

Die Hubbrücke über den Königshafen in Rotterdam.

Von Ing. P. Joosting, Utrecht.

Im „Köningshaven“ zu Rotterdam endet die wichtigste Schifffahrtsstraße vom Rhein nach der Nordsee und den Rotterdamer Hafenanlagen. Für den Eisenbahnverkehr von Amsterdam, Haag und Rotterdam nach Süddeutschland, Belgien, Frankreich und London über Vlissingen war über den „Köningshaven“ eine zweigleisige Eisenbahnbrücke gebaut, die zwei je 80 m lange, feste Fachwerkbrücken mit untenliegender Fahrbahn aufweist, und zwischen diesen eine Fachwerkdrehbrücke mit obenliegender Fahrbahn, die aus-

Für die Verbesserung der Verhältnisse haben wir uns deshalb die folgenden Bedingungen gestellt:

- Die Drehbrücke sollte ersetzt werden durch eine bewegliche Brücke anderer Art.
- Mittelpfeiler für die bewegliche Brücke sollten ausgeschlossen sein.
- Die Unterkante sollte bei geschlossener Brücke in derselben Höhe liegen wie die der festen Brücken nebenan.

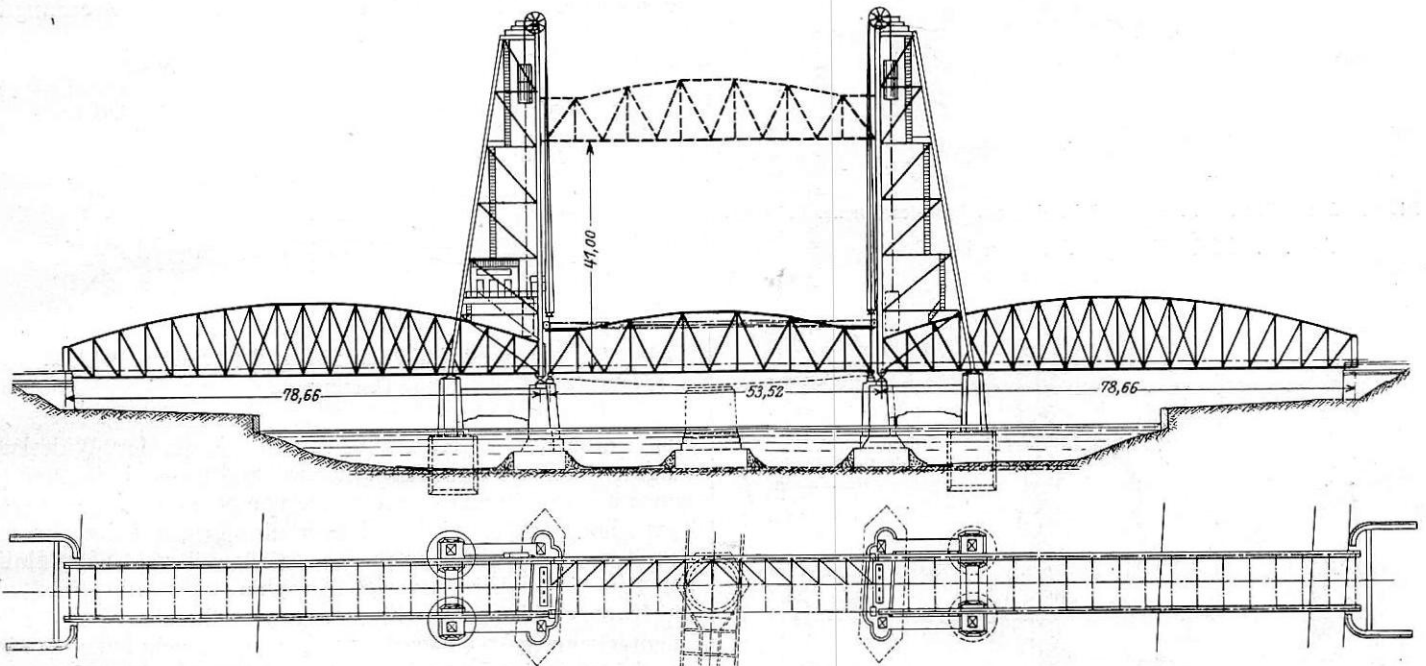


Abb. 1. Überbrückung des Königshafens in Rotterdam. Übersichtsplan.

geschwenkt der Schifffahrt zwei Öffnungen von je 20 m Breite bot. Die alte Drehbrücke ist in Abb. 1 gestrichelt angedeutet.

Da die durch die Drehbrücke fahrenden Schiffe sowohl an Zahl wie an Größe stark zugenommen haben und auch der Eisenbahnverkehr eine bedeutende Steigerung aufwies, kam es zu Unzuträglichkeiten, die eine Verbesserung der Verhältnisse dringend notwendig machten.

Für die Rheinschifffahrt allein hätte eine feste Brücke alles geboten, was man verlangen konnte, wenn ihre Unterkante dieselbe Höhe erhalten hätte wie die festen Brücken über den Rhein oberhalb Rotterdam. Aber die dafür nötige Hebung der Gleise um 3 m wäre nur mit Aufwand großer Summen zu erreichen gewesen, weil die Zufahrtsrampen vollständig zwischen den Häusern eingeschlossen sind und der Boden sehr nachgiebig ist. Dagegen verlangte die Rücksicht auf die Seeschiffe, Schwimmkrane usw. gebieterisch eine bewegliche Brücke mit größerer Durchfahrtsweite als der vorhandenen.

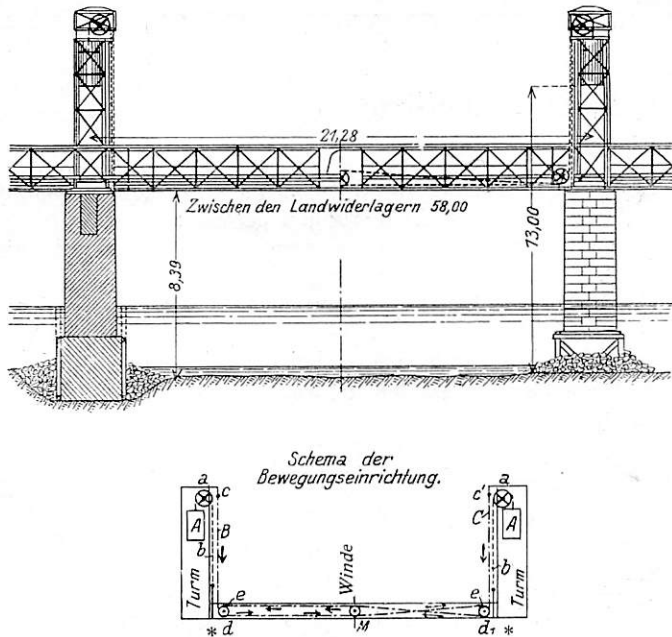
- Die Pfeiler der festen Brücken sollten nicht allzu schwer belastet werden.
- Die bewegliche Brücke sollte in $1\frac{1}{2}$ Minuten für die Schifffahrt geöffnet oder geschlossen werden können.
- Der Bau der beweglichen Brücke musste ohne Hilfsbrücke, ohne Störung des Eisenbahnverkehrs und ohne bedeutende Behinderung der Schifffahrt möglich sein. (Eine Hilfsbrücke konnte insbesondere deswegen nicht in Betracht kommen, weil die Zufahrtsrampen der Brücke vollständig von den Häusern eingeschlossen waren und eine seitliche Verschiebung der Gleise somit ausgeschlossen war.)
- Endlich sollte die neue bewegliche Brücke eine spätere Hebung der Gleise um 3 m ohne Störung des Eisenbahnbetriebes möglich machen.

Diese Bedingungen konnten nur durch den Bau einer Hubbrücke restlos erfüllt werden.

Eine Hubbrücke ist bekanntlich eine bewegliche Brücke, bei der durch lotrechte Hebung eines Teiles des Brücken-

tragwerks der erforderliche Verkehrsraum unter der Brücke freigemacht wird.

Die ersten Hubbrücken wurden vor etwa 75 Jahren gebaut. Der Hubbrückenbau entwickelte sich am meisten in den Vereinigten Staaten Nordamerikas, die Hubhöhe



* Die von den Rollen e kommenden Seile sind am Fuß des Turmes befestigt.

Abb. 2. Hubbrücke in Alt-Ofen bei Budapest.

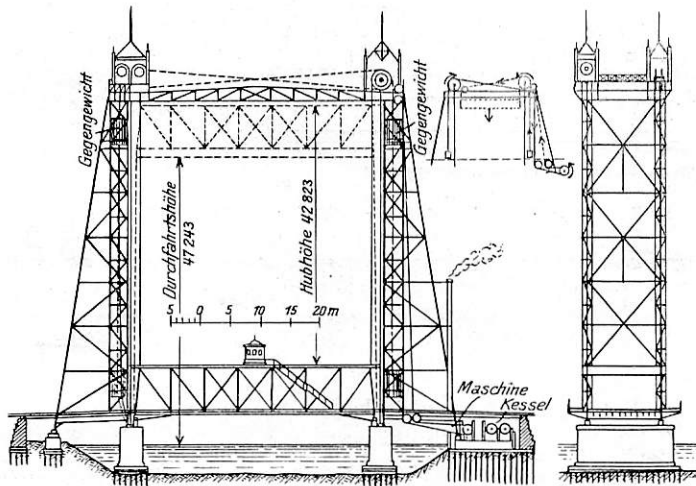


Abb. 3. Hubbrücke über den Chicago-Fluß in der South Halstedstraße zu Chicago.

blieb aber gering. Die meisten Hubbrücken wurden von Hand bewegt, in den Vereinigten Staaten aber auch wohl mittels Dampfmaschinen.

