Grossflugzeuge der Zeppelinwerke Staaken

Autor(en): **Meyer, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77/78 (1921)**

Heft 24

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-37366

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Grossflugzeuge der Zeppelinwerke Staaken. — Influence de l'encastrement latéral dans les grands barrages. — Nordamerikanische Reiseeindrücke eines Architekten. — Die schweizerischen Eisenbahnen im Jahre 1920. — Miscellanea: Die Technische Hochschule in Karlsruhe. Energiebeschaffung für die Baltimore and Ohio Railroad. 50jähriges Jubiläum der landwirtschaftlichen Abteilung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Die Bauvollendung des Simplon-Tunnels II. Zentralamt für internationalen Eisenbahntransport. Sanetschwerk der Stadt Bern. — Nekrologie: Simon Crausaz. C. Bohn. H. Pulfer. W. Wilhelm. — Konkurrenzen: Neues Münzbild für das schweizerische Fünffrankenstück. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Band 78. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 24.

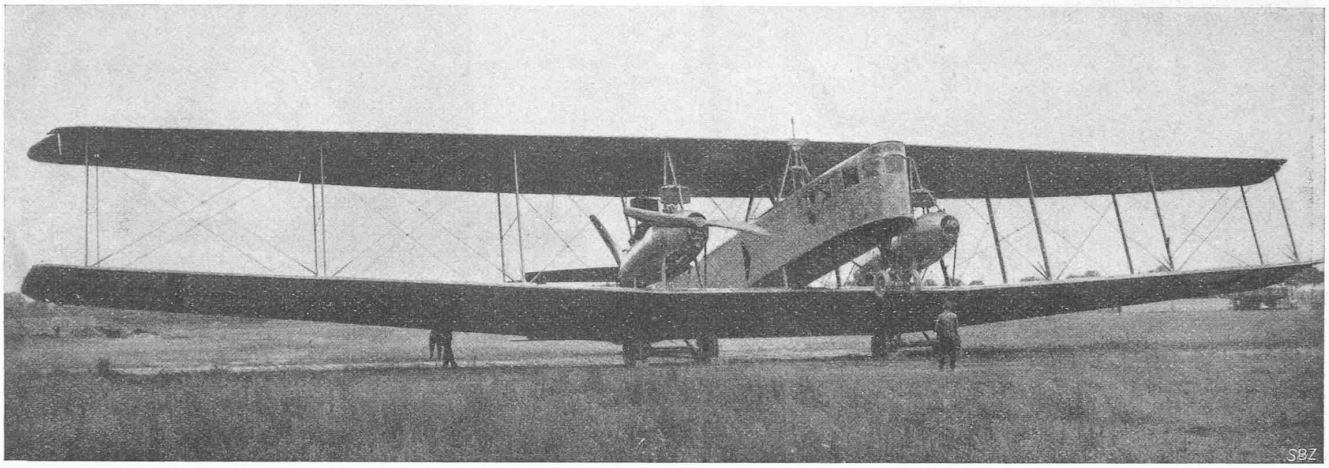

Abb. 1. Riesenflugzeug von 42,2 m Spannweite, Typ „Staaken R VI", für 3200 kg Nutzlast, der Zeppelinwerke Staaken.

Grossflugzeuge der Zeppelinwerke Staaken.[1])

Von cand. ing. *E. Meyer*, Flugzeugführer, Johannisthal.

Die während der letzten Jahre im Flugzeugbau vorgenommene gleichzeitige Vergrösserung der Vortriebs-Leistung und des Flächeninhaltes der Flugzeuge erfolgte kurz zusammengefasst zu folgenden Zwecken: zur Vergrösserung der mit einem einzigen Flugzeug zu schleppenden Nutzlast; zur Vergrösserung der in ununterbrochenem Flug zu bewältigenden Flugstrecke; zur Erhöhung der Flugbetriebsicherheit durch Anwendung mehrerer Motoren, sowie zur Verringerung des auf die tragende Fläche bezogenen schädlichen Widerstandes.

