Grundsätzliches über Flughafenbau

Von Dr.-Ing. ERNST DIERBACH, Berlin

Mit der Entwicklung des Luftverkehrs selbst haben sich auch die Flughafenanlagen entwickelt. Die Luftschiffe brauchen für Zwischenlandungen Landemasten, für längeren Aufenthalt und für Wartungsarbeiten jedoch feste Luftschiffhallen. Häfen für Flugzeuge brauchen in erster Linie ein großes, ebenes Rollfeld, auf dem man abfliegen und landen kann. Um den Hafen herum muß eine hindernisfreie Zone liegen. Startbahnen wird man erst bei weiterer Verdichtung des Verkehrs brauchen; zunächst muß der Boden des Rollfeldes selbst zum Abflug hergerichtet werden. Neigungen sollen auf Flughäfen für alle Flugzeuge nicht steiler als 1 : 80 sein; für bestimmte Flugzeugmuster ist noch 1 : 50 zulässig. Bei Seeflughäfen sind die Landanlagen durch die Natur der Wasserfläche bedingt. Am einfachsten sind sie bei Stillwasserflächen ohne große Wasserspiegelschwankungen. Strömung und Wellenschlag erschweren den Betrieb. Bei der Planung der Gebäude für einen Flughafen ist das Einschwebegelände, die Abwicklung des Verkehrs und die Lage der Zufahrtstraßen maßgebend. Zwischen diesen sich zum Teil widersprechenden Gesichtspunkten ist ein Ausgleich zu suchen. Einige der bemerkenswertesten Hallenbauten werden erwähnt. Für die Abfertigungsgebäude hat sich bereits eine Norm mit zentral gelegener Abfertigungshalle herausgebildet.

Die Ausbreitung des Luftverkehrs ist nach den sprunghaften Steigerungen der letzten Jahre etwas zum Stillstand gekommen, nachdem die wichtigsten Städte ihren Anschluß an das Luftverkehrsnetz[1]) gefunden haben. Mit allen Kräften kann daher jetzt an einer Befestigung und Vertiefung des Erreichten gearbeitet werden. Neben den Erfahrungen über die Verwendbarkeit der verschiedenen Flugzeug- und Motorenbaumuster hat der regelmäßige Streckendienst auch zahlreiche Unterlagen für die Anlage und zweckmäßige Ausgestaltung der Flughäfen gegeben. Die Anschauungen über die zweckmäßigste Form und die beste Ausrüstung eines Hafens gehen zum Teil weit auseinander; es dürfte deshalb zweckmäßig sein, die bisherigen Grundsätze näher zu beleuchten.

Ankermast für Luftschiffe

Den eingehenderen Darlegungen über die Flughäfen für den Flugzeugverkehr sollen einige Bemerkungen über Luftschiffhäfen vorausgeschickt werden, da man dem Luftschiff infolge der Langstreckenfahrten der Jahre 1928 und 1929 und der Verkehrspläne nach langjährigem Stillstand wieder Aufmerksamkeit zuwendet. Unter den neueren Einrichtungen wäre hierbei in erster Linie der Landemast zu erwähnen, an dem die Luftschiffe bei jeder Windrichtung und fast jeder Windstärke auf dem Flughafen festgelegt und mit allen notwendigen Betriebstoffen versorgt werden. Er kann jedoch wegen der leichten Bauart der Luftschiffe, die nicht dauernd den Unbilden der Witterung ausgesetzt werden dürfen, feste Hallen nicht ersetzen.

Kommt das Luftschiff von seiner Fahrt in die Nähe des Hafens, so wird es zunächst in der Luft ausgewogen, d. h. die Motoren werden gedrosselt und die Geschwindigkeit wird soweit verringert, bis kein dynamischer Auftrieb mehr besteht. Dann wird so viel Gas oder Ballast abgegeben, bis das Schiff im Gleichgewicht mit der Luft ist. Auf dem Landefelde geben ausgelegte Zeichen dem Luftschiffführer Windrichtung und Lufttemperatur am Boden an. Er muß das Schiff nun so über die im Halbkreis stehenden Landemannschaften führen, daß es ohne große Eigengeschwindigkeit möglichst genau gegen den Wind in einer Höhe von 50 bis 100 m über dem Felde ankommt. Das Luftschiff wirft dann aus seinem vorderen Teil ein Seil herab, das am Erdboden von den bereitstehenden Mannschaften ergriffen und u. U. über eine Seilrolle eingeholt wird. Soll das Luftschiff an einen Landemast gelegt werden, so läßt es, nachdem es zur Ruhe gekommen ist, ein weiteres Seil aus der Spitze herab. Dieses wird mit einem von der Spitze des Landemastes herabgelassenen Seil verbunden und durch Windevorrichtungen langsam eingeholt. Um Seitenbewegungen des Schiffes zu vermeiden, führen von der Spitze noch zwei Taue nach beiden Seiten auseinander, die von Mannschaften gehalten werden. Das Luftschiff wird mit seiner Spitze starr durch eine Kupplung mit der Mastspitze verbunden. Es kann sich entsprechend der Windrichtung wie eine Windfahne einstellen und kann Böen und Temperaturveränderungen durch Heben und Senken des Hecks nachgeben. Zu diesem Zweck sind die Maste auf ausländischen Luftschiffhäfen hoch genug gebaut[1a]). Im Mast führen Leitungen für alle Betriebsstoffe bis zur Spitze, die mit den entsprechenden Leitungen des Schiffes gekuppelt werden. Außerdem führt vom Mast zum Laufgang des Schiffes eine Brücke, auf der die Besatzung und Fluggäste hinübergelangen können[2]). Der einzige deutsche Landemast in Staaken bei Berlin, Abb. 1, ist dagegen nur so hoch, daß die Gondeln des Luftschiffes in Bodennähe stehen. Sie sollen durch einen Wagen unterstützt werden, der quer zur Achse des Luftschiffes verfahrbar ist; es wird sich daher der Windrichtung entsprechend einstellen können, soll aber keine senkrechten Bewegungen mehr ausführen. Diese werden durch Belastungen verhindert.

