampe von 2000 W

«Calvertsystem». Auf einer Länge von 900 m sind in Abständen von je 30 m hochintensive Leuchten montiert, wie solche für die Blindlandepiste verwendet werden. Auf den ersten 300 m vom Pistenrand entfernt ist je eine Leuchte angebracht; bei den zweiten 300 m je zwei Leuchten und bei den letzten 300 m drei, in einem Abstand von je 1,5 m. In 300, 600 und 900 m Distanz vom Pistenanfang befinden sich ausser der Zentrallinie sogenannte Querbalken (Fig. 11). Der erste ist mit zwölf hochintensiven Scheinwerfern mit Lamellenspiegel und 1000-W-Projektionslampen aus speziellem Hartglas ausgerüstet. Der zweite weist 18 gleiche Scheinwerfer auf von je 1500-W-Lampen; der dritte ist mit 26 Scheinwerfern von je 2000-W-Lampen bestückt. Die Lichtausstrahlung dieser Scheinwerfer ist rechteckig und beträgt beim ersten Querbalken von der Piste aus gesehen 16° horizontal und 6° vertikal, beim mittleren Balken 18° und 7° und beim letzten und stärksten Querbalken 20° und 8°. Die maximale Lichtstärke in candela oder in internationalen Kerzen ausgedrückt beträgt 142 800 cd (140 000 int. b) [1]) bzw. 224 200 cd (210 000 int. b) bzw. 204 000 cd (200 000 int. b) bei voller Spannung. Die Feststellung, dass die Lichtstärke der äussersten Lichtquerbalken trotz stärkerer Bestückung kleiner ist als diejenige des mittleren Balkens hat ihren Grund darin, dass der Öffnungswinkel wesentlich grösser ist.

Die Pistenlampen ergeben bei der Bestückung mit 500-W-Lampen eine maximale Lichtstärke von 367 200 cd (360 000 int. b) bei einem Öffnungswinkel von 5°. Bei 10° beträgt diese 224 200 cd und bei 15° 81 600 cd. Die Schwellenfeuer und das äusserste Drittel der zentralen Anfluglichterkette sind auf 5° Ausstrahlungswinkel eingestellt. Auf der Piste sind die Leuchten der ersten 600 m in Richtung des Anflugs auf 15° eingestellt, alle übrigen auf 10°. Sämtliche hochintensiven Scheinwerfer sind auf verschiedene Stufen einstellbar, und zwar für eine Lichtausstrahlung von 1 %, 3 %, 10 %, 30 %, 60 % und 100 %. In den erwähnten unterirdischen Transformatorenstationen stehen die Transformatoren mit den entsprechenden Spannungsanzapfungen. Für jede Lichtstärkegruppe sind die entsprechenden Schaltschützegruppen vorhanden (vgl. Fig. 2).

Sämtliche Lampen der Flughafenbefeuerung sind parallel angeschlossen. Diese Schaltung bietet für Erweiterungen und Änderungen der Befeuerungsanlagen grössere Freizügigkeit als die Serieschaltung. Es lässt sich auch bei dieser Anordnung eine bessere Unterteilung der Leuchten auf mehrere Sicherungsgruppen vornehmen, wobei im vorliegenden Falle höchstens 12...18 Scheinwerfer an einem dreiphasigen Stromkreis angeschlossen sind. Des weitern sind die Anschlüsse so aufgeteilt, dass jede Leuchte abwechslungsweise an einer anderen Phase angeschlossen ist. Bei einem allfälligen Defekt fallen durch diese weitgehende Unterteilung jeweils nur wenige Leuchten aus, so dass der Betrieb nicht stark beeinträchtigt wird. Die Behebung von Störungen muss auch nicht sofort ausgeführt werden; sie kann z. B., wenn eine solche Störung während der Nacht passiert, auf den nächsten Tag verschoben werden. Die Kabel zur Versorgung der Leuchten mit Energie liegen der Piste entlang, zum grössten Teil in den erwähnten Zementröhren. Bei jeder Leuchte befindet sich ein Zementschacht mit 4 überrollbaren Zementdeckeln (Fig. 12). Auf einem der Deckel ist der vorerwähnte Gussfuss der Leuchten festgeschraubt. Unten im Schacht liegen die Abzweigdosen und die Kabelendverschlüsse. Von die-