Die in Deutschland gebauten mehrmotorigen Flugzeuge dieser Art lassen sich in solche unterscheiden, bei denen die Motoren im Fluge nicht wartbar sind, und in solche, bei denen sie im Fluge durch Motorenwarte dauernd überwacht werden. Eine Abart dieser zweiten Klasse stellen diejenigen Flugzeuge dar, bei denen die Motoren zwar nicht dauernd überwacht, aber wenigstens zur Vornahme leichterer Reparaturen ohne Schwierigkeiten zugänglich sind, ohne dass dazu eine Unterbrechung des Fluges erforderlich wäre.

Flugzeuge mit im Fluge wartbaren und reparierbaren Motoren wurden bis Ende 1918 nur in Deutschland erstellt. Die bisher gebauten Apparate weisen in Bezug auf die Art der Anordnung der Motoren und der Luftschrauben folgende Unterschiede auf:

1. Die Motoren befinden sich im Rumpf des Flugzeuges und wirken über ein Zentralgetriebe auf einen einzigen grossen Propeller (Bauart des Riesenflugzeuges Linke-Hofmann-R II von 1917/1918, sowie eines noch im Bau befindlichen Bréguet-Flugzeuges und eines gleichfalls noch im Bau befindlichen Fiat-Flugzeuges).

2. Die Motoren befinden sich in der Mitte des Flugzeuges in einer Motorgondel, und jeder Motor wirkt auf je einen Propeller (Bauart der zweimotorigen Verkehrs-Flugboote des Zeppelinwerkes Lindau, Konstruktion Dornier, Typ „Do Gs I 1919" [2]) und Typ „Do Gs II 1920").

3. Die Motoren befinden sich im Rumpf und wirken über ein oder mehrere Zentralgetriebe auf mehrere seitlich vom Rumpf angeordnete Luftschrauben (Bauart verschiedener Siemens-Schuckert-Riesenflugzeuge).

4. Die Motoren befinden sich im Rumpf und jeder Motor wirkt getrennt auf je eine Luftschraube, die seitlich vom Rumpf angeordnet ist (Bauart der Riesenflugzeuge der Deutschen Flugzeugwerke).

5. Sowohl die Motoren als die Luftschrauben sind seitlich des Rumpfes angeordnet.

Diese letztgenante Bauart, die zu den vier andern im Gegensatz steht, wurde von 1914 bis 1920 von den Zeppelinwerken Staaken in Staaken bei Berlin erfolgreich entwickelt. Es ist interessant, den erfolgreichsten Typ dieser Riesenflugzeuge aus dem Jahre 1918, d. h. den „Staaken R VI" dem neuesten Zeppelin-Riesenflugzeug aus dem Jahre 1919/20 gegenüber zu stellen. Diese Gegenüberstellung veranschaulicht in besonderem Masse den Fortschritt im Flugzeugbau im allgemeinen und die Entwicklung im Riesenflugzeugbau vom Heeresflugzeug zum reinen Verkehrsflugzeug im besondern.

Der Typ „Staaken R VI" (Abbildung 1) ist in einer grössern Anzahl von Exemplaren von 1916 bis 1918 für militärische Zwecke gebaut worden und stellt im Gesamtaufbau einen vorwiegend aus Holz und mit Stoffbespannung sowie verspannter Flächenzelle konstruierten Doppeldecker dar. Einige nach dem Kriege fertiggestellte Apparate haben im Sommer 1919 für Luftverkehrszwecke Verwendung gefunden. Der Verkehrs-Eindecker aus den Jahren 1919/1920 (Abbildungen folgen in nächster Nummer, *Red.*) stellt dagegen ein nur für Verkehrszwecke gebautes Flugzeug dar. Es handelt sich um einen Eindecker in Ganzmetallkonstruktion mit äusserster Herabsetzung der schädlichen Widerstände und grossenteils freitragendem Flügel.

Das Riesenflugzeug „Staaken R VI".