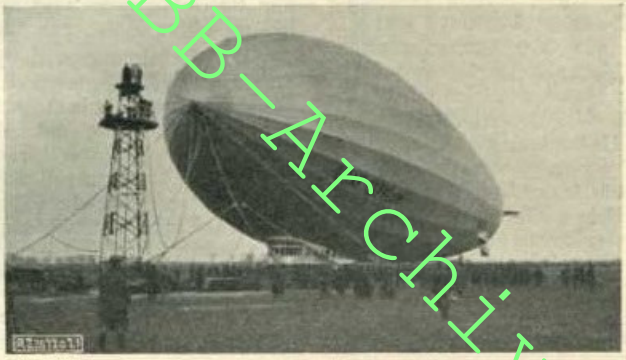

Abb. 1
Das Luftschiff „Graf Zeppelin" kurz vor dem Festmachen am Landemast in Staaken bei Berlin.

Luftschiffhallen

Schwieriger ist der Vorgang, wenn das Luftschiff nach der Landung in eine Halle gebracht werden soll. Das Einbringen des Luftschiffes ist am einfachsten, wenn der Wind in Hallenrichtung weht. Die Hallen werden daher gewöhnlich in der Hauptwindrichtung aufgestellt. Der Vorgang der Landung beginnt ebenso wie bei der Benutzung des Ankermastes, nur daß das Schiff an dem zuerst heruntergelassenen Tau soweit zum Erdboden heruntergezogen wird, bis die Mannschaften die Griffe an den Gondeln fassen können. Dann werden noch zahlreiche Knebeltaue entlang des ganzen Schiffes befestigt, damit die Haltepunkte möglichst in der Nähe der Windangriffsflächen und über die Konstruktion verteilt liegen. Stimmen nun Windrichtung und Hallenrichtung überein, so wird das Schiff vor das Hallentor geführt, mit Laufkatzen, die sich auf seitlichen, in der Erde liegenden Schienen bewegen, verbunden und in die Halle gezogen.

Schwierig wird dieses Manöver, wenn der Wind quer zur Hallenrichtung steht. Das Schiff wird dann, nachdem

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 617.

[1a]) s. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 379.

[2]) Vergl. *Engberding*, Luftschiffe und Luftschiffahrt. 2. Aufl., Berlin 1928, VDI-Verlag, S. 141.

SBB-Archiv

die gesamte Mannschaft zugepackt hat — gegen den Wind gerichtet —, vor das Hallentor geführt, vorn an die Laufkatzen gelegt, in die Hallenrichtung eingedreht und im Laufschritt in die Halle gezogen. Ähnlich ist auch der Vorgang beim Ausbringen des Schiffes. Es ist ohne weiteres klar, daß beide Bewegungen durch heftigen Seitenwind unmöglich gemacht werden können, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß alle Haltekräfte am unteren Teil des Schiffkörpers angreifen und nach schräg unten wirken, während der Wind am großen Luftschiffkörper angreift, ihn also herunterzudrücken und nach Lee wegzurollen sucht. Daher kommt es, daß wir öfter in Berichten über Luftschiffahrten lesen, daß das Schiff wegen Querwindes nicht hat in oder aus der Halle gebracht werden können.

Zur Lösung dieser Schwierigkeit sind zahlreiche Wege vorgeschlagen worden[3]). Den größten Erfolg haben bisher die Drehhallen gehabt, die während des Krieges von den deutschen Luftschiffen benutzt wurden. Sie lassen sich jederzeit in die Windrichtung einstellen und ermöglichen daher das Ein- und Ausfahren bei fast jeder Windrichtung und -stärke. Sie sind leider dem Ententediktat zum Opfer gefallen. In Lakehurst hat man die Hallen so groß bemessen, daß selbst größere Bewegungen des Luftschiffkörpers beim Einbringen nicht zu einer Kollosionsgefahr mit den Hallenwänden führen. So große Hallen haben jedoch den Nachteil, daß an ihrer Leeseite Wirbel entstehen, die den Einholvorgang stark erschweren können.

Eine Durchführung des Landevorganges mit mechanischen Mitteln ist bisher noch nicht erreicht, vor allem wohl deshalb, weil Luftschiffe bisher fast ausschließlich für militärische Zwecke benutzt wurden, Mannschaften daher genügend zur Verfügung standen. Für einen sich entwickelnden Verkehrsbetrieb mit Luftschiffen wird jedoch diese Frage von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein, da die Bereithaltung einer nur kurze Zeit notwendigen Haltemannschaft sehr erhebliche Unkosten verursacht, auch, wenn man sie in den Pausen anderweitig beschäftigt. An den Zustand des für die Landung erforderlichen Geländes stellt ein Luftschiff keine sehr hohen Anforderungen. Landemannschaften können ihre Arbeiten auch auf weichem und nicht ganz ebenem Gelände erfüllen.

Anforderungen an Flughäfen für Flugzeuge

Wesentlich anspruchsvoller sind in dieser Beziehung Flugzeuge. Bei ihnen kommt es in erster Linie darauf an, für das Aufsteigen und Landen ein möglichst großes, ebenes und festes Gelände zu haben.

Rollfeld und Flughafenzone

Für seine Bemessung sind in erster Linie die Leistungen der Flugzeuge maßgebend. Die deutschen Zulassungsbedingungen für Flugzeuge schreiben vor: Das Flugzeug soll sich nach einer Strecke von 600 m in einer Höhe von 20 m befinden. Die Länge des Anlaufs ist dabei nicht festgelegt, ebenso der Steigewinkel nach dem Abheben. Demgegenüber schreiben die deutschen Zulassungsbedingungen für Flughäfen eine Rolllänge von 600 m in jeder Richtung vor, an die sich ein hindernisfreier Einschwebewinkel im Steigeverhältnis 1 : 15 anschließen soll, Abb. 2. Diese Bestimmungen haben sich, soweit sie die Ausdehnung des Rollfeldes betreffen, durchaus bewährt.