[1]) 1 cd (Candela) ≈ 0,98 int. b (internationale Kerze).

sen Dosen aus erfolgt der Anschluss an die Leuchte mittels flexibeln Kabels und Steckerkupplung. Wird eine solche Leuchte von einem Flugzeug angefahren, so löst sich die Steckerkupplung, was eine klare elektrische Trennung ergibt. Auf diese Weise wird vermieden, dass Funken an der Trennstelle stehen bleiben können und das allfällig ausfliessende Benzin eines havarierten Flugzeuges entzünden. Diese Anordnung hat sich sehr gut bewährt, nur entstanden anfänglich etwelche Schwierigkeiten wegen in die Kupplungen eindringender Feuchtigkeit. Durch Abdichten der Steckerverbindung mit einer Spezialpaste (Rhodersil) konnte dieser Nachteil vollständig behoben werden. Im übrigen hat sich die umfangreiche Kabelverteilanlage mit den vielen Abzweigstellen als äusserst robust und solid erwiesen. Nach mehrjährigem Betrieb sind ausser dem Ersatz von Glühlampen und Auswechseln von angefahrenen Pistenlampen bisher keinerlei Störungen aufgetreten. Kürzlich vorgenommene Isolationsmessungen haben ergeben, dass die Isolationswiderstände unverändert geblieben sind, so dass mit keinen Störungen zu rechnen ist.

Die Scheinwerfer der hochintensiven Anfluglichterkette (vgl. Fig. 11) sind auf Einheitseisengestellen montiert (System «Meccano»), die in jeder beliebigen Kombination zusammengesetzt oder auseinander genommen werden können.

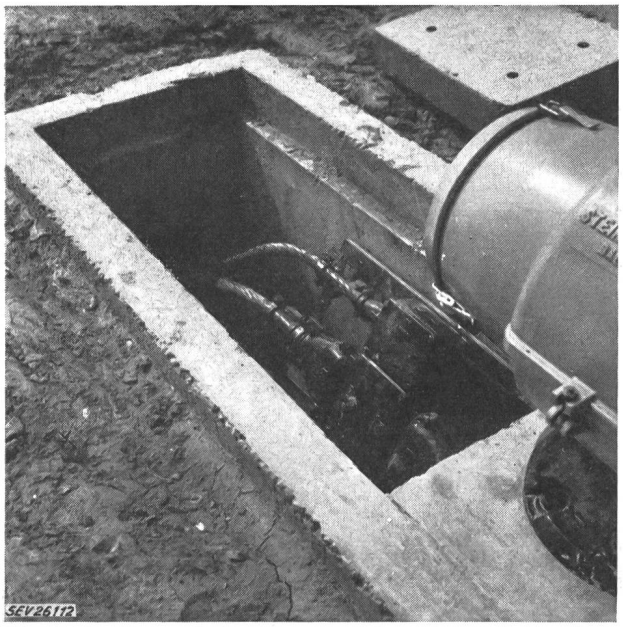

Fig. 12
Lampenschacht mit Abzweigkasten aus Gusseisen und mit Kabelendverschlüssen auf Eisenrahmen montiert

Als weitere Befeuerungseinrichtung ist die Markierung der umliegenden Hindernisse zu nennen. Elf rotblinkende Neonfeuer zeigen in der Nacht und bei trübem Wetter den Flugzeugen die gefährlichen Hindernisse an (Fig. 13). Jedes dieser Feuer besteht aus drei 1 m langen Plexiglasrohren mit je 4 m Neonrohr von 100 W Leistung. Die Leuchten sind auf Masten montiert. Weil diese Feuer ebenso wichtig sind wie die übrige Pistenbefeuerung, sind sie an das Verteilnetz des Flughafens angeschlossen, wodurch deren Betriebssicherheit den übrigen Einrichtungen gleichgestellt ist.