Eine Beschreibung der verschiedenen Bauarten fällt nicht in den Rahmen dieses Aufsatzes. Es sollen hier aber doch drei bemerkenswerte Ausführungen genannt werden und zwar erstens die im Jahre 1884 in Alt-Ofen für die Donau-Schiffahrtsgesellschaft erbaute, 6 m breite und 21 m lange Straßenhubbrücke (Abb. 2). An jeder der vier Ecken des beweglichen Brückenteiles befindet sich ein Turm, auf dessen Kopf ein Rad aufgestellt ist. Über die Räder führen Ketten, die an dem einen Ende Gegengewichte tragen, die das Gewicht der Brücke vollständig ausgleichen und die mit dem anderen Ende an der Brücke befestigt sind. In der Mitte jedes der

beiden Hauptträger befindet sich eine Winde, mittels deren zwei auf gemeinschaftlicher Achse befestigte Kettenrollen in Bewegung gesetzt werden können. An jedem der vier Pfeilertürme ist ferner eine Kette angebracht und mit ihren beiden Enden am Fuß und am Kopf des Turmes befestigt. Diese Kette ist über am Trägerende befindliche Rollen und über eine der Rollen der Winde geschlungen. Durch Drehen der Winde in dem einen oder dem anderen Sinne muß ein Heben oder Senken der Brücke erfolgen. Mit dieser Vorrichtung können zwei Leute die rund 45 t wiegende Brücke in 7 Minuten um 4 m heben.

Diese Bewegungsart ist deswegen besonders bemerkenswert, weil fast alle großen und modernen Hubbrücken in den Vereinigten Staaten Nordamerikas nach diesem Grundgedanken gebaut worden sind.

An zweiter Stelle sei genannt die zehn Jahre später von dem bekannten amerikanischen Brückenbauer Waddell entworfene und gebaute Straßenhubbrücke über den Chicago-Fluß in Chicago, die erste Hubbrücke mit großer Hubhöhe von etwa 42 m (Abb. 3). Das Gewicht der rund 300 000 kg wiegenden Brücke war auch wieder durch Gegengewichte ausgeglichen. Zum Heben und Senken diente anfänglich

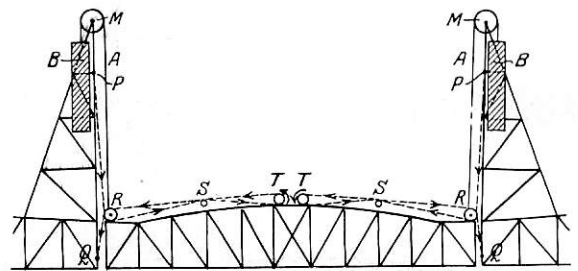


Abb. 4. Bewegungseinrichtung nach dem Patent Waddell und Harrington.

eine unter der Zufahrtstraße hinter einem der Widerlager aufgestellte Dampfmaschine, die zwei Seiltrommeln in Drehung versetzte, von denen ein erster Satz von Seilen im benachbarten Turm hochgeführt wird und über die nötigen Leitrollen und Scheiben zu dem zu bewegendem Brückenteil geht. Die Hälfte der Seile ist dabei über eine Eisenkonstruktion geführt, die die Köpfe der Türme verbindet. Ein zweiter Satz von Seilen, in entgegengesetzter Richtung auf die Trommeln aufgewunden, ist gleichfalls im Turm hochgeführt und geht über Leitrollen und Scheiben zu den Gegengewichten. Dreht die Maschine in einer Richtung, dann werden die an der Hubbrücke befestigten Seile auf die Trommeln gewunden, indem die an die Gegengewichte befestigten Seile ebensoviel abgewickelt werden, wodurch die Hubbrücke gehoben wird. Dreht die Maschine in entgegengesetzter Richtung, dann werden die Gegengewichte hochgezogen und somit die Brücke gesenkt.

Ketten, von denen das eine Ende an der Brücke, das andere an dem Gegengewicht befestigt ist, gleichen in jeder Stellung der Hubbrücke den Unterschied zwischen den Gewichten der Seile an beiden Seiten der Rollen auf den Türmen aus.

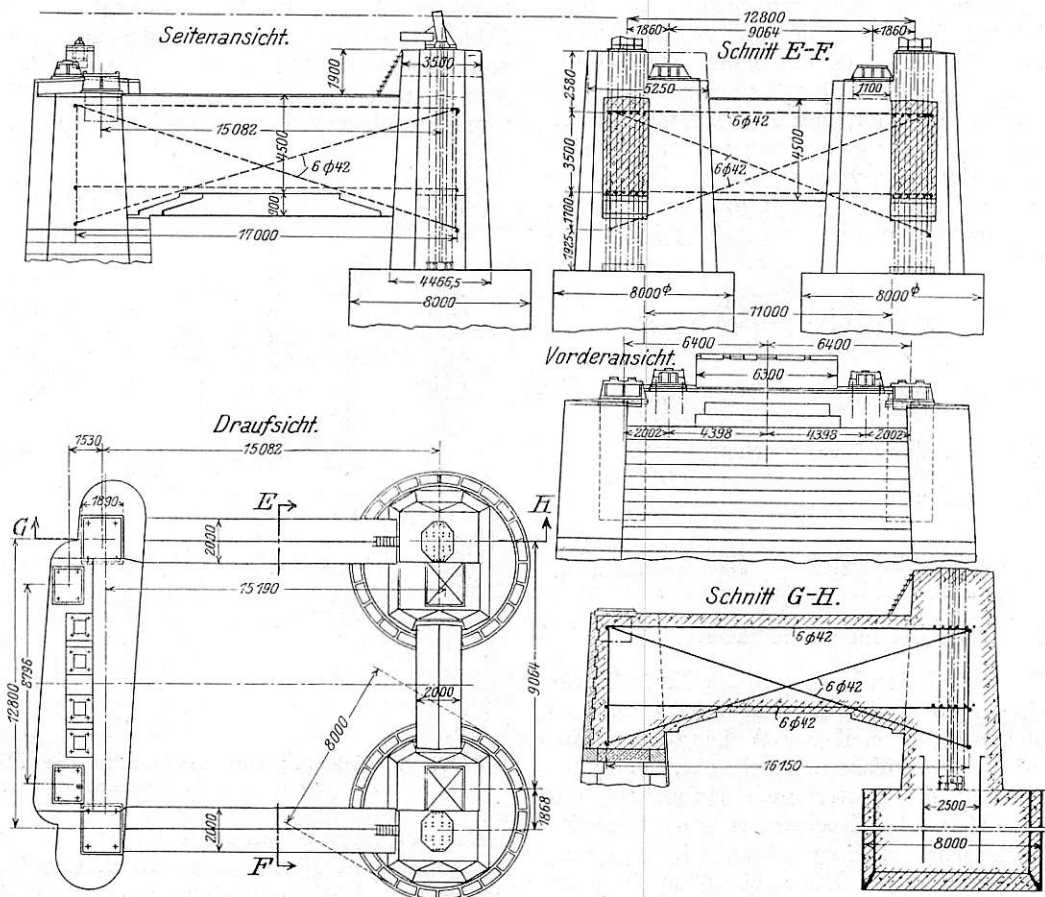
Obwohl diese Brücke sich sehr befriedigend verhielt, besonders seit in 1907 die Dampfmaschine durch einen Elektromotor ersetzt worden ist, sind doch viele Jahre vergangen, ehe andere große Hubbrücken dieser Art gebaut wurden.

Der große Aufschwung im Hubbrückenbau ist erst eingetreten, nachdem sich im Jahre 1909 die Firma Waddell and Harrington eine Anordnung zum Heben und Senken von Hubbrücken patentieren hatte lassen, die in Abb. 4

dargestellt ist. Der Antrieb ist in einer Kabine in der Mitte der Hubbrücke aufgestellt und besteht aus vier Seiltrommeln T, die durch eine und dieselbe, von zwei Elektromotoren angetriebene Welle bewegt werden. Von den Seiltrommeln gehen Seile unter Seilrollen, die an den Enden der Hubbrücke angeordnet sind nach den Köpfen der Türme und in entgegengesetzter Richtung auf den Trommeln aufgewundene Seile über Seilrollen an den Enden der Brücke nach den Füßen der Türme. Bei Drehung der Trommeln in einer Richtung werden die an den Köpfen der Türme befestigten Seile aufgewunden und die Brücke also hochgezogen, bei Drehung in entgegengesetzter Richtung dagegen werden die an den Füßen der Türme befestigten Seile aufgewunden, so daß die Brücke hinuntergezogen wird.

ruhen mittels Kipplager auf den alten Pfeilern; für die schrägen Hinterstiele sind neue Pfeiler hinter den alten gebaut worden; weil aber an den alten Pfeilern ab und zu wagrechte Bewegungen wahrgenommen worden waren, sind die alten und die neuen Pfeiler durch horizontale Eisenbetonbalken zu einem festen Ganzen verbunden worden.

Um die Verankerungen für die Lager der Türme anbringen zu können, mußten die alten Pfeiler unmittelbar neben den Auflagern der festen Brücken teilweise senkrecht nach unten abgebrochen werden. Die Auflager der beiden festen Brücken sollten dafür vorübergehend vollständig entlastet werden, was sich am bequemsten erreichen hätte lassen, indem man die festen Brücken nach vorhergehender Verstärkung vorübergehend auf den neuen Pfeilern abstützte.



In der Draufsicht bezieht sich das Maß 9064 auf den Abstand der alten Brückenaullager; die Entfernung der Eckstützen des Turmes der Hubbrücke ist 12800 mm.