Dieses Flugzeug weist eine Spannweite von 42,2 m auf bei 4,5 m Flügeltiefe, 22,2 m Länge und 6,5 m Höhe. Anfänglich standen als Gesamtvortriebsleistung 1040 PS in den vier Mercedes-Motoren von 260 PS Leistung zur Verfügung. Diese Vortriebsleistung wurde auf 980 PS herabgesetzt, als man zum Einbau von vier Maybach-Motoren von 245 PS überging, die als überkomprimierte Motoren eine Abnahme der Leistung erst in grössern Höhen aufwiesen. Um diese Leistungsabnahme noch zu verringern und so das Steigvermögen (Gipfelhöhe) sowie die Steiggeschwindigkeit zu verbessern, schritt man schliesslich zur Verwendung von vier Mercedes-Motoren von 260 PS in Verbindung mit einem Mercedes-Motor von 120 PS zum

[1]) Manuskript eingegangen im Dezember 1920.

[2]) Abgebildet in Band LXVII, S. 168 (9. April 1921). *Red.*

Antrieb einer Kompressor-Anlage. Wie aus den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich ist, sind die vier Motoren je zu zweien hintereinander in zwei Seitengondeln angeordnet, wobei die vordern Motoren je auf einen Zugpropeller, die hinteren je auf einen Druckpropeller wirken. Die im Rumpf eingebaute KompressorAnlage besteht aus einem Turbo-Gebläse von Brown, Boveri & Cie. in Mannheim. Die durch die Veränderungen der Motoranlage erzielte Verbesserung der Flugleistungen geht aus folgender Gegenüberstellung hervor.

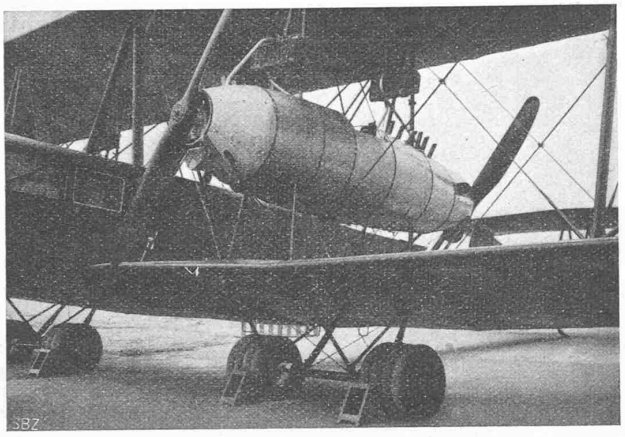

Abb. 2. Motorgestell eines Riesenflugzeugs Typ „Staaken R VI".

Staaken R VI	Vier 260 PS-Mercedes-Motoren	Vier 245 PS-Maybach-Motoren	Vier 260 PS-Mercedes-Motoren und Kompressor-Anlage
Leergewicht kg	8200	8200	9000
Nutzlast »	3200	3200	2600
Vollgewicht »	11400	11400	11600
Steigzeit f. 1000 m Min.	10	10	10
Steigzeit f. 2000 » »	27	23	24
Steigzeit f. 3000 » »	66	43	35
Gipfelhöhe m	4000		5000
Geschwindigkeit km/h	135	135	160 in 4000 m Höhe 135 in 1000 m Höhe

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, wie es gelungen ist, die Steigzeiten zunächst durch die Anwendung von überkomprimierten Motoren zu verbessern, die Gipfelhöhe zu steigern und ausserdem in grösseren Höhen grössere Geschwindigkeiten zu erreichen. Letztes wurde insbesondere durch Verwendung von Propellern mit veränderbarer Steigung ermöglicht. Vor dem Einbau der Gebläseanlage wurde eine grösste Steighöhe von 4000 m, nach dem Einbau eine solche von mehr als 6000 m erreicht. Ohne Gebläse wurde die Gipfelhöhe von 4000 m in etwa $2^1/_2$ Stunden, mit Gebläse jene von über 6000 m in nur etwa $1^1/_2$ Stunden erstiegen. Diese Erfolge rechtfertigen es, dass wir vorgängig der Beschreibung des Flugzeugs kurz auf die Konstruktion des Gebläses eingehen.