Fast alle unsere heute benutzten Flugzeuge kommen in der Regel mit einem Anlauf oder Auslauf von 600 m aus. Es herrscht sogar bei fast allen Flugzeugkonstrukteuren das Bestreben vor, die Aufstieg- und Landeeigenschaften möglichst gut zu halten, damit die Flugzeuge in der Lage sind, auch Zwischenlandungen auf kleinen Hilfslandeplätzen oder Ackerfeldern vorzunehmen. Dagegen hat es sich gezeigt, daß der Einschwebewinkel von 1 : 15 für eine ganze Reihe von Flugzeugen mit großem Schwebevermögen etwas zu steil gewählt ist. Wenn wir mit einem üblichen Anlauf von 300 m rechnen, so haben wir bei einer Rollfeldlänge von 600 m beim Aufstieg nur eine Sicherheitszahl zwei. Denken wir uns jedoch die Abflugleistung in eine Anlauf- und eine Ansteigestrecke zerlegt, so würde diese etwa einen Winkel 1 : 20 haben. Die Bestimmungen lassen sogar zu, daß nach Erreichung der 20 m das Flugzeug wieder gedrückt werden kann. Es würde also recht bald, trotz Erfüllung der Zulassungsbedingungen, die Grenze der Flughafenzone erreichen, d. h. der zunächst beim Abheben vorhandene Sicherheitskoeffizient wird sehr schnell im Verlaufe des Starts wieder aufgezehrt. Es wäre demnach zu verlangen: Der hindernisfreie Raum beginnt an der Rollfeldgrenze und steigt in einem Verhältnis 1 : 20 bis zu einer Höhe von 25 m an.

Die Erfahrungen des Flugbetriebes haben weiterhin ergeben, daß ein sich gleichbleibendes Ansteigen der Flughafenzone keinen wirksamen Schutz gegen Flughindernisse in der Nähe des Flughafens gibt. Nach den augenblicklichen Bestimmungen könnte in einer Entfernung von 1 km von Platzgrenze ein Bauwerk von 66 m Höhe stehen. Um einfach einzuschweben, würde wohl bei einigen Flugzeugmustern diese Höhe genügen, aber bei sehr schlechtem Wetter, vor allem bei Nacht, sind die Flugzeuge gezwungen, vor der Landung eine Platzrunde in sehr geringer Höhe zu fliegen, um die Landerichtung und sonstige Signale wahrzunehmen. Die hierfür notwendige Zone um den Flughafen herum müßte nach unten durch eine waagerechte Ebene in einer Höhe von 25 m über Rollfeld begrenzt werden; sie endet in einer Entfernung von 2 km von Flughafengrenze, Abb. 3.

Es erscheint daher zweckmäßig, die hindernisfreie Zone des Flughafens folgendermaßen festzulegen: Von der Flughafengrenze aus steigt sie im Winkel 1 : 20 bis zu einer Höhe von 25 m an und verläuft waagerecht bis zu einer Entfernung von 2 km von der Flugplatzgrenze. Alle in diese Zone hineinragenden Hindernisse müßten bei Tage, soweit sie schlecht erkennbar sind, durch rotweißen Anstrich, bei Nacht durch rote Hindernislampen kenntlich gemacht werden. Die Errichtung von neuen Hindernissen soll nach Möglichkeit nicht, in Ausnahmefällen nur mit Genehmigung der zuständigen Flughafenverwaltung und der Luftüberwachungsbehörde, stattfinden.

Die Vorschriften der andern europäischen Staaten sind im großen und ganzen ähnlich den bestehenden deutschen. Bemerkenswert ist jedoch, daß die kürzlich erlassenen amerikanischen Vorschriften wesentlich geringere Anforderungen an das Einschwebegelände des Flughafens stellen. So ist in Amerika der zulässige Einschwebewinkel 1 : 7, eine Neigung, die zweifellos für die meisten unserer Verkehrsflugzeuge nicht ausreichend sein dürfte. Ich werde bei den späteren Betrachtungen noch auf weitere grundsätzliche Unterschiede zwischen der amerikanischen und der deutschen Auffassung kommen, bei denen die amerikanischen Ansprüche erstaunlich

[3]) Vergl. *O. Krell*, Ein Beitrag zur Landetechnik großer Luftschiffe, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 401.

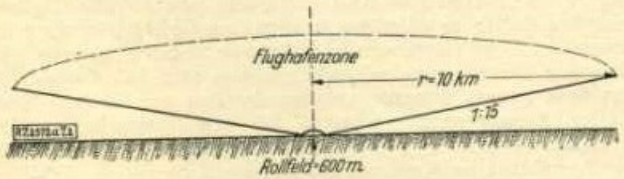

Abb. 2
Flughafenzone.

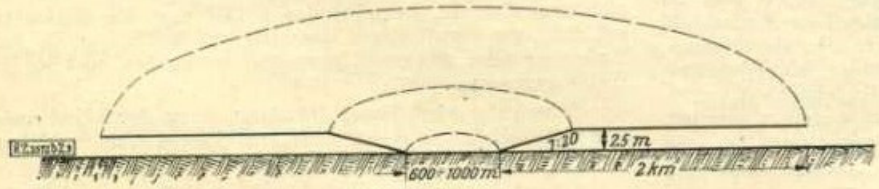

Abb. 3. Bauzone.

gering sind. Dies findet wohl seine Erklärung darin, daß in Amerika nur verhältnismäßig wenig hochbelastete Flugzeuge für die Personenbeförderung verwendet werden. Die Sportflugzeuge der Privateigentümer und die den Postverkehr versehenden Flugzeuge ähneln in ihren Aufstieg- und Landeeigenschaften stark den Kriegsflugzeugen, deren Gewicht, auf die Leistung in PS bezogen, nur etwa ein Drittel der für Verkehrsflugzeuge üblichen Zahl beträgt.