Abb. 5. Einzelheiten vom Unterbau der Hubbrücke über den Königshafen zu Rotterdam.

Eine große Zahl bedeutender Hubbrücken ist seit 1910 von der Firma Waddell and Harrington nach dieser ihr patentierten Bauart ausgeführt, die im Wesen die gleiche ist, wie die schon 1884 in Alt-Ofen gebaute Brücke.

Nach dieser kurzen Abschweifung kehren wir zu der Brücke über den Königshafen zurück.

In erster Linie waren Hubtürme zu bauen. Wenn sich, wie hier, zu jeder Seite der Hubbrücke feste Brücken befinden, richtet man meistens die Türme auf den Obergurten der festen Brücken auf; in unserem Falle war das aber nicht zugänglich, einmal weil die Hauptträger der festen Brücken zu schwach waren und für das Gewicht der Türme nicht genügend verstärkt werden konnten und zum anderen weil man dadurch die alten Pfeiler, die die Auflager der festen Brücken tragen, zu schwer belastet hätte. Wir haben darum die Türme um die Enden der festen Brücken herumgebaut, unabhängig von diesen (Abb. 1). Die senkrechten Vorderstiele

Weil es aber von großer Wichtigkeit war, die alten Pfeiler, über deren Tragkraft man in Ungewißheit war, möglichst zu entlasten, lag es näher, die feste Brücke dauernd auf den neuen Pfeilern zu lagern und das überschüssende Ende auskragen zu lassen, wobei man die Abmessungen der neuen Pfeiler entsprechend vergrößerte. Hierdurch wurde erreicht, dass trotz der Belastung durch das Gewicht des Turmes und des beweglichen Brückenteiles der Druck des Pfeilers auf den Boden um nicht mehr als 25% vergrößert wurde. Die Auflagerung der festen Brücke auf den neuen Pfeilern bot noch einen Nebenvorteil und zwar den, daß dadurch die Kräfte in den Gurten dieser Brücke herabgesetzt wurden, so daß sie sich für eine größere Verkehrslast verstärken ließ, als sonst möglich gewesen wäre.

Weil die Schienenenden auf der festen Brücke die senkrechten Bewegungen des ausgekragten Teiles nicht mitmachen dürfen, sind die Längsträger des letzten Feldes mit dem

vorletzten Querträger beweglich verbunden, dann aber frei durch Löcher im Steg des letzten Querträgers geführt und mit ihrem freien Ende auf den alten Pfeilern in festen Lagern verspannt.

Die alten Pfeiler ruhen auf einem Betonkörper, der von einer Spundwand umschlossen ist. Weil Rammen unterhalb der festen Brücke nicht möglich war, wurden die neuen Pfeiler je auf zwei Senkbrunnen von 8 m Durchmesser gegründet. Die Brunnen reichten nur bis Niedrigwasser. Auf den Brunnen wurden Betonpfeiler aufgebaut, die unter sich und mit dem alten Pfeiler durch Eisenbetonbalken verbunden wurden (Abb. 5).

Ein wichtiger Punkt ist bei den Hubbrücken die lichte Höhe unter der gehobenen Brücke. Im allgemeinen wird man diese so wählen, daß die höchsten Schiffe, die man erwarten kann, zu jeder Zeit unter der gehobenen Brücke durchfahren können. Nun gibt es ein Paar Segelschiffe, deren Gestänge bis ungefähr 60 m über Wasser reicht. Weil aber diese Schiffe, wenn sie schon den Rotterdamer Hafen besuchen sollten, wohl kein Bedürfnis haben werden, eine Spazierfahrt auf dem Fluß stromaufwärts der Brücke zu machen und Brücken mit einer lichten Höhe von mehr als 45 m eine große Ausnahme bilden (die Forthbrücke in Schott-

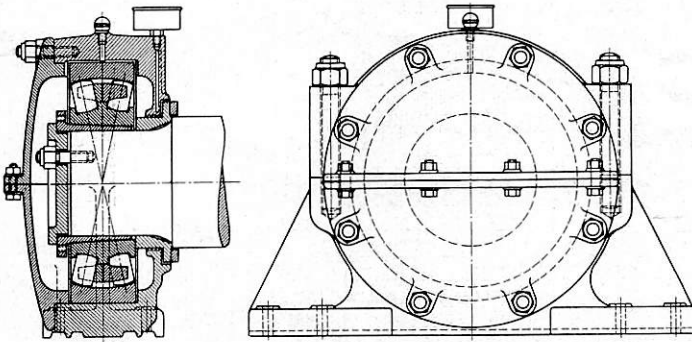


Abb. 6. Rollenlager für die Seilräder.

land, die Brooklynbrücke in Neu York und die Towerbrücke in London haben eine lichte Höhe von ungefähr 40 m über Hochwasser, die Brücken über den Kaiser-Wilhelm-Kanal eine solche von 42 m über dem Wasserspiegel usw.), hat die Regierung bestimmt, daß die Rotterdamer Hubbrücke mit einer lichten Höhe von 45 m über Hochwasser gebaut werden solle, daß aber der Entwurf so einzurichten sei, daß eine nachträgliche Vergrößerung dieser Höhe bis 60 m zu jeder Zeit ohne Störung des Eisenbahnbetriebs und mit nur geringer Behinderung der Schifffahrt möglich sei.

Die Türme sind nun entworfen für 60 m lichter Höhe der gehobenen Brücke. Bei der Ausführung sind aber vorläufig die oberen zwei Felder fortgelassen und die Seilräder mit ihrem Tragwerke entsprechend niedriger angebracht. Die Brücke kann nun bis 48 m über Hochwasser gehoben werden.

Sollte es nachträglich nötig werden, die gesenkte Hubbrücke um 3 m höher anzuordnen, so sollen die Türme in der jetzigen Höhe bleiben; es sollen nur die festen Brücken zwischen den Wänden der Türme um 3 m gehoben werden, wobei auch die Auflager des beweglichen Brückenteils 3 m höher gelegt werden. Bei der Anordnung der Querverbände der Türme ist mit dieser späteren Hebung der festen Brücken gerechnet.

Während der Ausführung hat die Regierung noch entschieden, daß die lichte Höhe unter der gesenkten Brücke schon möglichst bald um 1 m vergrößert werden soll, was ohne allzugroße Kosten ausgeführt werden kann; die Zahl der Rheinschiffe, die bei Hochwasser nicht unter der

gesenkten Brücke durchfahren können, wird dadurch um $\frac{6}{7}$ verringert.

Der bewegliche Brückenteil ist aufgehängt an 48 Stahldrahtseilen von 40 mm Durchmesser, die mit einem Ende an der Brücke, mit dem anderen an den Gegengewichten befestigt sind. Die Seile liegen auf acht mit je sechs Seilrillen versehenen Stahlgußrädern, die einen Durchmesser von 3,60 m haben und je rund 7500 kg wiegen.

Der Reibungswiderstand in den Achsen dieser Räder hätte, wenn sie Gleitlager erhalten hätten, ungefähr die Hälfte der übrigen, gewöhnlich zu überwindenden Kräfte betragen und immer noch rund $\frac{1}{4}$ der unter den ungünstigsten Verhältnissen zu leistenden Kraft (unter Ausschluß dieser Lagerreibung). Es wurden daher die Achsen in Pendelrollenlager der schwedischen Kugellagerfabrik S. K. F. in Götheborg (Abb. 6) gelagert. Diese Rollenlager, die je einem Druck von rund 75000 kg ausgesetzt sind, bestehen aus einem Außen- und einem Innenring, zwischen denen zwei Reihen tonnenförmiger Rollen eingeschlossen sind. Weil das Innere

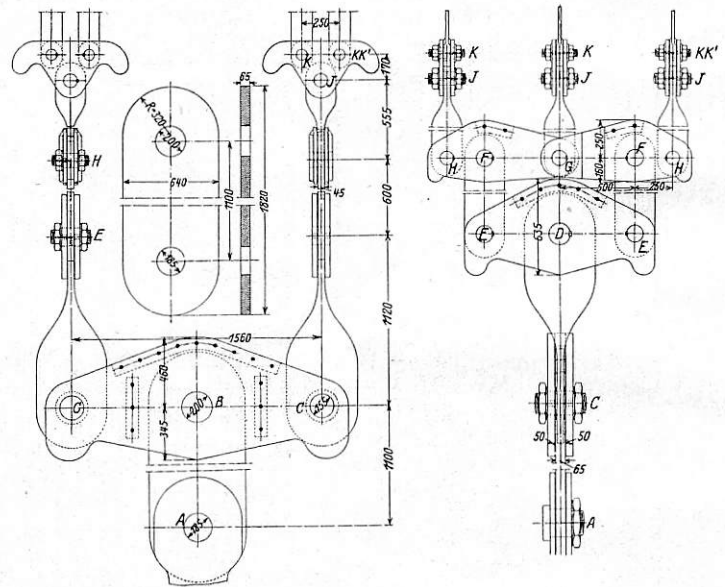


Abb. 7. Vorrichtung zum Aufhängen der Hubbrücke über den Königshafen zu Rotterdam an den Seilen.

des Außenringes genau nach der Form einer Kugel bearbeitet ist, können die Rollen sich seitlich verschieben und dadurch sich selbst richtig einstellen, wenn beim Aufstellen der Gehäuse ein kleiner Fehler entstanden ist.

Die Innenringe der Lager sind mittels Spannhülsen auf den Achsen befestigt, so daß die Rollenlager im Fall einer Beschädigung ohne große Schwierigkeiten ausgewechselt werden können.