An allen insgesamt 650 Pisten-, Rollweg- und Signalleuchten ist am Fusse ein Schild angebracht. Darauf ist ersichtlich, von welcher Transformatorenstation aus die Energielieferung erfolgt, ferner die

Fig. 13
Hindernisfeuer mit 3 Plexiglasnadeln, in welchen rotleuchtende Neonröhren eingelegt sind
Leistung total 300 W

Nummer des betreffenden Zuführungskabels und schliesslich die Nummer der betreffenden Leuchte. Diese Markierungen haben sich bei Kontrollen, Messungen und bei notwendigen Abschaltungen sehr gut bewährt und ermöglichen ein rasches und sicheres Handeln.

4. Landehilfen

Die radiotechnischen Landehilfen werden gleich wie die Beleuchtungsanlagen zum grössten Teil von den erwähnten unterirdischen Sekundär-Transformatorenstationen aus versorgt. Die Zufüh-

Fig. 14
Anzeigeapparatur der Gonio-Peilanlage im Kommandoturm

rungskabel sind wie alle andern Kabel in die erwähnten Zementröhren eingezogen. Auch hier hat man nur zugarmierte Papierbleikabel verwendet, die auf der ganzen Länge mit Traktoren eingezogen

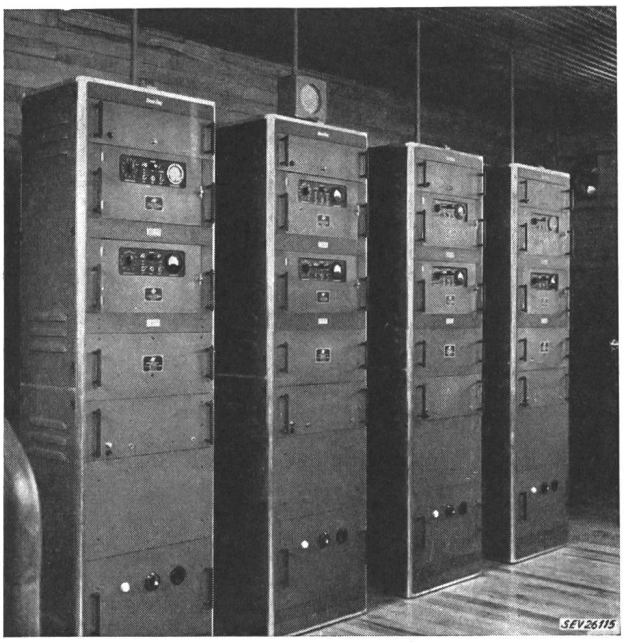

Fig. 15
Kurzwellenempfänger für die drahtlose Sprechverbindung Boden—Luft

wurden. An das Netz des Flughafens sind die Kurzwellen-Peilanlage (Gonio) (Fig. 14), ein Hilfsfunkfeuer am Südende der Blindlandepiste, die Kurzwellensender sowie die Empfangsanlage, bestehend aus 4 Sendern auf dem Kommandoturm (Fig. 15) und 4 Empfängern in einem separaten Häuschen (Fig. 16), 2,5 km vom Turm entfernt, und schliesslich 3 Sender der ILS-Anlage (Instrument-Landing-

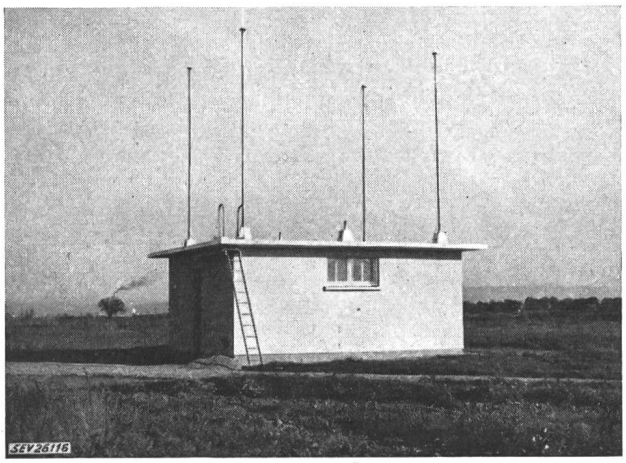

Fig. 16
Empfängerhäuschen mit den 4 Empfangsantennen

System) angeschlossen. Darunter befindet sich der Leitstrahlsender für die Horizontalnavigation (Localizer) (Fig. 17), der Gleitwegsender für die Vertikalnavigation und der Vorsignalsender (Mittlerer Marker) 1070 m vor dem nördlichen Anfang der Blindlandepiste. Schliesslich sind noch das Tonbandregistriergerät für 14 Kanäle (Fig. 18), die zahlreichen Fernschreiber und der Starterwagen (Fig. 19), der an vielen Stellen der Piste angeschlos-