Die deutschen Zulassungsbedingungen für Flughäfen sehen außerdem vor, daß die Rollänge von mindestens 600 m in jeder Richtung vorhanden sein muß, d. h., daß das Gelände im Idealfalle einen Kreis, gewöhnlich jedoch eine beliebige gradlinig begrenzte Figur darstellt. Von diesem Gelände wird parallel der jeweiligen Windrichtung z. Z. nur ein verhältnismäßig schmaler Streifen des Platzes benutzt. Der Gedanke liegt nahe, den Flugplatz nur auf einige entsprechend den Hauptwindrichtungen gelegte Streifen zu beschränken, und in der Tat sehen die amerikanischen Vorschriften solche 150 m breiten Landestreifen vor, Abb. 4.

Eine solche Bemessung des Rollfeldes auf das unablässige Mindestmaß erscheint aus folgenden Überlegungen heraus nicht zweckmäßig: Ganz abgesehen davon, daß die einzelnen Aufstieg- und Landestreifen in der Regel nicht alle vorkommenden Windrichtungen erfassen können und daher häufig Seitenwind bei Aufstieg oder Landung in Kauf genommen werden muß, dürften sie nur für schwachen Verkehr erträglich sein. Wir haben in Deutschland auf Häfen mit stärkerem Verkehr bereits die Aufstiegzone von der Landezone durch die dazwischenliegende 50 m breite neutrale Zone getrennt. Trotzdem darf ein Flugzeug nicht gleichzeitig mit einer landenden Maschine starten, da die Gefahr vorliegt, daß eine der beiden beim Rollen ausbricht und dadurch die andre gefährdet. Eine Gefahr für gleichzeitig landende Flugzeuge kann nur vermieden werden, wenn die neutrale Zone breiter gemacht wird, also etwa 100 m. Bei einer Breite eines jeden Streifens von 70 bis 80 m würde damit die ganze Zone eine Breite von etwa 250 m erhalten. Denken wir aber noch einen Schritt weiter, so müssen auf den Flughäfen, vor allem in den Hauptverkehrszeiten, sehr viele Flugzeuge abgefertigt werden und das Vorhandensein von nur einer Aufstieg- oder Landebahn würde zu langen Wartezeiten führen.

Wir werden bei fortschreitender Verdichtung des Verkehrs unzweifelhaft zu mehreren Aufstieg- und mehreren Landebahnen kommen und diese nebeneinanderliegenden schmalen, langen Streifen dürften das Feld auch in seiner vollen Breite ausnutzen. Außerdem werden wir eine große Flugplatzfläche auch in der Breitenausdehnung brauchen, wenn wir allmählich zum Fliegen bei sehr schlechtem Wetter und vor allem zum Landen bei Nebel übergehen. Durch welche Mittel oder Geräte dies ermöglicht wird, ist z. Z. noch nicht zu übersehen; aber man muß darauf gefaßt sein, daß eine solche Landung nicht mit der Genauigkeit wie eine mit Erdsicht vorgenommene glücken wird. Wir müssen wahrscheinlich mit ziemlich beträchtlichen Abweichungen, vor allem nach den Seiten, aber auch in der Flugrichtung, rechnen.

Startbahnen

Eine andere Aufgabe, die mit der eben erörterten Frage zusammenhängt, ist die Frage des Rollfeldbodens. Zweifellos bietet die auf deutschen Flugplätzen in den meisten Fällen vorhandene Grasnarbe des Rollfeldes, vor allem wenn sie durch Regen aufgeweicht ist, dem aufsteigenden Flugzeug einen verhältnismäßig hohen Rollwiderstand, und es liegt nahe, die erforderliche Rollänge durch Schaffung einer festen Startbahn herabzusetzen. Selbst hochbelastete Flugzeuge dürften auf einer guten ebenen Betonfläche mit der Hälfte des auf Grasboden notwendigen Anlaufs auskommen. Die erforderliche Größe eines Flugplatzes hängt jedoch nicht allein von der Rollänge der verwendeten Flugzeuge ab. Wir müssen z. Z. noch stets damit rechnen, daß beim Aufstieg eine Motorstörung auftritt. Der Flugplatz muß daher eine so große Fläche bieten, daß der Flugzeugführer in

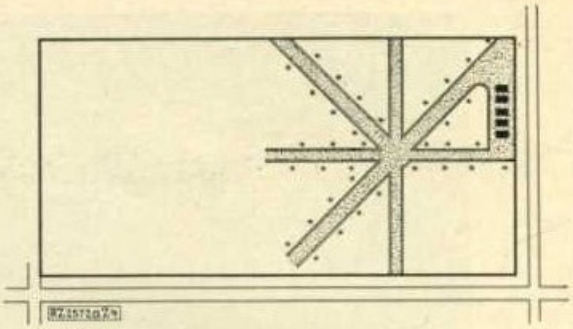

Abb. 4
Flughafen mit Abflug- und Landebahn.

einem solchen Fall das Flugzeug noch auf dem Platz ausrollen lassen und zum Stehen bringen kann. Im Verhältnis zu den hierfür notwendigen großen Rollängen spielt eine Verkürzung des Anlaufs um 100 bis 150 m nur eine verhältnismäßig geringe Rolle. Außerdem dürften die Startbahnen recht erhebliche Unkosten verursachen. Sie sind ferner für die Landung nicht zu gebrauchen, da hierfür eine weiche, federnde Oberfläche verlangt wird, bei der es nur günstig ist, wenn sie keinen zu geringen Rollwiderstand bietet. Sie dürfen daher nur auf den Teilen des Platzes angelegt werden, die gewöhnlich für Landungen nicht benutzt werden. Daß wir auch in späterer Zukunft ganz ohne Aufstiegbahnen auskommen werden, ist allerdings nicht anzunehmen, da die Grasnarbe nicht jeder beliebigen Beanspruchung durch rollende Flugzeuge und durch Propellerwind gewachsen ist; z. Z. ist jedoch selbst auf den belebteren Verkehrsflughäfen die Zahl der Aufstiege und Landungen so gering, daß es möglich ist, eine gute, dichte Grasnarbe zu halten, vor allem, wenn die Sporne der Flugzeuge durch eine andere, das Gras schonende Einrichtung ersetzt sind.