Ein weiterer Vorteil dieser Lager ist, daß sie fast keinerlei Wartung bedürfen. Nur einmal im Jahre müssen die Gehäuse geöffnet, die Lager gereinigt und die Gehäuse mit Fett angefüllt werden. Gleitlager hätten dagegen ein- bis zweimal in der Woche geschmiert werden müssen. Nun ist es sicher, daß diese Arbeit in einer Höhe von rund 60 m bei ungünstigem Wetter, besonders im Winter, bisweilen vernachlässigt worden wäre und daß eine genaue Überwachung schwierig zu führen gewesen wäre. Dagegen kann man sich sehr leicht die Sicherheit verschaffen, daß die jährliche Untersuchung der Rollenlager, die in der günstigen Jahreszeit vorgenommen werden kann, vorschriftsmäßig ausgeführt wird.

Die Seile sind mit den Gegengewichten unmittelbar verbunden, mit der Brücke aber an jeder der vier Ecken

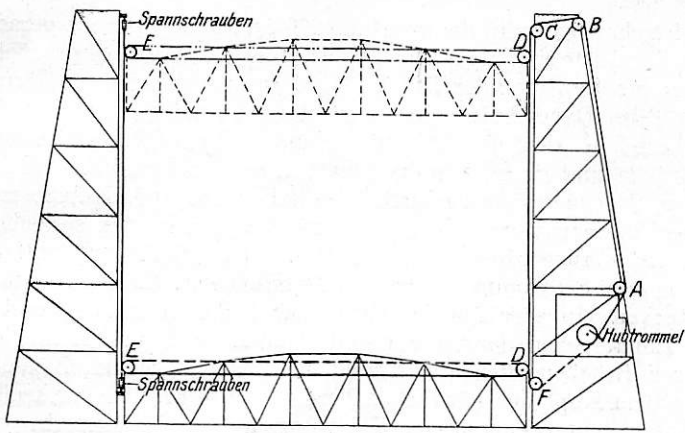


Abb. 8. Hub- und Senkseile der Hubbrücke über den Königshafen zu Rotterdam.

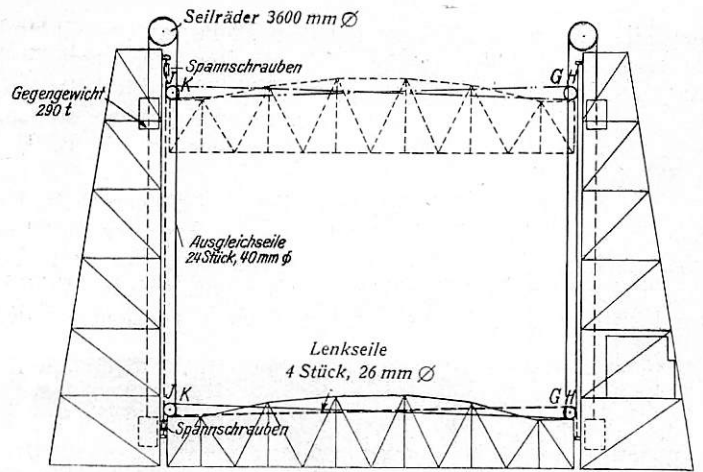


Abb. 9. Ausgleich- und Lenkseile.

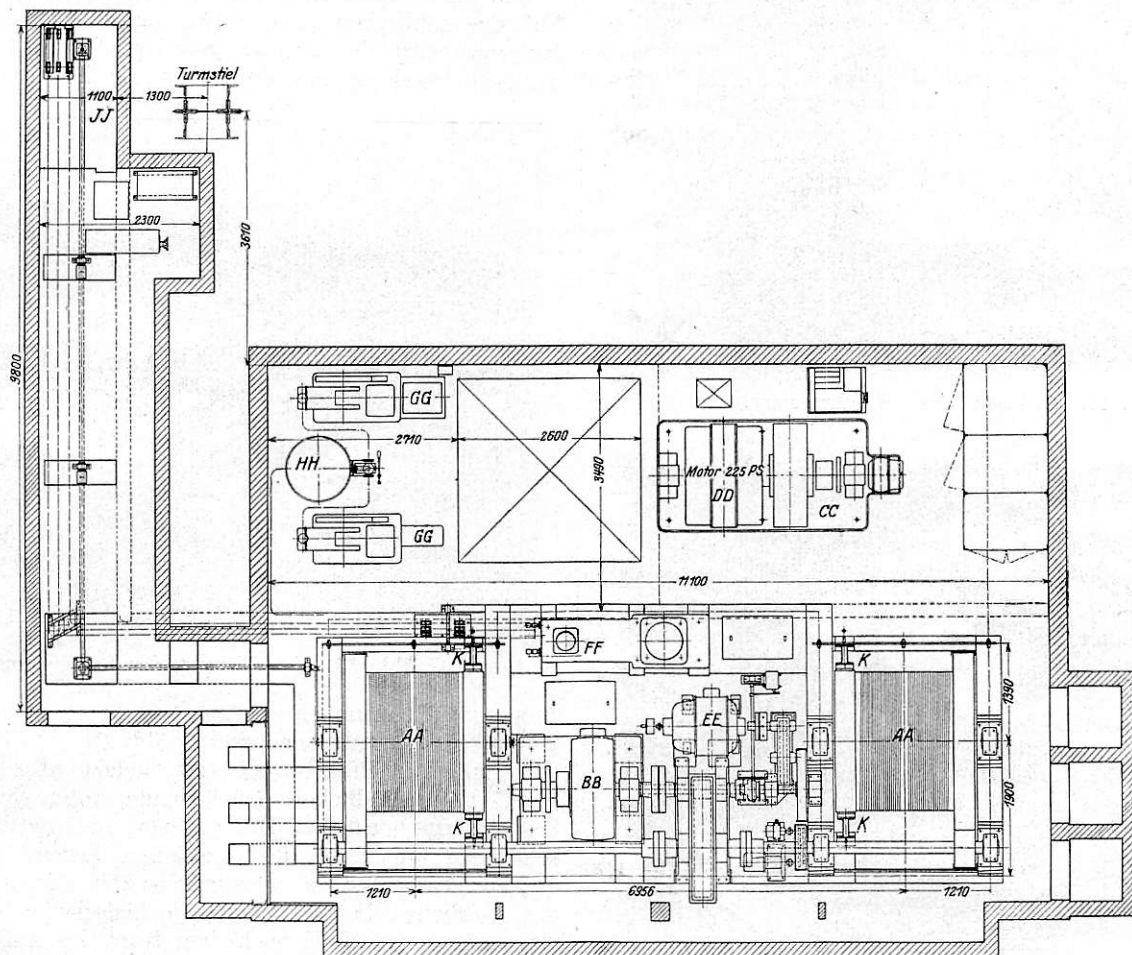


Abb. 10. Maschinenhaus.

mittels eines Hebelsystems (Abb. 7), das eine gleichmäßige Verteilung der Kraft auf die zwölf Seile gewährleistet.

Die große Breite der an den Enden der Seile angegossenen Seilmuffen machte es unmöglich, die Befestigung der Seile am Gegengewicht in eine Gerade zu legen. Um nun doch einer Änderung der Kräfte in den verschiedenen Seilen während der Bewegung der Brücke vorzubeugen, sind die Seile in geringem Abstand über den Seilmuffen mittels Seilklemmen in eine senkrechte Ebene übergeführt.

Die zwei Gegengewichte sind Betonkörper mit Eisengerippe.

Der genaue Gewichtsausgleich wird erreicht durch kleine Betonkörper, die nach Bedarf in einen mit Riffelblech ab-

gedeckten Kasten im oberen Teil der Gegengewichte untergebracht werden.

Der zu hebende Brückenteil unterscheidet sich von einer gewöhnlichen festen Balkenbrücke nur durch die später zu beschreibenden Seilscheiben und -rollen, durch die Aufhängevorrichtung und die Führungsrollen an den vier Ecken und durch die Auflager. An jeder Ecke der Brücke befindet sich oben eine feste Leitrolle, eine sogenannte Sturmrolle, die den seitlichen Winddruck von der Brücke auf den senkrechten Stiel des Turmes überträgt. Eine zweite Rolle, die mittels einer Feder gegen die Vorderseite des Stieles gedrückt wird, begrenzt die Bewegung der Brücke in ihrer Längsrichtung. Die festen Auflager bestehen aus einem Unterteil und einem

Oberteil. Der untere Teil ist auf dem Pfeiler aufgestellt und hat zwei 12 cm hohe, schräge Seitenbacken, der obere Teil hängt an der Brücke und hat ebenfalls zwei schräge Backen, die aber senkrecht zu der Längsachse der Brücke stehen. Beim Senken der Brücke zwingen die Backen die Brücke in die richtige Lage.

Auf dem festen Teil des beweglichen Auflagers befindet sich ein Pendel, das durch Blattfeder in senkrechter Stellung gehalten wird. Einer Bewegung des Brückenendes nach der Längsrichtung setzen diese Federn aber nur geringen Widerstand entgegen. Seitliche schräge Backen an dem an der

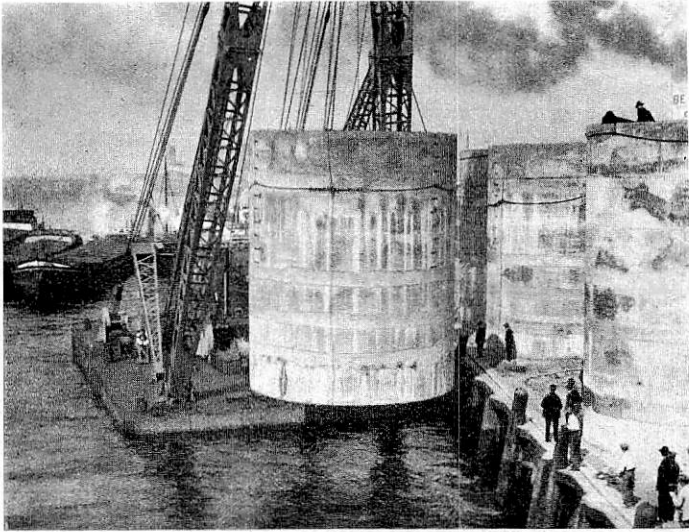


Abb. 11. Ablassen eines Senkbrunnens.