Fig. 17
Kurzwellen-Leitstrahlsender für die Horizontalnavigation mit den 5 Ausstrahlantennen unter Plexiglas

sen werden kann, mit der sicheren Energieversorgung des Flughafens verbunden. Nur zwei Sendeanlagen sind von anderen Versorgungsnetzen aus bedient: der Hauptsignalsender mit dem Rufzei-

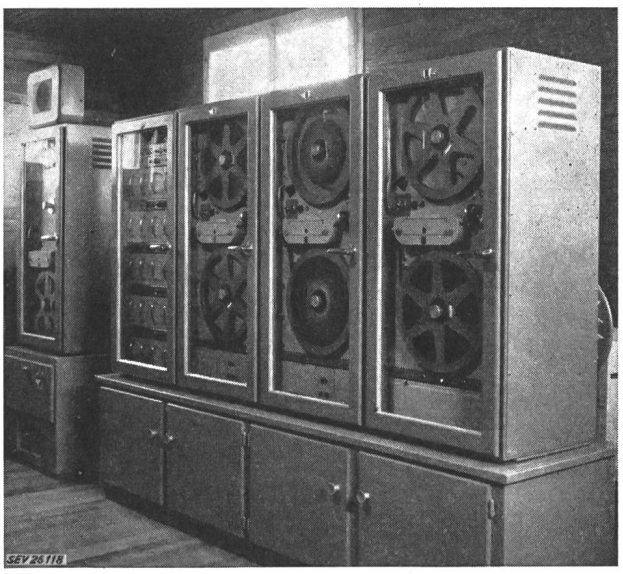

Fig. 18
Bandregistrierapparat mit 14 Kanälen für die Aufzeichnung aller Gespräche der Kontrolleure im Kommandoturm, mit Zeitregistrierung
Laufzeit 3 × 12 h. Links das Abhörgerät

chen HEY in Hochwald auf dem Gempenplateau in der Schweiz und der Vorsignalsender der ILS-Gruppe in Sierentz (Fig. 20), mit dem Rufzeichen

BN (Bâle nord), 8 km nördlich des Flughafens, in Frankreich. Weil der zweite Sender zur wichtigsten Blindlandehilfe gehört, wäre ein Versagen bei Energieunterbruch sehr peinlich. Aus diesem Grunde ist diese Sendeanlage mit einer Akkumulatorenbatterie und einem Notstromaggregat ausgerüstet. Fällt die Energielieferung aus, so schaltet sich die Akkumulatorenbatterie ein und treibt einen Gleichstrom-Wechselstromumformer an, der den Sender mit der nötigen Energie versorgt. Bleibt das dortige Verteilnetz länger als 3 h ausgeschaltet, muss jemand vom Flughafen nach Sierentz fahren und die benzin-elektrische Notstromgruppe in Betrieb nehmen, bis die Energieversorgung wieder normal ist. In den allermeisten Fällen ist der Unterbruch nur kurzzeitig, so dass der Sender wieder automatisch auf Netzbetrieb zurückschaltet.

Fig. 19
Geöffneter Starterwagen mit Sitzplatz für den Kontrolleur
Unten sind die beiden Kabelrollen für die Anschlüsse an das Starkstrom- und an das Telephonnetz zu sehen

Der Hauptsignalsender in Hochwald hat keinerlei Reserve-Einrichtungen und fällt bei einem Netzunterbruch aus, was bei diesem Sender in Kauf genommen werden kann, da er nicht direkt am Landemanöver beteiligt ist.