Geländeneigungen

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre auf den im Mittelgebirge liegenden Plätzen haben auch einiges Licht in die für Flugplätze zulässigen Neigungen des Geländes gebracht. Ein Ansteigen des Geländes verlängert den Start und umgekehrt vergrößert abfallendes Gelände bei der Landung den Auslauf. Ein Grenzwert scheint nach den Erfahrungen der Deutschen Luft-Hansa A.-G. bei einer Neigung von 1 : 80 zu liegen. Diese oder noch flachere werden von den Flugzeugführern im allgemeinen gar nicht bemerkt. Steilere dagegen haben auf verschiedenen Plätzen zu Schwierigkeiten geführt. Es wird jedoch im Gebirge wegen der entstehenden ungeheuren Kosten der Einebnungsarbeiten nicht immer möglich sein, einen Platz mit den geringen Neigungen zu schaffen. Das ist auch zulässig, wenn beim Einsatz der Flugzeuge auf diese Eigenheiten Rücksicht genommen wird. Steiler als 1 : 50 sollen jedoch die Neigungen auch in Ausnahmefällen nicht sein, da sonst selbst die gut startenden und landenden Flugzeuge mit Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Die Verhältnisse bei solchen Gebirgsplätzen liegen ähnlich wie bei den Gebirgsstraßen; auch bei ihnen werden Steigungen und Krümmungsradien als erträglich angesehen, die bei einer Straße im Flachlande undenkbar wären. Die amerikanischen Vorschriften sind auch in diesem Punkte recht weitherzig. Dort ist eine Einzelneigung von $2\frac{1}{2}$ vH = 1 : 40, eine Gesamtneigung des Geländes von 2 vH = 1 : 50 ohne weiteres zulässig. Auch diese Vorschrift findet ihre Begründung in der Verwendung andrer Flugzeugbauarten als bei uns. Bei der Veranschlagung von Einebnungsarbeiten von einem Flugplatz muß man sich außerdem davor hüten, das Gefälle mehrfach wechseln zu lassen. Eine durchgehende Gesamtneigung ist durchaus erträglich. Aufstieg und Landung werden aber außerordentlich erschwert, wenn beim Rollen das Flugzeug über Steigungen und Senkungen hinweg muß.

SUBMARCHIVE

Abb. 5
Land- und Seeflughafen Stettin-Altdamm.

Seeflughäfen

Dies wäre in großen Zügen ein Überblick über die nach dem heutigen Stande der Erfahrungen an Landeflugplätze zu stellenden Anforderungen. Auch die mit den Seeflughäfen verbundenen Fragen sind in den letzten Jahren etwas klarer geworden, wenngleich die Erfahrungen entsprechend der verhältnismäßig geringen Zahl der Seeflughäfen noch kein so festes Bild geben wie bei den Landflughäfen. Die Ansichten über die erforderliche Größe und Wassertiefe von Seeflughäfen sind noch recht großen Wandlungen unterworfen. Dies ist bedingt in der Hauptsache durch die große Entwicklung, die in den letzten Jahren die Seeflugzeuge durchgemacht haben. Aus verhältnismäßig kleinen und für Flugplätze anspruchslosen Flugzeugmustern haben sich Großflugboote von einem bisher unbekannten Fluggewicht bis 18 t entwickelt, die allerdings z. Z. noch ihre Probeflüge durchführen und über deren Aufstieg- und Landeeigenschaften verhältnismäßig wenig gesagt werden kann. Wir müssen daher noch die bisherigen Anforderungen mit etwa 2,5 km Rollänge und rd. 4 m Wassertiefe zugrunde legen.

Für die festen Landanlagen haben sich jedoch in der letzten Zeit schon einige grundsätzliche Richtlinien ergeben. Die Verhältnisse liegen am einfachsten dort, wo man über eine Stillwasserfläche ohne große Wasserspiegelschwankungen verfügt, Abb. 5. Hier wird sich ein Teil des Verkehrs unmittelbar am Strande abspielen, auf dem Flugboote ohne Kiel und Schwimmerflugzeuge unmittelbar auflaufen können, während gekielte Flugboote an Landungsbrücken anlegen können. Als außerordentlich zweckmäßig haben sich die sogenannten Stichkanäle erwiesen, in die die Flugzeuge hereingebracht werden und die die verkehrsmäßigen und technischen Abfertigungsarbeiten außerordentlich erleichtern, da man zu beiden Seiten des Flugzeuges festes Land hat. Das Liegen der Boote an Land oder in den Stichkanälen ist jedoch nur dort möglich, wo man selbst vor schwachem Seegang hinreichend geschützt ist. Wo dies nicht von Natur der Fall ist, wird man eine ruhige Liegebucht mit künstlichen Mitteln schaffen müssen.

Ist der Wasserstand starken Schwankungen unterworfen, so muß man von den festen Brücken zu schwimmenden Kasten mit Landverbindung übergehen und kann den Strand oder Stichkanäle nicht mehr benutzen. Die letzteren werden in diesem Falle durch zwei nebeneinanderliegende Schwimmkasten ersetzt.