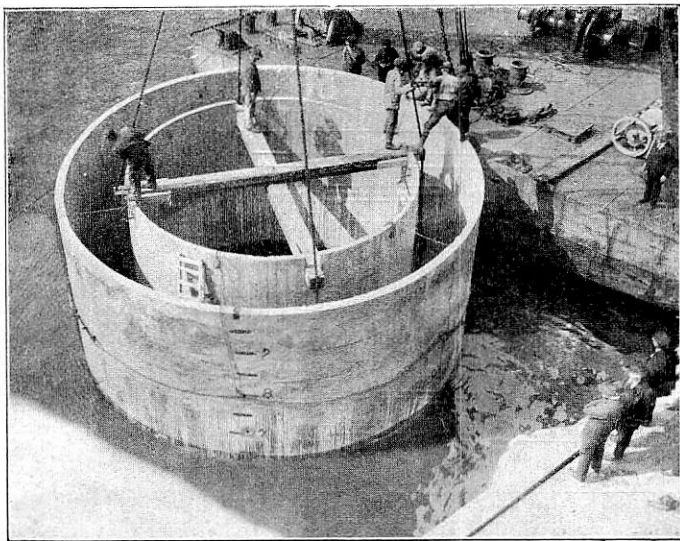


Abb. 12. Tauchen der Senkbrunnen.

Brücke hängenden Auflagerteil bringen das Brückenende in seitlicher Richtung in die richtige Lage, so daß die Schienenenden des beweglichen Brückenendes sich in die Stühle auf dem Pfeiler lagern, die auch die festen Schienenenden tragen.

Für die Bewegung der Brücke war anfänglich die oben genannte, in Amerika gebräuchliche, von Waddell und Harrington patentierte Vorrichtung in Aussicht genommen. Als aber bei der Ausarbeitung des Entwurfs klar wurde, daß die Kabine mit der maschinellen Anlage ein Gewicht von weit über 100000 kg haben werde, schien es geraten, eine andere Anordnung zu suchen. Es konnte doch unmöglich

wirtschaftlich sein, die ungefähr 600 t wiegende Brücke gerade in der Mitte mit mehr als 100 t ständig zu belasten, was nicht nur für die Stäbe der Brücke, sondern auch für die der Türme größere Querschnitte bedingen mußte. Hierbei darf nicht übersehen werden, daß eine Zunahme des Gewichtes der Brücke und derer ständigen Last eine ebensogroße Zunahme der Gegengewichte bedingt. Deshalb wurde die Kabine mit der Bewegungsvorrichtung im zweiten Felde des südlichen Turmes angeordnet, wie aus Abb. 8 zu sehen. Sie umfaßt nur zwei Seiltrommeln von 2 m Durchmesser. Die vier 26 mm starken Hubseile sind im Turm über Seilscheiben A, B und C geführt, gehen dann unter Seilscheiben bei D und E an den zwei Brückenenden durch und sind mittels Spannschlössern an dem Kopf des nördlichen Turmes befestigt. Die Senkseile, die in entgegengesetzter Richtung auf die Trommeln gewunden sind, gehen unter Seilscheiben F am Fuß des südlichen Turmes durch, dann über Seilscheiben bei D und E an den Enden der Brücke und sind an einer Spannvorrichtung am Fuß des nördlichen Turmes befestigt. Beim Aufwinden der Hubseile wird die Brücke gehoben, beim Aufwinden der Senkseile wird sie gesenkt. Um die Brücke während der

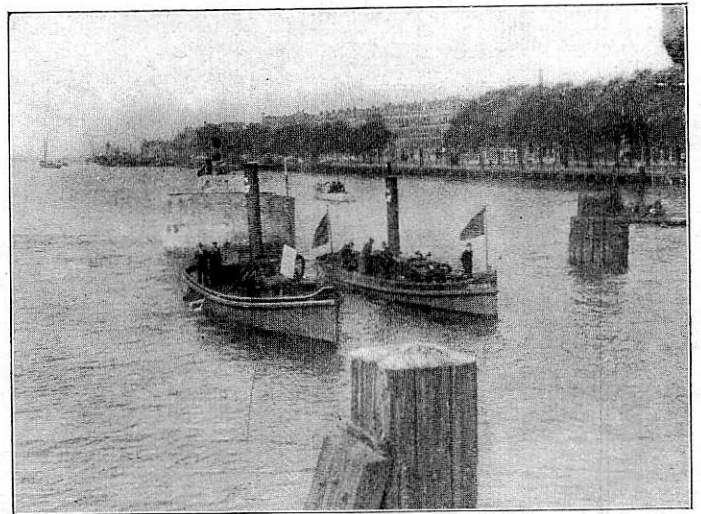


Abb. 13. Anschleppen der Senkbrunnen.

Bewegung in wagrechter Lage zu halten, sind noch vier 26 mm starke Seile angebracht (Abb. 9). Zwei sind am Fuß des südlichen Pfeilers befestigt, gehen über eine Scheibe bei G H am südlichen Brückenende, unter eine Scheibe bei J K am nördlichen Brückenende und sind mittels Spannschlössern am Kopf des nördlichen Turmes befestigt; die anderen zwei sind in entgegengesetzter Richtung vom Fuß des nördlichen Turmes über eine Seilscheibe bei J K unter eine Scheibe bei G H nach dem Kopf des südlichen Turmes gespannt.

Abb. 10 auf voriger Seite zeigt den Grundriß des Maschinenhauses. Die zwei Seiltrommeln AA werden mittels eines Zahnradvorgeleges angetrieben durch den 200pferdigen Gleichstrommotor BB. Dieser erhält seinen Strom von einem Leonard-Umformer CC, dessen 225pferdiger Drehstrommotor an das städtische Netz von 5000 Volt Spannung angeschlossen ist. Der vom Drehstrommotor angetriebene Gleichstromerzeuger wie der von letzterem gespeiste Windwerksmotor haben Fremderregung durch eigene Erregermaschine. Diese Vorrichtung ist imstande, die Brücke in einer Minute um 41 m zu heben. Ein 30pferdiger Gleichstrommotor EE, der seinen Strom unmittelbar vom städtischen Netz von 440 Volt erhält, dient als Reserve und kann die Hebung in 8 Minuten besorgen. Dieser Zeitbedarf ist selbstverständlich viel zu lang für den regelmäßigen Betrieb; der Reservemotor dient aber auch

Brücke beim Heben oder beim Senken sich der Endstellung nähert, stellt sich der Steuerhebel selbsttätig in die Nullstellung. Der Motor BB wirkt dann als Dynamo und verzögert so die Geschwindigkeit allmählich bis auf 10 cm/Sek. Sobald die Brücke dann beim Heben die erforderliche Höhe erreicht hat oder beim Senken auf einem Grenzanschlag angekommen ist, tritt die Bremse selbsttätig in Wirkung. Dasselbe geschieht, wenn der Hauptstrom des Hebemotors zu kräftig werden sollte, wenn der Ölschalter des Drehstrommotors auslöst, wenn der Magnetstrom des Hebemotors zu schwach wird, wenn die Spannung des Erregers einen bestimmten Wert unterschreitet, wenn der Luftdruck im Windkessel unter einen gewissen Wert sinkt, usw. Kurz, man kann sagen, daß auch ein nicht geübter Brückenwärter keine größeren Unfälle herbeiführen kann.

Ein Höhenanzeiger zeigt dem Brückenwärter, in welcher Höhe sich die Brücke befindet. Wenn sie beim Senken sich ungefähr 1,63 m über den Auflagern befindet, fängt ein

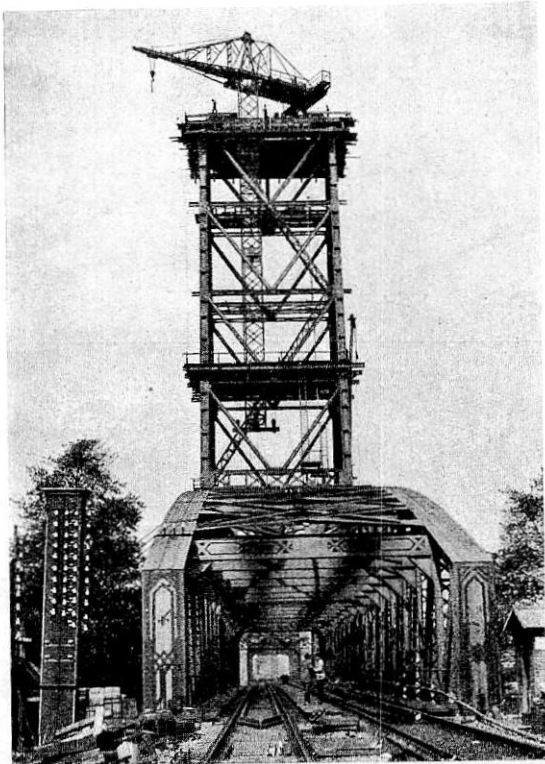


Abb. 17. Montagekran.

besonderer Zeiger an, die Höhenänderungen in größerem Maßstab anzugeben.