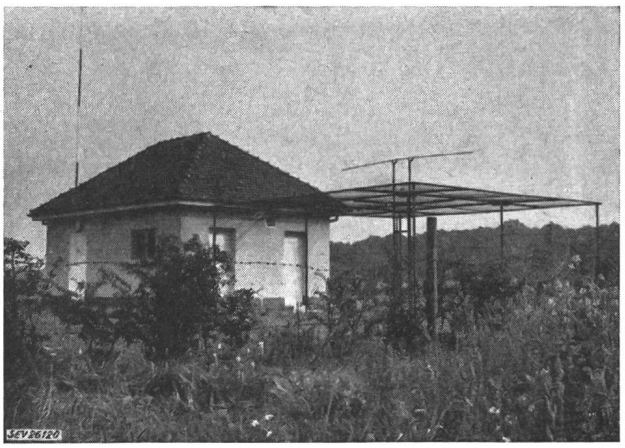

Fig. 20
Funkfeuer Sierentz
links: Rundstrahlsendemast für Mittelwellen, *im Vordergrund:* Ultrakurzwellen-Antenne für den Markierungssender

Alle vorbeschriebenen Einrichtungen werden mit Ausnahme der beiden letzten Sender vom Kommandoturm aus ferngesteuert. Auf dem Flughafengebiet ist ein umfangreiches Steuernetz mitverlegt worden. Als Steuerquelle dient eine Akkumulatorenbatterie von 300 Ah mit einer Klemmenspannung von 48 V. In Anbetracht der höchsten Sicherheit beim Steuern von Start- und Lande-Einrichtungen auf dem Flughafen wurde hier die Einzel-Drahtschaltung für jeden Steuervorgang gewählt. Desgleichen gehen alle Rückmeldungen über separate Adern, und zwar sind diese jeweils nach der Sicherung der betreffenden Scheinwerfer-Signallampen und Radiosender abgenommen. Es gibt für die Steuerung solcher Anlagen vielerlei Schaltungen, die bei Anwendung gewisser Kniffe oder Wählapparaturen mit weniger Steuerdrähten auskommen. Im vorliegenden Fall wurde jedoch der sichersten Lösung der Vorzug gegeben. Im Steuernetz sind je eine Anzahl Adern für das interne Telephonnetz eingelegt worden, so dass alle Verteilstationen telephonisch unter sich und mit dem Kommandoturm verbunden sind.

Das Steuerpult (Fig. 21) befindet sich im Kommandoturm und ist als Leuchtschaltbild 90×52 cm ausgebildet. Die Schaltelemente sind im Pistenbild eingesetzt und zwar hat jede Piste einen Schalter für die normale Befeuerung. Die Schaltergriffe sind als Pfeil ausgebildet und werden beim Einschalten der Lichtanlage in diejenige Stellung gebracht, in

welcher das Flugzeug landen soll. Beim Einschalten der Pistenbefeuerung werden gleichzeitig auch die entsprechenden Anfluglichter in Funktion gesetzt sowie die Schwellenlichter am Anfang der Piste grün, am Ende rot, und schliesslich blinken sämtliche Hindernisleuchten auf. Die blauen Rollwegleuchten sind in Teilstücken separat einschaltbar; es werden immer nur diejenigen Teilstücke beleuchtet, die das Flugzeug auf die richtige Rollbahn leiten müssen. Die grünen Signallampen dürfen nur dann eingeschaltet werden, wenn ein Flugzeug die Bewilligung zum Kreuzen der Piste oder zum Ansetzen zum Start erhält.

5 Helligkeitsstufen einschalten. Bei Einstellung des Schalters der hochintensiven Beleuchtung in der Richtung nach Norden werden die gleichen Funktionen ausgeführt, nur bleibt die hochintensive Anfluglichterkette im Norden ausgeschaltet, und die normale Anflugkette im Süden wird eingeschaltet. Der Operateur im Kommandoturm kann mit den Regulierschaltern die von den Flugzeugführern gewünschte Helligkeit der Scheinwerfer einstellen.