Noch schwieriger werden die Verhältnisse, wenn Strömung hinzukommt, wie es z. B. auf dem Unterweser-Seeflughafen der Fall ist. Ein Festmachen der Flugzeuge an Brücken oder Pontonbrücken ist dann nicht mehr möglich. Diese Schwierigkeiten sind auf dem Unterweser-Seeflughafen durch ein beweglich verankertes Ponton, Abb. 6, sehr gut überwunden worden. Dieses weist außer den für die technische und verkehrsmäßige Abfertigung der Flugzeuge notwendigen Räumen an seinem hinteren Ende eine dockartige Hebebühne auf. Diese bildet, wenn sie versenkt ist, einen geschützten Hafen, in den das Flugzeug hineingeholt werden kann. Sie gestattet außerdem ein Heben des Flugzeuges, wenn Ausbesserungen unterhalb der Wasserlinie vorgenommen werden müssen. Da sich das Ponton selbsttätig in die Stromrichtung einstellt und außerdem auch an den Seiten so flach gehalten ist, daß Boote auch an der Seite anlegen können, ist es bei jeder Wind- und Strömungsrichtung möglich, gefahrlos anzulegen. Die festen Landanlagen halten sich in bescheidenen Grenzen, da der Schwerpunkt des Betriebes auf das Wasser verlegt worden ist.

Grundsätzlich unterscheidet sich der Betrieb auf Seeflughäfen darin von Landflughäfen, daß die Flugzeuge in der Regel im Freien bleiben und nur in Ausnahmefällen, wenn größere Ausbesserungen an ihnen vorzunehmen sind, aus dem Wasser geholt werden. Häufig werden auch auf Landflughäfen Metallflugzeuge im Freien gelassen, um unnötigen Arbeitsaufwand für das Einbringen zu vermeiden und wenn keine Hallen vorhanden sind. Gewöhnlich werden jedoch Landflugzeuge in die Hallen gebracht, da dies für die notwendigen Überwachungen und Arbeiten günstiger ist. Flugzeuge, die nicht aus Metall bestehen, dürfen nur in Ausnahmefällen und für kurze Zeit allen Unbilden der Witterung ausgesetzt werden.

Es ist anzunehmen, daß man später bei sehr großen Flugzeugen nur noch für große Ausbesserungen und Überholungen feste Hallen aufsuchen, dagegen im Verkehr stets im Freien übernachten wird. Dieser Zustand wird dann eintreten, wenn der Motorenraum im Flugzeug so groß geworden ist, daß das bedienende Personal in ihm am Motor arbeiten kann. Solange bei den heutigen Maschinen der Motor noch völlig frei liegt, muß man bei sehr schlechtem Wetter Hallen aufsuchen.

Anordnung der Flughafengebäude

Die Flugzeughallen nehmen wegen ihrer großen Abmessungen im Rahmen des Gesamtbebauungsplanes eines Hafens die erste Stelle ein, während die eigentlichen Ver-

Abb. 6
Beweglich verankerter Schwimmkasten zum Festmachen von Flugzeugen.

SUB HAMBURG

kehrsräume im allgemeinen in einem verhältnismäßig kleinen Gebäude untergebracht werden können. Man soll bei allen etwas größeren Anlagen den technischen Betrieb von dem reinen Verkehrsbetrieb möglichst trennen. Es würde aber zu erheblichen Betriebserschwerungen führen, wenn die beiden Betriebszweige zu weit auseinanderliegen. Im allgemeinen werden die Flugplatzgebäude, zu einer Gruppe vereinigt, möglichst dicht am Rollfeld liegen.

Für die Gesamtplanung der Anlage sind verschiedene Wege beschritten worden. Der eine ist die sogenannte Frontlösung, bei der die Gebäude an einer der Flugplatzgrenzen in einer mehr oder minder langen Front angeordnet sind. Sie hat den großen Vorteil, daß vor den Flugzeughallen ein breites Vorfeld entsteht, das Gelegenheit für alle mit dem Fertigmachen der Flugzeuge notwendigen Arbeiten gibt, während der reine Abfertigungsbetrieb wohl in der Nähe dieses Vorfeldes stattfindet, aber doch von ihm ausgesprochen getrennt ist. Wohl das kennzeichnendste Beispiel für diese Lösung ist der Flughafen Berlin-Tempelhof[4]), der z. Z. wohl die größte Anzahl von Verkehrsflugzeugen auf der Welt beherbergt. Ein Nachteil ist jedoch mit dieser Anordnung verbunden, denn es wird die eine Grenze des Platzes durch die Gebäude vollständig eingenommen und fällt daher für das Aufsteigen und Landen von Flugzeugen weg. Solange an den beiden Ecken dieser Grenze genügend breite Einschwebelücken von etwa 150 bis 200 m freibleiben, wird man sich damit abfinden können, aber eine Erweiterung der Anlagen dürfte entweder zu einer Verschlechterung des Einschwebegeländes oder zu einer unerwünschten Trennung des technischen Betriebes führen.

Ein andrer Weg, der häufig beschritten worden ist, ist die Anordnung der Gebäude in der einen Ecke des Platzes. Hierbei wird im allgemeinen das Abfertigungsgebäude städtebaulich ansprechend in die Ecke des Platzes gelegt, von der nach beiden Seiten die Hallenfronten ausstrahlen. Von der Rollfeldmitte aus gesehen nehmen bei dieser Anordnung die Flugplatzgebäude einen verhältnismäßig kleinen Winkel ein, der Flugplatz wird daher nicht so stark verbaut. Zu Schwierigkeiten führt jedoch die Zusammenfassung der Gebäude in der Ecke, da man nicht allein die Gebäude betrachten darf, sondern diese stets nur zusammen mit dem notwendigen Vorfeld. Eine Flugzeughalle hat dann nicht zur 30 m Tiefe, sondern noch vor ihren Toren einen Streifen von etwa 100 m Breite, während vor dem Abfertigungsgebäude ein weiter Platz liegen muß, der nicht nur den Flugzeugen von der Halle aus das Vorrollen gestattet, sondern auch von Durchgangsflugzeugen, die vom Rollfeld kommen und wieder zu diesem hinausrollen, ohne Schwierigkeiten benutzbar sein muß. Diese Vorfeldflächen und Rollwege überschneiden sich entweder und führen damit zu Betriebschwierigkeiten bei lebhaftem Verkehr oder sie drängen die Gebäude weit auseinander. Der Ecklösung haftet außerdem noch der Mangel an, daß die Flugzeuge häufig schräg über den Platz rollen müssen. Dadurch geht Zeit verloren und die Motoren werden über Gebühr beansprucht.