Ist die Brücke auf ihren Auflager angelangt, dann werden die Trommeln noch etwas weiter gedreht, so daß die Senkseile gespannt werden und die Brücke fest auf die Auflager drücken. Durch die Wirkung eines Zeitrelais werden die Seiltrommeln in dieser Stellung durch die Bremsklötze festgelegt. Erst dann kann der Brückenwärter den Motor, der die Verriegelung der Brücke besorgt, in Gang setzen und sodann die Eisenbahnsignale auf freie Fahrt stellen.

Am Tage zeigt ein 2000 Kerzen starkes weißes Licht, in der Nacht ein grünes Licht am südlichen Turm (in der Höhe der Unterkante der gehobenen Brücke angebracht), daß mindestens eine lichte Höhe von 45 m über Hochwasser frei ist. Sobald die Brücke sich wieder senkt, werden diese Lichter gelöscht; nachts wird dann ein rotes Licht gezeigt.

Nach dieser Beschreibung des Entwurfs seien noch einige Mitteilungen über den Bau der Brücke angefügt.

Die Gute Hoffnungshütte in Oberhausen, die sich mit der Holländischen Gesellschaft für die Ausführung von Eisenbetonbauten zusammengetan hatte, machte bei der öffentlichen Verdingung das billigste Angebot für den Bau der Pfeiler, die Verstärkung der festen Brücken, die Herstellung der Hubbrücke mit Türmen, den Umbau der Drehbrücke, die Auswechslung der Drehbrücke über die Maas bei Dordrecht gegen die umgebaute Rotterdamer Drehbrücke, den Abbruch der überflüssig gewordenen Mittelpfeiler und Leitwerke und schließlich den Bau neuer Leitwerke. Die Firma Kloos en Zonen's Werkplaatsen in Kinderdijk (Holland) gab das zweitbilligste Angebot ab. Die Gute Hoffnungshütte wurde mit der Ausführung der Arbeiten betraut.

Die Senkbrunnen sollten nach dem Entwurf aus einer Außenwand und einer Innenwand gebildet werden, so zwar, daß an dem unteren Ende eine Schneide entstand, wobei die

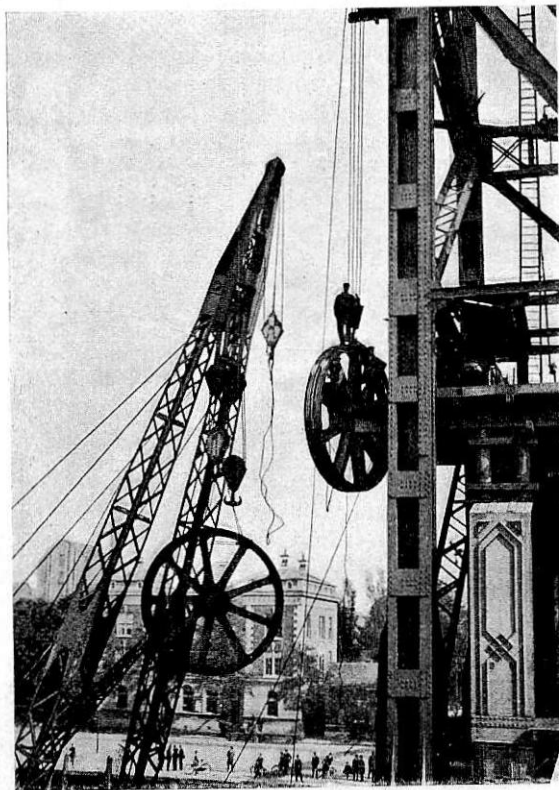


Abb. 18. Hochziehen der Seilräder mittels des Montagekrans.

zwei Wände durch Querschotten verbunden werden sollten. Die Brunnen sollten an anderer Stelle angefertigt und dann schwimmend nach der Baustelle gebracht werden, wo sie dadurch abgesenkt werden sollten, daß die Räume zwischen den Wänden mit Wasser gefüllt würden. Die Holländische Gesellschaft beantragte aber eine Konstruktion ohne Querverbindungen zwischen Außen- und Innenwand. Zwar mußten dann die Außenwände kräftiger ausgebildet werden, aber der Mehraufwand an Eisenbeton wurde nach der Meinung des Unternehmers wett gemacht durch die Ersparnisse an Schalungskosten.

Nach Genehmigung dieses Antrags wurden die Brunnen am Ufer des Waalhafens in Holland angefertigt. Für die äußeren Schalungen wurden gebogene, durch angenietete Winkelleisen versteifte Bleche benutzt; durch Schrauben in den senkrechten Versteifungswinkeln wurden sie zu einem 1,50 m hohen Ring verbunden. An der Innenseite wurden Holzschalungen verwendet. Durch Verwendung von Dyckerhoff-Doppelzement war es möglich, bereits vier Tage nach

der Betonierung eines Ringes von 1,50 m Höhe die Schalungen zu entfernen und um 1,50 m höher aufzustellen, so daß auf den unteren Ring weiter aufgebaut werden konnte. Die vier Brunnen wurden bei einer Höhe von je 10 m in dieser Weise binnen sechs Wochen fertiggestellt. Ein Schwimmkran brachte sie ins Wasser (Abb. 11 und 12) und Schleppdampfer besorgten das Einschwimmen auf die Baustelle (Abb. 13). Hier wurde der ringförmige Raum zwischen den Wänden mit Wasser gefüllt; dadurch wurden die Brunnen bis auf die Flußsohle gesenkt; mittels eines Greifbaggers wurden dann die Bodenmassen aus dem Brunnen ausgehoben und die Brunnen so bis auf die erforderliche Tiefe weiter gesenkt, nachdem vorher auf dem oberen Rand der Außenwand die gebogenen, mit Winkel-eisen versteiften Bleche, die als Schalung bei der Anfertigung der Brunnen gedient hatten, befestigt worden waren, um das Hochwasser abzuhalten (Abb. 14). Bei den zwei Brunnen für den nördlichen Pfeiler wurde den Sondierungen entsprechend im Untergrunde nur Sand angetroffen, bei den Brunnen für den südlichen Pfeiler dagegen fand sich bis zu der für die Unterkante der Brunnen in Aussicht genommenen Tiefe von 20,80 m unter Schienenoberkante nur Schlamm. Neue Sondierungen in den Brunnen zeigten, daß der Boden sehr unregelmäßig war und daß es erforderlich war, die Brunnen noch etwa um weitere 4 m zu senken. Die versteifte Blechwand, die das Hochwasser abwehren sollte, mußte dann selbstverständlich auch um 4 m erhöht werden, aber der untere Teil hätte dann 0,4 atm Wasserdruck mehr aufzunehmen gehabt, was ihm nicht zugemutet werden konnte. Daher wurden zuerst Eisenbetonringe von 2 m Höhe angefertigt, die denselben Durchmesser hatten wie die Innenwand des Brunnens; diese wurden auf den oberen Rand der Innenwand gestellt und dann wurde der ringförmige Raum zwischen Innenwand und Außenwand (zwischen dem Eisenbetonring und der versteiften Blechwand) mit Beton ausgefüllt (Abb. 14, Pfeiler SW und SO). Nun ließ man die zwei Brunnen durch Ausheben der Grundmassen weiter absinken, bis die Unterkante festeren Boden erreicht hatte. In die Brunnen wurde dann eine Schicht Beton (2 Zement, 1 Traß, 4 Kalk, 4 Sand, 7 Flußkies) von 4,50 bis 6 m Stärke unter Wasser eingebracht. Nach der Erhärtung des Betons wurde das Wasser aus den Brunnen entfernt und der Raum weiter bis zur Höhe des niedrigsten Wasserstandes mit Beton (1 Zement, $\frac{1}{2}$ Traß, 4 Sand, 6 Flußkies) ausgefüllt. Hierauf wurden nun Betonpfeiler, die je aus zwei achteckigen Betonsäulen bestehen, aufgebaut.

Die neuen Pfeiler sollten, wie schon erwähnt, je durch zwei kräftige Eisenbetonbalken mit den alten Pfeilern verbunden werden. Um die kostspieligen Schalungen für diese schweren Balken zu vermeiden, wurden Kasten aus Eisenbeton hergestellt, die die äußere Form der Verbindungsbalken hatten. Diese wurden mittels eines Schwimmkranes in Aussparungen in den alten und in den neuen Pfeilern eingehängt und später, nachdem die Eisenarmierung darin angebracht war, mit Beton ausgefüllt (Abb. 15). Weil die Brunnen sich im Anfang noch um 3 bis 6 cm gesenkt hatten, wurden die Querverbindungen erst mit Beton gefüllt, als die Brücke fertig war und sämtliche Pfeiler die größte ruhende Last trugen, so daß weitere Senkungen nicht mehr wahrscheinlich erschienen. Abb. 14 zeigt, daß die neuen Pfeiler bedeutend tiefer gegründet wurden als die Unterkante der Spundwände der unmittelbar benachbarten alten Pfeiler liegt.