Auf dem Pult sind weiter die Signallampen der Hindernisfeuer und roten Markierungslichter der Gebäude, ferner die Einschaltung für die Beleuchtung des «Lande-T» und des Windsackes, fer-

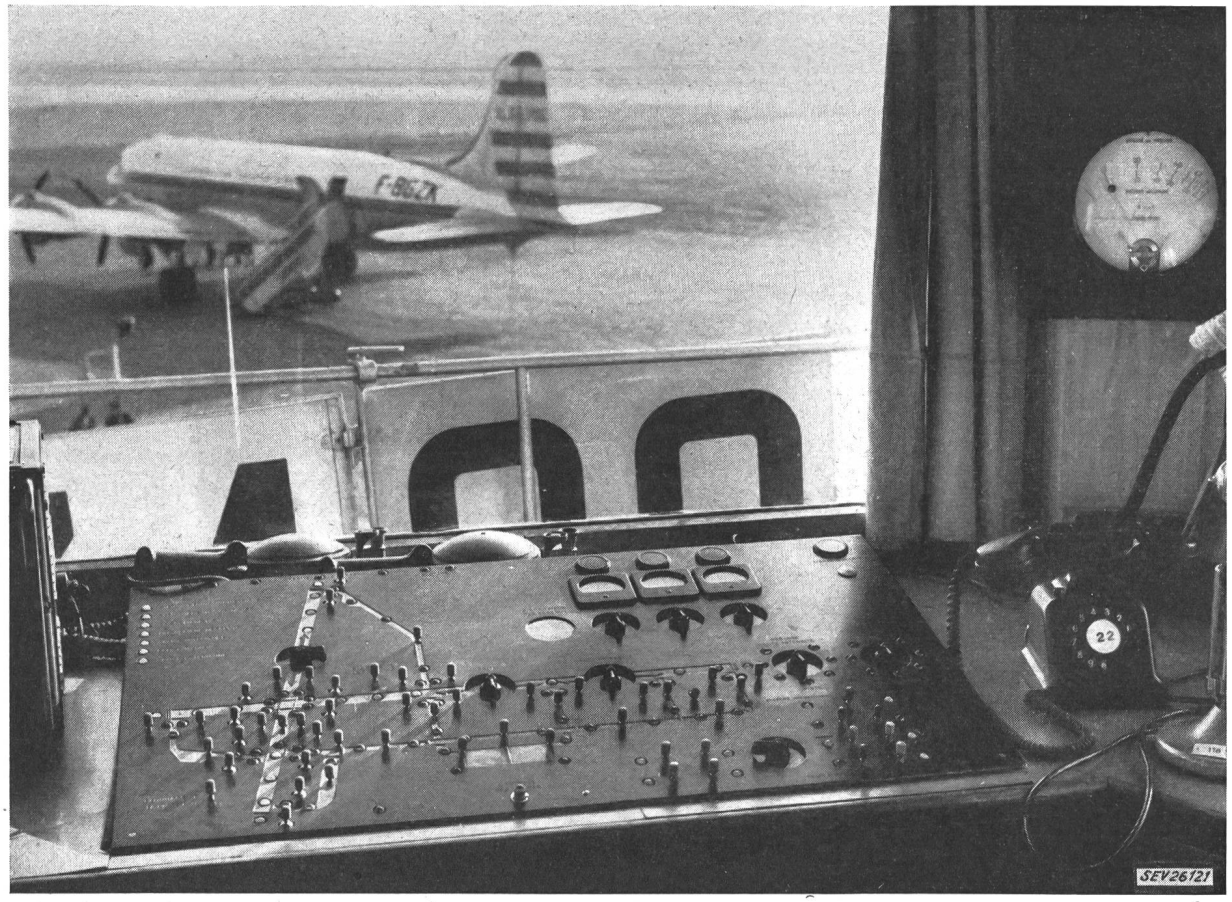

Fig. 21
Leuchtschaltpult im Kommandoturm für die gesamte Pistenbefeuerung mit Blick auf den Flugzeugabstellplatz

Für die Beleuchtung der Blindlandepiste sind 4 Schalter im Schaltbild der Piste eingebaut. Der erste Schalter dient für die normale Beleuchtung. Es kann damit die eine oder andere Landerichtung wie bei der Ost—West-Piste eingestellt werden. Ein zweiter Schalter ist ein Vorbereitungsschalter für die hochintensive Beleuchtung, wobei dieser ebenfalls für die zwei Landerichtungen Nord—Süd und Süd—Nord einstellbar ist. Bei der Einstellung in Richtung nach Süden werden die Hindernisfeuer eingeschaltet, ausserdem wird die hochintensive Pistenbeleuchtung ohne die hochintensive Anfluglichterkette zur Einschaltung vorbereitet. Mittels zwei Regulierschaltern lassen sich nun die Pistenscheinwerfer mit den Schwellenfeuern und die hochintensive Anfluglichterkette getrennt auf die