[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1549.

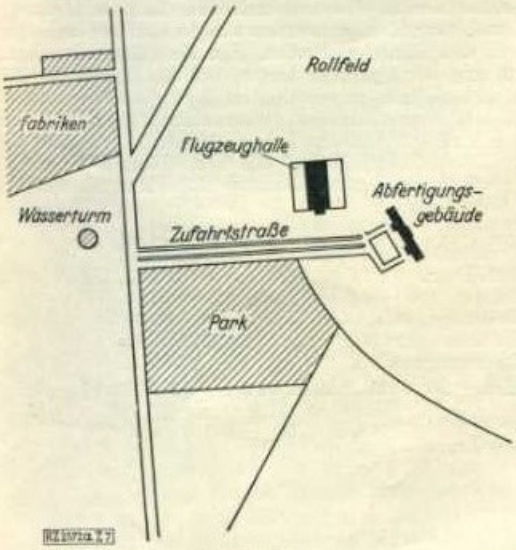

Abb. 7
Flughafen Hannover.

Es ist daher von verschiedenen Seiten vorgeschlagen worden, die Abfertigungsstelle mit ihrem Gebäude fast in die Mitte des Platzes hereinzurücken und hinter dem Gebäude die Flugzeughallen anzuordnen. Aus dem, was ich oben über Landestreifen usw. sagte, erscheint diese Lösung nicht ganz zweckmäßig, da durch sie die notwendige Breite des Platzes stark eingeengt wird und später bei Verdichtung des Verkehrs zu Schwierigkeiten führen kann.

Die günstigste Lösung scheint ein Ausgleich zwischen den verschiedenen Grundsätzen zu sein. Der Weg, auf dem man diesen Ausgleich zwischen den verschiedenen Auffassungen schließt, wird stets in der Hauptsache von der örtlichen Lage, d. h. den vorhandenen Hindernissen, der Lage der Zufahrtstraßen usw. abhängig sein. Einen Lösungsversuch habe ich bei meinem Entwurf für den Flughafen Hannover, Abb. 7, gemacht, bei dem das Abfertigungsgebäude stark in den Platz vorgezogen worden ist, jedoch nicht weit genug, um das Rollgelände zu behindern, und bei dem die Hallen, wenn auch in andrer Form als bei der keilförmigen Lösung, hinter dem Verwaltungsgebäude angeordnet sind. Hinsichtlich der glatten Abwicklung des Betriebes und der Einschwebefreiheit des Platzes ist jedenfalls für die in Hannover gegebenen Verhältnisse auf die Weise ein Höchstwert erreicht.

Abfertigungsgebäude

Für die Abfertigungsgebäude hat sich in den letzten Jahren bereits eine gewisse Norm herausgebildet. Die zweckmäßigste Grundrißlösung scheint zu sein, in die Mitte eines langgestreckten Baukörpers die Abfertigungshalle zu legen, an die sich auf der einen Seite die Restaurations- und Warteräume und auf der andern Seite die für den Verkehrsbetrieb notwendigen Bureauräume anschließen. Durch diesen Grundriß werden die ganzen Betriebsräume zweckmäßig vereinigt und von dem Restaurationsbetrieb getrennt. Bei diesem ist zu berücksichtigen, daß er nicht wie bei den Wartesälen der Bahnhöfe nur den Reisenden selbst oder deren Angehörigen, sondern stets auch einer recht erheblichen Anzahl von Zuschauern dient, die den Flugplatz besuchen, um dem neuartigen Betriebe zuzusehen. Gerade diese „Sehleute" sind auf vielen Häfen recht zahlreich. Sie behindern natürlich in gewissem Grade den reinen Abfertigungsbetrieb, man muß ihnen jedoch bei Entwurf des Gebäudes Rechnung tragen, da ihre Anwesenheit im Sinne der Werbung für das neue Verkehrsmittel erwünscht ist. Es ist vorauszusehen, daß in absehbarer Zeit diese Erscheinung nachlassen wird, wahrscheinlich wird jedoch dann die Fluggastzahl selbst so gestiegen sein, daß große Warte- und Restaurationsräume notwendig sind.

Eine sehr bemerkenswerte Lösung ist bei dem z. Z. im Bau befindlichen Abfertigungsgebäude auf dem Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel gefunden worden, bei dem die für die Gepäck- und Frachtabfertigung notwendigen Räume im Untergeschoß, die Räume für die Fluggastabfertigung darüber im Erdgeschoß angeordnet sind. Hierdurch ist eine Trennung der beiden Betriebe herbeigeführt; sie liegen jedoch so dicht beieinander, daß die Einheitlichkeit ohne weiteres gewahrt ist. Nachteilig ist die Lösung nur insofern, als man zur Höhenlage der Abfertigungsplattform über eine schwachgeneigte Rampe aufsteigen muß, die Abfertigungsstelle der Flugzeuge daher in eine verhältnismäßig große Entfernung vom Verwaltungsgebäude rückt. Im allgemeinen soll man danach streben, die Flugzeuge so dicht wie möglich vor dem Gebäude halten zu lassen, damit unnötige Laufwege, die bei schlechtem Wetter sehr störend sein können, vermieden werden.