Wegen der geringen Entfernung der neuen Pfeiler von den alten (etwa 10 m) war hierbei die äußerste Vorsicht geboten. Es wurde dafür gesorgt, daß das Wasser in den Brunnen immer höher stand als außerhalb, damit einer Wasserbewegung unter der Schneide des Brunnens von außen

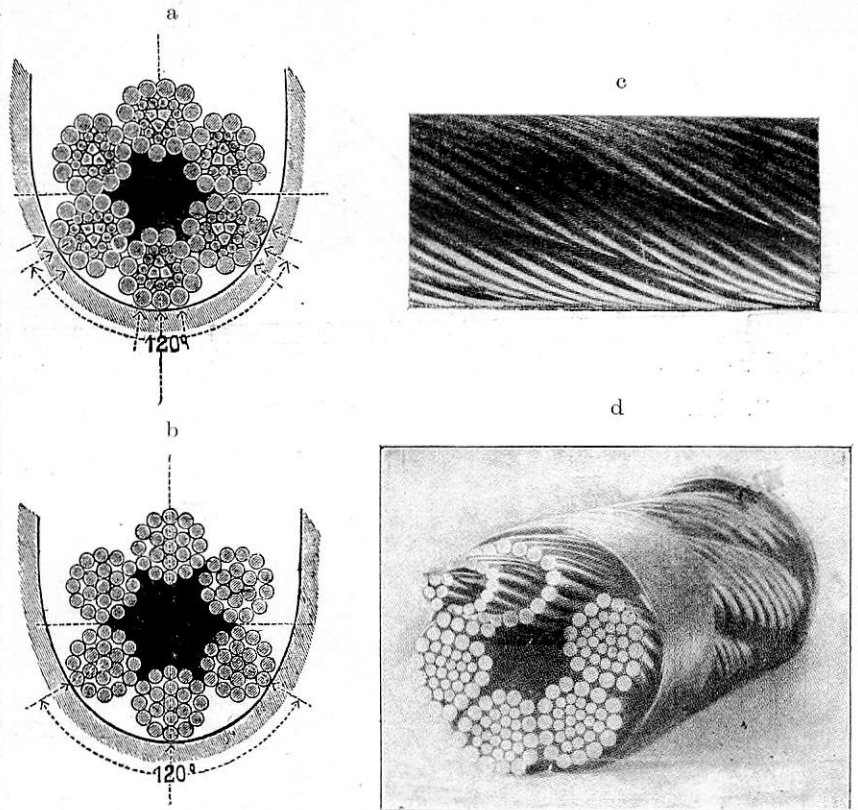


Abb. 19. Kabel.

- a Seil mit Dreieckssträngen von Felten und Guilleaume,
 b Seil mit runder Seele,
 c Seile in Langschlag,
 d Seil mit Dreieckssträngen von Hood-Haggie.

nach innen, die eine Unterspülung des alten Pfeilers hätte verursachen können, vorgebeugt wurde. Diese Fürsorgen haben sich als zweckdienlich erwiesen. Senkungen der alten Pfeiler waren auch bei genauesten Messungen nicht wahrnehmbar.

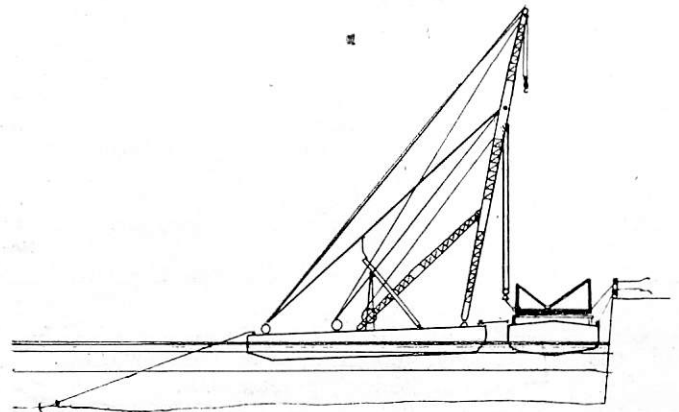


Abb. 20. Der westliche Hauptträger wird vom Schiff durch die Kräne abgehoben.

Die Verstärkung und der Umbau der festen Brücken umfaßte die Verstärkung der Druckgurte, die Verstärkung, Verstärkung oder Auswechslung verschiedener Schrägstäbe, die durch die Umstellung der Auflager bedingt war, und den

Einbau einer Strebe über dem neuen Auflager. Bei der Ausführung sind keine Schwierigkeiten vorgekommen.

Die Hubtürme sind in den Werkstätten der Gute Hoffnungshütte in Sterkrade angefertigt; die verschiedenen Teile wurden mit der Bahn nach Rotterdam auf den Kai in die unmittelbare Nähe der Baustelle gebracht, mittels eines Schwimmkranes vom Eisenbahnwagen gehoben und in dem Turm aufgestellt.

schritt der Aufstellung erforderte, konnte der Kran mittels dieser Flaschenzüge höher gezogen werden. Auch die großen Seilräder von 3,60 m Durchmesser und 7500 kg Gewicht wurden mittels dieses Kranes hochgezogen und aufgestellt (Abb. 18). Auf die Seilräder wurden nun die Gegengewichtsseile gehängt, wofür Seile aus Dreikantlitzen in Aussicht genommen waren. Anfänglich hatten wir mit einer Bruchfestigkeit der einzelnen Drähte von 180 kg/mm^2 gerechnet, um eine möglichst große Sicherheit zu erzielen. Als uns aber bei Besprechungen mit deutschen und englischen Firmen klar geworden war, daß eine zu große Sicherheit keinen Vorteil bietet und die Lebensdauer von Seilen aus weicherem Stahl größer sein kann als die von Seilen gleicher Querschnitte aus härterem Stahl, haben wir die Bruchfestigkeit der Drähte auf 140 bis 160 festgesetzt, wobei eine sechs- bis siebenfache Sicherheit gegen Bruch erreicht wurde. Die Dreikantlitzen werden nach zwei Arten hergestellt. Die Firma Felten und Guilleaume in Mülheim am Rhein baute die Litzen mit einer Seele aus drei Formdrähten aus weicherem Stahl, die zusammen ein Dreieck bilden (Abb. 19 a u. c); die englische Firma Hood-Haggie ver-

wendete eine Seele aus sechs zu einem Kern geflochtenen Runddrähten und zwar aus derselben Form wie die übrigen Drähte (Abb. 19 b u. d). Nun behaupten einige Verbraucher, daß die Formdrähte der Seile von Felten und Guilleaume mehr angestrengt werden als die längeren Runddrähte, die schraubenförmig um sie gewunden sind; dadurch könnten sie nach einiger Zeit in kleine Stücke zerfallen, so daß deshalb die englischen Seile eine längere Lebensdauer haben. Ob dies zutrifft, ist nicht bekannt; weil aber der Preis der englischen Seile bedeutend höher war als der der deutschen Seile und wir die Lebensdauer der deutschen Gegengewichtsseile doch wohl auf ungefähr 25 Jahre glaubten annehmen zu dürfen, in welcher Zeit wir soviel an Zinsen gespart haben werden, daß wir uns für die Ersparnis neue deutsche Seile kaufen werden können,

haben wir uns für die 40 mm starken Gegengewichtsseile zu der Bauart von Felten und Guilleaume entschlossen. Die Bewegungs- und die Führungsseile, die bedeutend mehr angestrengt werden und deshalb eine kürzere Lebensdauer haben werden, haben wir zur Hälfte von der Firma Felten und Guilleaume und zur anderen Hälfte von der Firma Hood-Haggie and Cie in New-Castle on Tyne bezogen, in der Hoffnung, dadurch Erfahrungen über die Bewährung der zwei verschiedenen Bauarten sammeln zu können.

Hierbei sei noch bemerkt, daß die Amerikaner vorschreiben, daß die Drahtseile mit angegossenen Muffen, bevor sie in die Brücke eingebaut werden, versuchsweise mit der Hälfte der Bruchlast belastet werden sollen. Bei einer Nachfrage an einer der bedeutendsten amerikanischen Drahtseilwerken bekamen wir aber die Nachricht, daß diese Probe zwar vorgeschrieben sei, aber nie ausgeführt werde und daß die Drahtseilwerke auch nicht auf diese Probe eingerichtet seien.

Die Firma Felten und Guilleaume hat sich für diese Streckprobe eigens eine Vorrichtung gebaut, womit man genau die bleibenden und die elastischen Dehnungen bei verschiedenen Belastungen feststellen konnte. Wir haben aber die Belastungen nicht so hoch getrieben wie es die amerikanischen Vorschriften vorschreiben, weil bei Belastung mit der Hälfte der Bruchlast die Seile einer unerwünschten Überanstrengung ausgesetzt sein würden; wir haben uns vielmehr bei der Probe mit dem Zweifachen der Nutzlast begnügt, das ist also mit $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der Bruchlast.

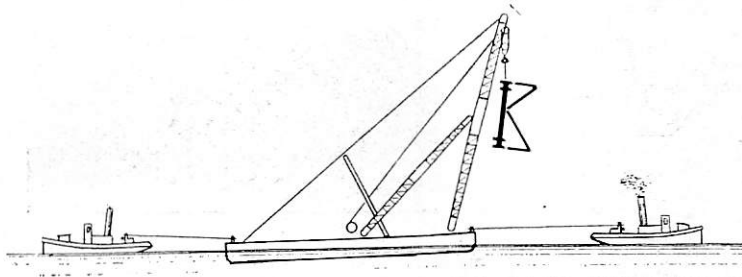


Abb. 21. Der westliche Hauptträger wird an die Brücke gefahren.