ner der Regulierschalter für die Einstellung des «Lande-T» in die verlangte Landerichtung gebracht. Die Signallampen der Radiostationen zeigen an, ob die Energielieferung in Ordnung ist. Die Sender selbst werden mit anderen Apparaten kontrolliert. Beim Einbau des Kommandopultes im definitiven Kommandoturm ist zusätzlich ein Schalter für die Ein- und Ausschaltung der 3 Hochspannungsnetze mit Anzeigelampen und Voltmetern vorgesehen.

Die ganze Anordnung dieses Schaltpultes ist so einfach und sinnfällig, dass sich jedermann sofort zurechtfindet und Fehlschaltungen ausgeschlossen sind. Die übersichtliche Aufteilung hat sich bei Personalwechsel sehr bewährt, indem neu eingestellte Turmkontrolleure nach ganz kurzer Instruktion das Schaltpult zuverlässig bedienen konnten.

Als weiteres Hilfsmittel für die Überwachung des Flugbetriebes verfügt der Kommandoturm über einen Starterwagen. Der Wagen ist ein kleiner, fahrbarer Kommandoturm. Er besitzt eine Sende- und Empfangsanlage für 4 Kanäle und kann mit dem Turm in einem grossen Umkreis Verbindung aufnehmen, nötigenfalls auch mit den Flugzeugen. Für den Kontrolleur ist eine verstellbare Plexiglaskuppel eingebaut, die bei schönem Wetter geöffnet werden kann. Der Kontrolleur sitzt etwas erhöht auf einem Drehstuhl und hat vor sich ein Pult mit allen notwendigen Einrichtungen wie Radio-Sende- und Empfangsanlage, ein Telephon, je einen grünen und roten Handscheinwerfer für die Signalgebung an die Sportflugzeuge. Der Wagen kann an zahlreichen Stellen auf dem Flughafengelände an das Telephonnetz und an die Energieversorgung mittels Kabelrollen und Steckanschlüssen angeschlossen werden. Eine mit Thermostat regulierte Heizeinrichtung sorgt im Winter für die notwendige Wärme. Des weiteren ist eine Lautsprecheranlage eingebaut, mit welcher Anweisungen an das Bodenpersonal und an das Publikum bei Meetings und allfälligen Unfällen abgegeben werden können. Auf der Rückseite des Wagens sind zwei starke Scheinwerfer mit rotem bzw. grünem Glas angebracht. Bei sehr schlechtem Wetter wird den Flugzeugen mit grünem Licht von der Piste bis auf den Abstellplatz der richtige Weg mit dem Starterwagen vorgezeigt; beim Aufleuchten des roten Lichtes muss das Flugzeug anhalten.

Die Telephonanlagen im Flughafen Basel-Mülhausen sind wesentlich komplizierter als anderswo. Entsprechend dem internationalen Charakter des Flughafens muss die telephonische Verbindung nach zwei Ländern mit direkten Anschlüssen möglich sein. Es mussten daher aus verschiedenen Gründen drei getrennte Telephonnetze eingerichtet werden: ein internes Netz für alle Dienststellen, ein französisches Netz mit Anschlüssen nach Frankreich und ein Netz nach der Schweiz, bzw. nach der Haupttelephonzentrale Basel. In der etwa 5 km langen Zufahrtsstrasse von Basel nach dem Flughafen wurde ein gemeinsames Telefonkabel für die Anschlüsse nach Frankreich und nach der Schweiz mit 112 Adernpaaren verlegt. Ein Teil dieser Adern wird auf der Strecke abgezweigt und führt in die Telephonzentrale von St-Louis in Frankreich, der Rest davon nach Basel.

5. Schlussbemerkungen

Die technischen Einrichtungen auf dem Flughafen Basel-Mülhausen sind in enger Zusammenarbeit mit den französischen und schweizerischen Dienststellen errichtet worden, vorwiegend von den Organen der Luftämter von Frankreich und der Schweiz. Massgeblich waren dabei auch die Richtlinien und die Empfehlungen der «Organisation de l'aviation civile internationale» (OACI).