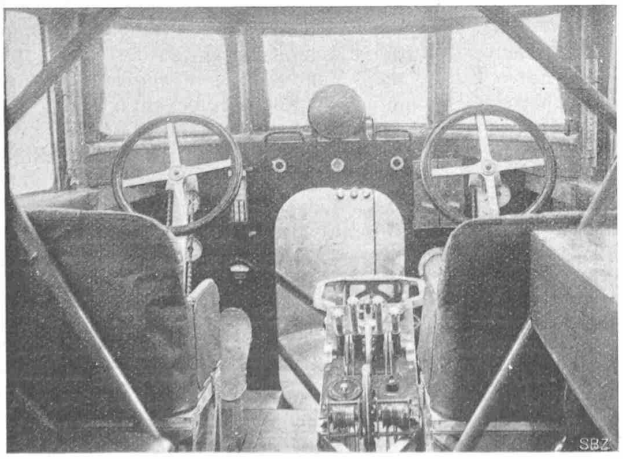

Abb. 3. Führersitze im Riesenflugzeuge Typ „Staaken R VI".

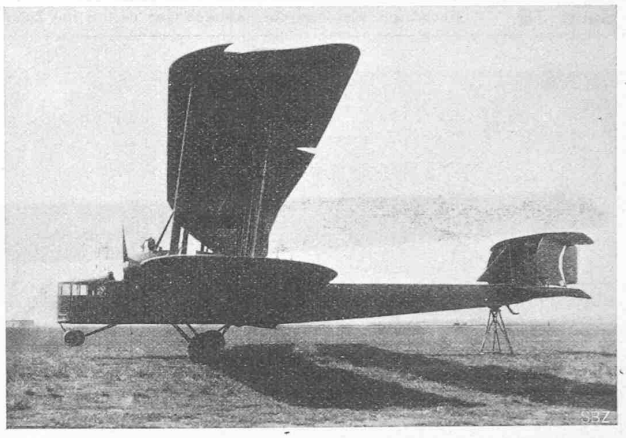

Abb. 4. Flugzeug Typ „Staaken R VI" der Automobil- und Aviatik-A.-G.

Der in dieses Flugzeug eingebaute Kompressor ist im Stande, stündlich 5000 kg Luft anzusaugen und von dem jeweils vorhandenen Luftdruck auf den normalen Luftdruck von einer Atmosphäre zu verdichten. Seine Umdrehungszahl beträgt 6025 in der Minute. Zwischen dem mit 1450 Uml/min laufenden Motor und dem Gebläse ist ein nach dem Maag'schen Verfahren geschliffenes Zahnrad-Vorgelege eingeschaltet. Zur möglichsten Verringerung des Gewichts des Gebläse-Aggregats ist das Gehäuse des Kompressors aus dünnem Aluminiumguss hergestellt. Die vier in Serie geschalteten Laufräder bestehen je aus zwei Scheiben aus hochwertigem Siemens-Martin-Stahl, zwischen denen Schaufeln aus gleichem Material angenietet sind.[1])

Der im Querschnitt viereckige Rumpf des Flugzeugs „Staaken R VI" weist Holzholme auf, die aus mehreren Teilen verleimt sind, und zur Vermeidung von Splittergefahr bei Brüchen mit Stoff umwickelt sind. Die Rumpfstiele bestehen sämtlich aus Stahlrohr. Die einzelnen Felder des Rumpfgerüstes sind durch Diagonal-Verspannungen ausgekreuzt. Nur im vorderen Teil des Rumpfes ist der Bau des Rumpfgerüstes im Dreiecksverband durchgeführt, zwecks Aussparung des nötigen verfügbaren Raumes. Dort ist auch die Beplankung aus Sperrholz, während im übrigen der Rumpf mit Stoff bespannt ist.