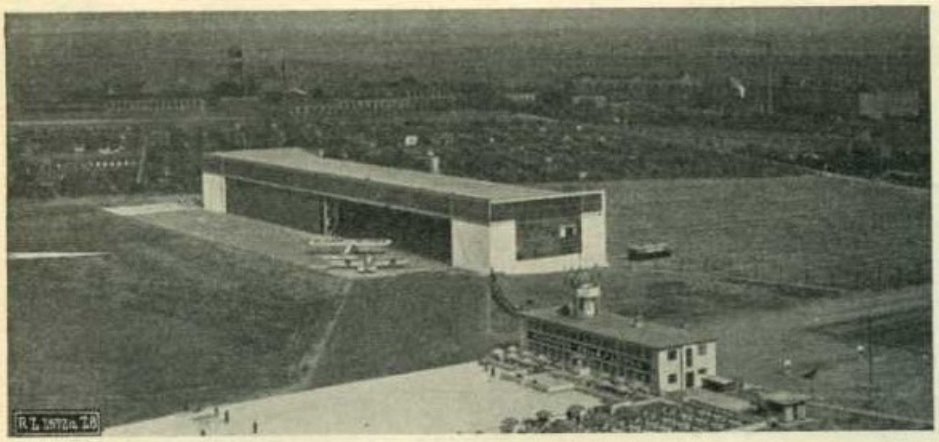

Abb. 8
Flugzeughalle Schkeuditz, Halle-Leipzig.

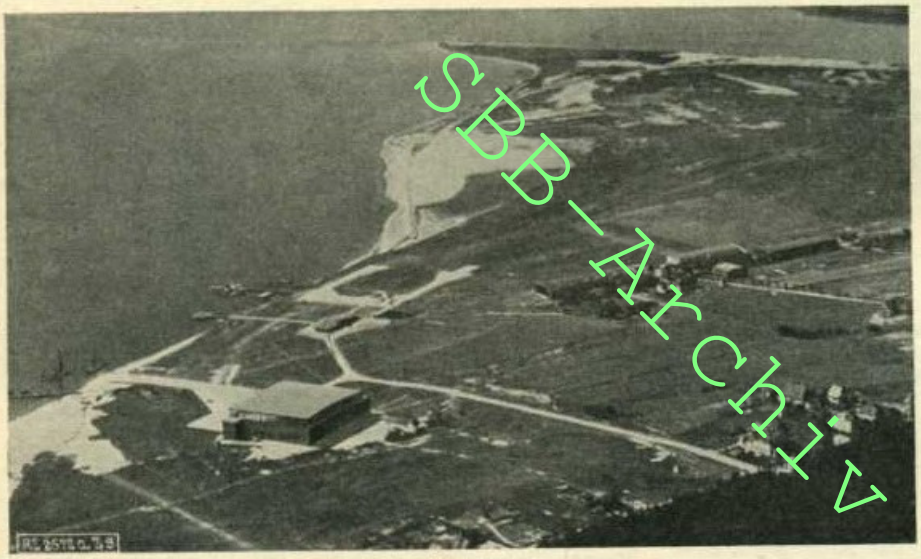

Abb. 9
Flugzeughalle Lübeck-Travemünde.

Flugzeughallen

Bei der Anlage von Flugzeughallen ist man zur Schaffung immer größerer Einheiten geschritten. Bemerkenswert ist vor allem die Anlage auf dem Flughafen Tempelhof durch die Zahl ihrer Flugzeughallen und die Ausdehnung von 208 m einer Baugruppe[5]), die Anlage in Halle-Leipzig durch die Toröffnung der Flugzeughalle von 120 m mit nur einer Mittelstütze, Abb. 8, die Flugzeughalle B in Hamburg durch ihre lichte Toröffnung von 80 m Spannweite ohne Stütze[6]) und die Flugzeughalle von Travemünde, Abb. 9, durch ihre bedeutende Tiefe von 60 m bei einer lichten Toröffnung von ebenfalls 60 m.

Im großen und ganzen stellen jedoch diese Flugzeughallen konstruktiv gesehen keine besonderen Ausnahmeleistungen dar. Bemerkenswert ist an ihnen in der Hauptsache, daß die eine Front im allgemeinen durch Tore vollkommen geöffnet werden kann. Dieses Erfordernis hat zu verschiedenen Lösungen geführt, vor allem, als man wegen der Größe der Tore zu einem mechanischen Antrieb überzugehen gezwungen war. Die erste derartige Ausführung ist in Tempelhof durchgeführt worden; die harmonikaartig zusammenlegbaren Schiebetore werden durch ein unterirdisch verlegtes endloses Seil, das von ebenfalls versenkten Elektromotoren angetrieben wird, bewegt. In Stettin, wo mit Grundwasserschwierigkeiten zu rechnen war und daher eine unterirdische Anordnung nicht angebracht erschien, ist der Antrieb der einfachen Schiebetore an die Oberkante der einzelnen Tortafeln gelegt worden und erfolgt ebenfalls durch ein Seil mittels Elektromotoren. Eine neuartige Lösung für eine Flugzeughalle ist bei meinem oben bereits erwähnten Entwurf für den Flughafen Hannover vorgesehen. Die Flugzeughallen sind hier nicht, wie bisher üblich, mit ihrer Front parallel der Flugplatzgrenze, sondern senkrecht zu ihr angeordnet worden. Sie haben dafür Tore auf beiden Seitenwänden erhalten. Ein Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß die Flugzeuge ohne große Rangierarbeiten beliebig auf der einen oder andern Seite der Halle herausgeholt werden können, vor allem aber darin, daß das Vorfeld auf jeder der Hallenseiten nur verhältnismäßig schmal zu sein braucht, da die Flugzeuge nebeneinander zum Abbremsen aufgestellt werden können. Es ergibt sich hieraus eine recht beträchtliche Geländeersparnis. [B 2572 a]

[5]) Vergl. Anm. 4.
[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1557.

SBB-Archiv