Die gesamten technischen Einrichtungen und Installationen haben sich bisher gut bewährt. Verschiedene Male musste bei starkem Ausweichverkehr die hochintensive Beleuchtung stundenlang ununterbrochen auf höchste Beleuchtungsstärke eingeschaltet bleiben, ohne Schaden zu erleiden. Irgendwelche nennenswerte Störungen sind in der 3jährigen Betriebszeit nicht vorgekommen. Es zeigte sich auch, dass die Unterhaltsarbeiten der Anlagen äusserst gering sind und von einem einzigen Monteur besorgt werden können.

Adresse des Autors:
H. Hofstetter, Inspektor der Installations-, Zähler- und Beratungsdienste des Elektrizitätswerkes Basel, Basel.

Die elektrischen Eigenschaften und Anwendungen der Transistoren

Von *F. Winiger*, Zürich

621.314.7 : 621.375.4

Der vorliegende Artikel beschreibt das elektrische Verhalten von Halbleiterverstärkern. Mit Beschränkung auf den wichtigsten Typ, den Flächentransistor, werden seine Eigenschaften mit jenen der Elektronenröhre verglichen. Es werden zunächst die statischen Charakteristiken beschrieben und gleichzeitig die Grenzen von Aussteuerung, Strom, Spannung und Leistung, sowie der Einfluss der Temperatur diskutiert. Für die Anwendungen wird zwischen Niederfrequenz-, Hochfrequenz- und Impulsverstärkern unterschieden. Die Ausführungen beschränken sich auf die Grundlagen unter Angabe möglichst einfacher und zweckmässiger Ersatzschemata oder auf die Auswertung der Charakteristiken. Auf die Angabe von speziellen Schaltungen wurde bewusst verzichtet. Besonders erwähnt wird die Anwendung der Gegenkopplung in Transistorverstärkern, da diese, der weiten Toleranzen der Kennwerte wegen, zur Stabilisierung notwendig ist. Die Eigenschaften der möglichen Gegenkopplungsschaltungen sind ohne weitschweifige Berechnungen angegeben. Der Grund für die Frequenzbegrenzung der Transistoren wird, ausgehend von der physikalischen Wirkungsweise, näher untersucht, und es wird der Frequenzgang berechnet. Einige Angaben über die Herstellungsart lassen die Schwierigkeiten erkennen, die sich beim Bau von Hochfrequenztransistoren und Transistoren für hohe Leistungen ergeben. Dass diese Schwierigkeiten in naher Zukunft überwunden werden können, zeigt ein Hinweis auf neue technologische Verfahren, welche kurz beschrieben sind, unter Erwähnung der damit verbundenen Verbesserungen im Leistungs- und Frequenzbereich.

Exposé du comportement électrique d'amplificateurs à semi-conducteurs. En se limitant au type le plus important, le transistor à surface, l'auteur compare ses propriétés avec celles du tube électronique. Il décrit tout d'abord les caractéristiques statiques et indique quelles sont les limites de la modulation, du courant, de la tension et de la puissance, ainsi que l'influence de la température. Pour les applications, il fait une distinction entre les amplificateurs à basse fréquence, à haute fréquence et à impulsions, en se bornant aux données fondamentales, à l'aide de schémas équivalents aussi simples et pratiques que possible ou de l'interprétation des caractéristiques, en renonçant volontairement à l'indication de montages spéciaux. Il mentionne en particulier l'emploi de la contre-réaction dans les amplificateurs à transistors, celle-ci étant nécessaire pour la stabilisation, en raison des larges tolérances des caractéristiques. Les propriétés des divers montages de contre-réaction sont indiquées sans longs calculs. Les motifs d'une limitation de la fréquence des transistors sont examinés plus en détail, en partant du fonctionnement physique, et la caractéristique de fréquence est calculée. Quelques indications sur le mode de fabrication montrent quelles sont les difficultés auxquelles se heurte la construction de transistors à haute fréquence ou pour de grandes puissances. Ces difficultés pourront toutefois être prochainement surmontées grâce à un nouveau procédé technologique, que l'auteur décrit brièvement, en indiquant les améliorations que cela permettra de réaliser au point de vue de la puissance et de la fréquence.