Im mittleren Teil des Rumpfes, in der Gegend, in der die Tragflächen ansetzen, befinden sich die Brennstoff-Vorräte; zu deren Unterbringung dienen zehn insgesamt 3000 l fassende Benzinbehälter, die zu beiden Seiten eines mittleren Ganges aufgehängt sind. Durch eine Ringleitung mit Durchgangs- und Abflussventilen ist dafür Sorge getragen, dass jeder Behälter einzeln zur Speisung der Motoren herangezogen werden kann. Zwei Propeller-Pumpen befördern das Benzin in einen Fallbehälter, der im oberen Tragdeck über dem Rumpf liegt, und von dem es den einzelnen Motoren zugeführt wird. Jeder Bezinbehälter ist mit einer besonderen Aufreissvorrichtung versehen, die seine augenblickliche Entleerung ermöglicht, wodurch bei unvorbereiteter Landung die Brandgefahr wesentlich herabgesetzt wird. Die Menge von 3000 l genügt für einen Flug von 10 Stunden Dauer. Bei einer Geschwindigkeit von 135 km/h entspricht dies einem Aktionsradius von rd. 1350 km.

[1]) Das Flugmotorgebläse ist besonders insofern von Interesse, als es in neuester Zeit im Automobilbau für Rennwagen (Mercedes) wieder benutzt wurde.

Der Laufgang zwischen der Anlage der Benzinbehälter führt zu dem Raum für Funkentelegraphie und für Navigation. Die erforderliche elektrische Energie für die funkentelegraphische Station sowie für die gesamte Beleuchtungs-Anlage des Flugzeuges wird von einer Wechselstrom-Dynamo geliefert, die von einem kleinen Benzinmotor angetrieben wird.

Der Führerraum liegt im vordersten Teil des Rumpfes. Er enthält zwei vollständige und zwangläufig miteinander verbundene Steuerungsanlagen (Abb. 3). Die beiden Führer sitzen nebeneinander und können sich im Fluge ohne weiteres in der Führung des Flugzeuges abwechseln. Beiden sind die Bedienungsorgane der Motoren, die einzeln oder alle zusammen bedient werden können, leicht zugänglich. Von den Instrumenten der Führerstände seien hier nur die folgenden angeführt: Tourenzähler für jeden Motor, Kontrollapparate für die Getriebe der Motoren, Fernthermometer zur Kontrolle der Kühlwassertemperaturen, Drexler-Steueranzeiger für die Feststellung der räumlichen Lage des Flugzeuges.

Die beiden Motoren jeder Seitenkabine sind koaxial angeordnet unter Aussparung eines Raumes zwischen beiden Motoren für den Motorwart. Dieser kann somit im Fluge den Gang der Motoren leicht überwachen und kleinere Reparaturen durchführen. Jeder Motor wirkt auf den zugehörigen Propeller unter Zwischenschaltung eines Zahnradgetriebes mit Untersetzungsverhältnis 2 : 1. Die vorderen Propeller haben 4,3 m Durchmesser und 3,1 m Steigung, die hinteren mit entgegengesetztem Drehsinn, 4,26 m Durchmesser und 3 m Steigung. Die Formgebung der Motorkabinen ist sorgfältig den Stromlinien angepasst.

Die Tragflächen haben bei 42,2 m Spannweite und 4,5 m grösster Flächentiefe einen Gesamtinhalt von 332 m². Das Oberdeck hat keine V-Form, wohl aber die ausserhalb der Motoranlagen befindlichen Teile des Unterdecks. Beide Flügel weisen leichte Pfeilform auf. Der Abstand der Flächen beträgt innen 4,4 m und aussen 3,62 m. Die Tragflächenkonstruktion ist in Holz ausgeführt; das Gleiche gilt für die Streben der Flügelzelle.

Die im Oberdeck angeordneten Querruder sind durch vor der Drehachse liegende Flächenteile ausgeglichen. Sie werden durch Kabel und Handräder betätigt. Das Leitwerk besteht aus zwei horizontalen Dämpfungsflächen mit anschliessenden Höhensteuern. Die Gesamtfläche dieser Organe beträgt 25 m². Zwischen den Dämpfungsflächen sind zwei Kielflächen angeordnet; an diese schliessen sich zwei Seitensteuer an. Seitensteuer und Höhensteuer sind ausgeglichen. Bei einigen zuletzt gebauten Apparaten wurde eine dritte Kielfläche mit einem dritten Seitensteuer eingebaut, um die Wendigkeit und die Flugfähigkeit bei einseitig laufenden Motoren zu verbessern. Das Leitwerk, zu dessen Konstruktion in weitem Masse Duralumin diente, ist ähnlich verspannt wie eine normale Flügelzelle.

Abb. 5. Riesenflugzeug Typ „Staaken R VI" als Seeflugzeug.

Von einer Anzahl anderer Flugzeugfabriken wurde diese Bauart der Zeppelin-Riesenflugzeuge in Lizenz gebaut. Davon ist besonders eine Maschine der Automobil- und Aviatik A.-G. in Leipzig-Heiterblick erwähnenswert (Abbildung 4). Als vordere Motoren gelangten hier zwei Benz-Motoren von 220 PS zum Einbau, als hintere zwei solche von 530 PS. Es standen hier also insgesamt 1600 PS zur Verfügung. Leider musste auch diese Maschine, die noch in der Erprobung war und gute Hoffnungen erweckt hatte, wie die übrigen Riesenflugzeuge der Zeppelin-Werke Staaken auf Anordnung der Interalliierten Luftfahrt-Ueberwachungskommission zerstört werden.

Es sei noch erwähnt, dass der Typ „Staaken R VI" auch als Seeflugzeug gebaut worden ist (Abbildung 5). Zu diesem Zwecke wurden unter den Seitengondeln zwei 12 m lange Schwimmer aus Duraluminblech angeordnet (Abb. 6). Auf der Unterseite sind die Schwimmer vierstufig ausgebildet, um ein leichtes Freikommen des Flugzeuges vom Wasser beim Start zu gewährleisten. Jeder Schwimmer ist durch Querschotten in zehn wasserdichte Abteilungen abgeteilt.[1]) Um dieses Riesen-Seeflugzeug an Land bringen zu können, wurden besondere als „Rolljochen" bezeichnete Schwimmerwagen an seinen Schwimmern befestigt, während es sich noch auf dem Wasser befand. Alsdann konnte es mit eigener Kraft an Land rollen.

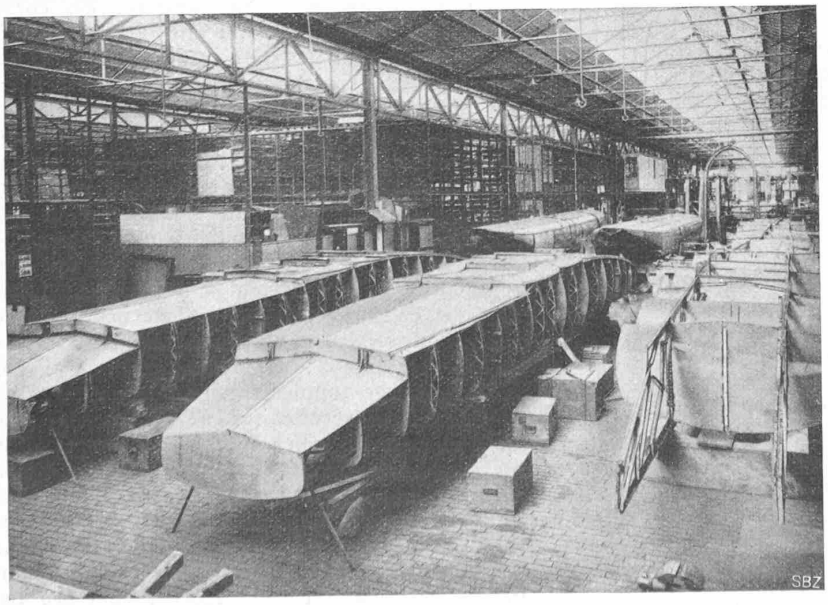

Abb. 5. Bau der Schwimmer aus Duralumin eines Riesen-Seeflugzeugs Typ „Staaken R VI".

Von besonderer Bedeutung für die Entwicklung des Riesenflugzeuges und des Luft-Fernverkehrs ist die drahtlose Telegraphie. Heute kommt im Luft-Fernverkehr für die grobe Ortsbestimmung bei Nachtflügen in allererster Linie die funkentelegraphische Peilung in Frage. Bei guter Organisation der Gegenstationen auf der Erde wurden mit dieser Methode sehr gute Erfahrungen gemacht. (Ein Bericht darüber ist in Vorbereitung. *Red.*) Die Bordstation der Staaken-Riesenflugzeuge ist mit Sender und Empfänger ausgerüstet und hat eine Reichweite bis zu 600 km.

Für den Flugbetrieb sind ferner die Verständigungs-Apparate an Bord für die Besatzung von grosser Wichtigkeit.

[1]) Die Erfahrungen mit diesen Duralumin-Schwimmern haben dazu geführt, jetzt Duralumin-Boote zu bauen. Siehe hierüber Seite 146 dieses Bandes (17. September 1921).

Man hat Versuche mit akustischen Apparaten gemacht, insbesondere mit Telephonen, Sirenen, Sprachrohren und dergl. Diese Methoden haben versagt. Nach längerer Flugdauer ist das menschliche Gehör durch den Motorlärm nicht mehr hinreichend aufnahmefähig. Gleichfalls haben die Versuche, auf optischem Wege durch Linsen und Prismen-Systeme die Befehle zu übermitteln, keine Erfolge gebracht. Gut hat sich dagegen die Verwendung von Maschinentelegraphen bewährt. Sie haben allerdings den Nachteil, dass die Anzahl der Befehle, die übermittelt werden können, beschränkt ist. Um aussergewöhnliche Meldungen zwischen der Besatzung austauschen zu können, wurde in die Staakener Riesenflugzeuge eine Rohrpostanlage eingebaut, die sich gleichfalls sehr gut bewährt hat.

(Schluss folgt.)

Influence de l'encastrement latéral dans les grands barrages.

Par *H. Juillard*, ingenieur.

(Fin de la page 274.)

II. Application.

Nous avons, pour illustrer cette théorie, traité un exemple particulier: le barrage Roosevelt (Arizona, U.S.A.). Afin d'éviter les a priori absolument injustifiés que l'on trouve trop souvent sur cette question dans la littérature moderne, il était nécessaire de traiter un barrage de grandes dimensions. Dans ce cas seulement on pourra conclure sur tous les effets qui se produisent, lesquels ne sont naturellement pas directement proportionnels aux dimensions et restent en partie inaperçus dans les ouvrages de moindre importance. Le passage du plus grand au plus petit est ensuite plus aisé que la généralisation du plus petit au plus grand.

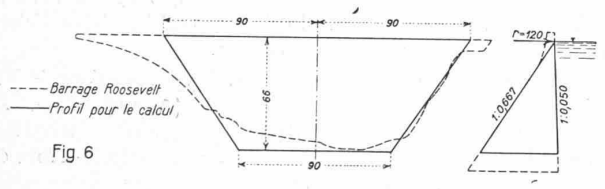

Fig. 6

Le barrage Roosevelt a été dimensionné comme mur de gravitation en réalisant la condition qu'il n'existe pas, — abstraction faite des souspressions de l'eau — d'efforts de traction sur le parement amont. Le mur a été établi en plan suivant un arc de cercle de 120 m de rayon. Il n'a pas été étudié (comme cela fut fait pour le barrage du Cheesman Lake[1]) qui lui est quelque peu antérieur) quelle était l'influence produite par la voûte et l'encastrement latéral. La forme du profil du barrage Roosevelt peut néanmoins être taxée de plus heureusement choisie que celle du Cheesman Lake Dam, ce qui provient des prémices trop peu justifiés sur lesquels se base le calcul de celui-ci.

L'hospitalité restreinte dont nous jouissons dans cette revue ne nous permet malheureusement pas de reproduire le détail du calcul qui seul donne une idée juste et claire de l'importance des divers facteurs composant les efforts, et de la manière dont ils varient en fonction de la position du point considéré. Nous devons donc nous borner à résumer ici les résultats les plus importants de ce calcul:

Sur le parement amont agissent dans les arcs des efforts de traction ascendant (naissance) à 5 kg/cm², tandis que sur le parement aval la pression atteint 10 kg/cm², en outre les efforts produits par la charge d'eau sur la poutre médiane sont environ de 20 % inférieurs à ceux survenant dans un mur de gravitation.

Il est à remarquer que la forme du barrage Roosevelt n'est pas du tout favorable pour l'action de la voûte horizontale et qu'en outre le profil employé est parmi les plus élancés qui aient été adoptés pour des ouvrages de cette importance. Ce profil serait en effet instable s'il devait supporter la retenue d'eau totale et les sous-pressions non réduites.

Considérons à titre comparatif une autre section de vallée triangulaire, par exemple avec escarpements latéraux inclinés à 45°, la longueur du couronnement et la courbure restant les mêmes, l'inclinaison des parements étant par contre celle correspondant à un mur de gravitation remplissant la condition qu'il n'agisse pas de traction sur le parement amont, même en considérant les *souspressions non réduites* (condition qui est remplie lorsque $c = \sim 0{,}85$, voir sous 3 *b*). Nous obtenons alors, dans les sections verticales, des efforts du même ordre de grandeur que ceux calculés pour le barrage Roosevelt, tandis que les poutres sont considérablement déchargées et que la pression maximum verticale n'agit non pas à la base, mais au $^3/_5$ de la hauteur à partir de la crète; la pression maximum calculée à ce point d'après Lévy n'est que très peu supérieure à la pression maximum agissant dans les arcs (celle-ci étant 10 kg/cm² au $^1/_4$ de la hauteur).

Ayant constaté que des efforts de traction relativement élevés peuvent se produire aux appuis, on objectera que dans ce cas l'encastrement latéral est détruit et que le barrage travaille comme mur de gravitation. Ceci n'est qu'en partie exact. Supposons en effet qu'une rupture se produise à la naissance des voûtes; dans ce cas la voûte devient un arc à deux articulations qui présente une plus grande fatigue dans le voisinage du sommet que l'arc encastré. Il y a donc danger d'une nouvelle rupture. Même après celle-ci, l'arc est néanmoins capable de travailler comme arc à trois articulations, et un renversement du barrage reste surbordonné à une destruction totale de la résistance à la compression de l'arc.

On ne saurait cependant tolérer la présence de telles fissures, et on sera ainsi amené à choisir une construction diminuant les efforts de traction c.-à-d. rendant l'encastrement effectif.

III. Influences non considérées et critique de la méthode.

Nous n'avons pas traité jusqu'ici l'influence des charges verticales: le poids propre et les sous-pressions.

Les *pressions verticales* exercent une influence sur les pressions horizontales et réciproquement. Un corps soumis à une pression subit en effet une dilatation dans le plan perpendiculaire à la pression. Cette dilatation ne pouvant s'effectuer librement dans tous les sens, il en résultera une résistance qui diminue la pression sur les éléments successifs. Il est impossible, sans trop compliquer les calculs, de tenir rigoureusement compte de ce phénomène, mais nous pouvons néanmoins en évaluer les effets. Les pressions dans le barrage sans retenue n'ont pas grand intérêt; leur répartition dépend beaucoup du mode de construction, mais il est légitime de supposer que les parties les plus fatiguées seront plutôt déchargées. Lorsque le barrage est en charge, les efforts verticaux sur le parement amont sont faibles et ne peuvent influencer beaucoup les efforts horizontaux; sur le parement aval par contre a lieu une charge supplémentaire des arcs au profit des poutres. Ces efforts secondaires ne sont pas défavorables puisqu'il ne peut s'agir que d'efforts de compression.

Les souspressions peuvent être considérées de deux points de vue différents relativement à la matière dont elles se produisent. On peut premièrement admettre que la souspression se transmet par porosité dans le barrage. La surface sur laquelle agirait alors la pression serait proportionnelle au volume d'eau contenu dans le barrage qui aurait subi de ce fait une augmentation de poids propre égal à la souspression. Plus défavorable est l'hypothèse suivant laquelle la souspression n'agirait que dans les fissures de la maçonnerie. Cependant comme celles-ci ne doivent être qu'un accident et non la règle générale dans un barrage, il n'y a pas lieu de faire une étude spéciale des efforts qu'elles produisent. Cette question est par

[1]) Voir „Proceedings of the American Society of Civil Engineers", mars, mai, août et septembre 1904.