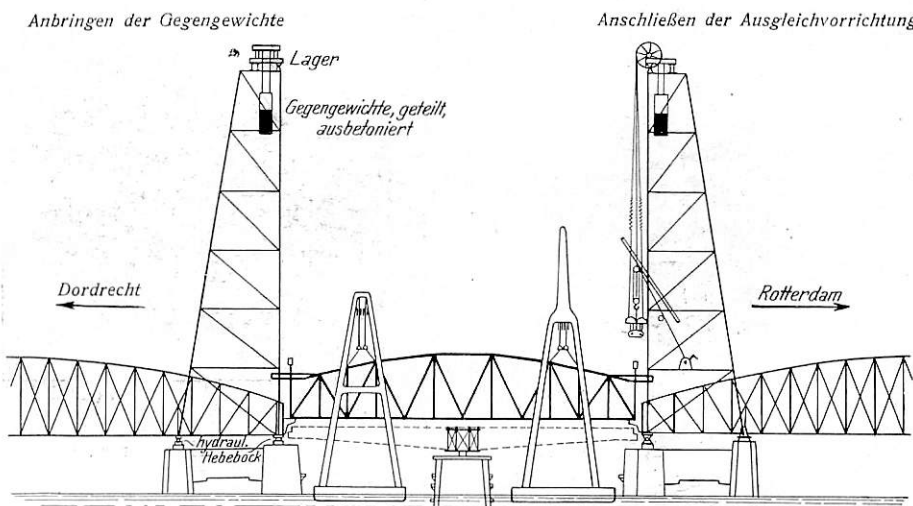


Abb. 22. Aufsetzen des westlichen Hauptträgers.

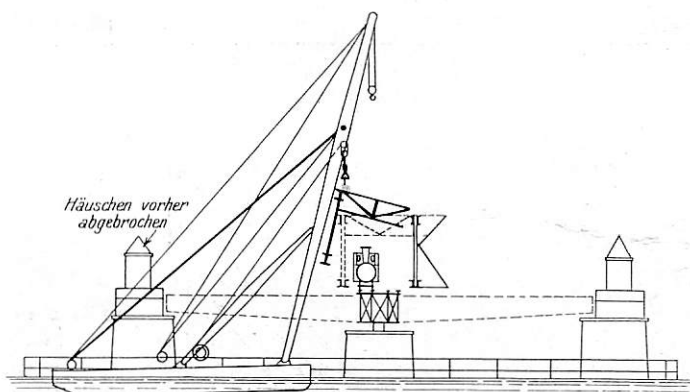


Abb. 23. Der östliche Hauptträger wird auf die Konsolen gesetzt.

Abb. 16 zeigt, wie die Kipplager für die senkrechten Stiele der Türme nach dem Pfeiler gebracht wurden. Auf diese Lager wurden die Stiele aufgesetzt. Dabei wurden Teile bis zu 20 m Länge und 30000 kg Gewicht bewältigt. Die Aufstellung ging sehr rasch. In drei Wochen waren die unteren drei Felder eines Turmes aufgebaut; leider erlaubte die Höhe der Schwimmkräne nicht, noch mehr Felder aufzustellen. Die G. H. H. ließ darum einen elektrisch angetriebenen Drehkran anbringen, dessen Stiel auf wagrechten Trägern ruhte, die mittels zweier Flaschenzüge an den Gerüstbalken des dritten Feldes aufgehängt waren (Abb. 17). Je nachdem es der Fort-

Die Firma Hood-Haggie hatte sich keine Versuchseinrichtung für die von ihr zu liefernden Seile gebaut; wir haben daher selbst vor dem Einbau der Seile mittels Winden, Flaschenzügen und Kraftmessern eine Streckung vorgenommen, damit die bleibende Dehnung schon vorweg möglichst herausgeholt würde. Dabei zeigte sich, daß bei den englischen Seilen sowohl die bleibende wie auch die elastische Dehnung viel geringer war als die der deutschen und zwar war die bleibende Dehnung der englischen Seile ungefähr $\frac{1}{5}$ der bleibenden Dehnung der deutschen Seile. Für die elastische Dehnung war das Verhältnis 1:2. Ob man daraus Schlüsse ziehen darf auf die Güte oder die Lebensdauer der Seile, ist fraglich. Wohl aber beweist es, daß die Dehnungen der Seile verschiedener Hersteller große Unterschiede aufweisen können und es deshalb erwünscht ist, für Hubbrücken alle Seile, die demselben Zwecke dienen, von einer und derselben Fabrik zu beziehen.

Die vorherige Streckung der Drahtseile hat nicht verhindert, daß doch in den ersten Monaten nach der Inbetriebsetzung der Brücke die Bewegungsseile sich noch bleibend gedehnt haben, und zwar die englischen Seile um rund 0,80 m und die deutschen Seile rund 1,60 m für ein Hub- und ein Senkseil, also für eine Länge von 225+104 m. Bei der Streckung in der Fabrik mit der mindestens zweifachen Belastung war die bleibende Dehnung für dieselbe Länge bei den deutschen Seilen 1,15 m, bei den englischen 0,25 m. In der letzten Zeit haben die Seile sich kaum mehr gedehnt. Auch in Amerika hat man die Erfahrung gemacht, daß in den ersten zwei bis drei Monaten die Hub- und die Senkseile wiederholt nachgespannt werden müssen, daß aber nachher eine Dehnung nur in sehr geringem Maße auftritt.

Die Gegengewichtsseile werden sich wahrscheinlich auch etwas gedehnt haben, aber das Maß haben wir nicht festgestellt, weil diese Seile nicht nachgespannt werden. Daß die Dehnung jedenfalls für alle Gegengewichtsseile dieselbe gewesen sein muß, geht aber aus dem gleichen Stande der Hebel der Ausgleichvorrichtung hervor.

Die Montage des beweglichen Brückenteiles hatten wir folgendermaßen geplant. Dieser Teil sollte in den Werkstätten des Unternehmers einschließlich der Gleise vollständig fertiggestellt werden. Die Gegengewichte sollten ebenfalls zusammengebaut und in den Türmen an Stäben aufgehängt werden, die Gegengewichtsseile sollten auf die Seilscheiben gelegt und mit dem einen Ende an dem Gegengewicht, mit dem anderen an der Ausgleichvorrichtung befestigt werden.

Der bewegliche Brückenteil sollte nun in solcher Höhe auf zwei Schiffe gelegt werden, daß es möglich sein würde, sie über die ausgeschwenkte Drehbrücke hinweg zwischen die Türme einzuschwimmen. In dieser Stellung sollten dann die an den Gegengewichtsseilen hängenden Ausgleichvorrichtungen an der Brücke befestigt werden, wozu man nur vier Bolzen einzuschieben gehabt hätte. Sodann sollten die Gegengewichte gesenkt und somit die Brücke hochgezogen werden. In dieser gehobenen Stellung der Brücke hätte man dann die Bewegungs- und die Führungsseile anbringen können. Hierauf sollte die Brücke probeweise auf- und abbewegt werden, wobei sie selbstverständlich immer mindestens 3 m über ihren Auflagern hätte bleiben müssen. Sobald die Bewegung ohne jede Schwierigkeit stattgefunden hätte, sollten in einer Nacht von Sonntag auf Montag (es fahren dann zwischen dem letzten und dem ersten Personenzug

nur einige Güterzüge, die nötigenfalls hätten ausfallen können) zwei oder drei Schwimmkräne die 260 t schwere Drehbrücke

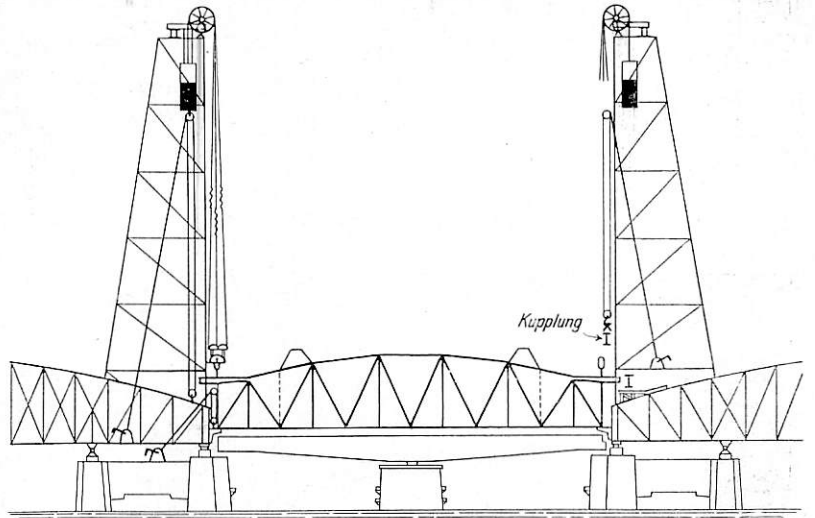


Abb. 24. Fertig zum Heben der Hauptträger.

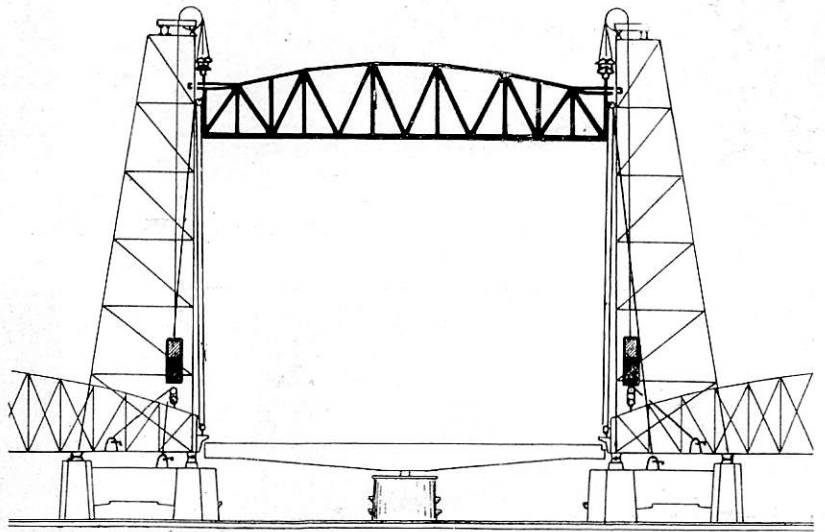


Abb. 25. Hauptträger in Höchstlage.

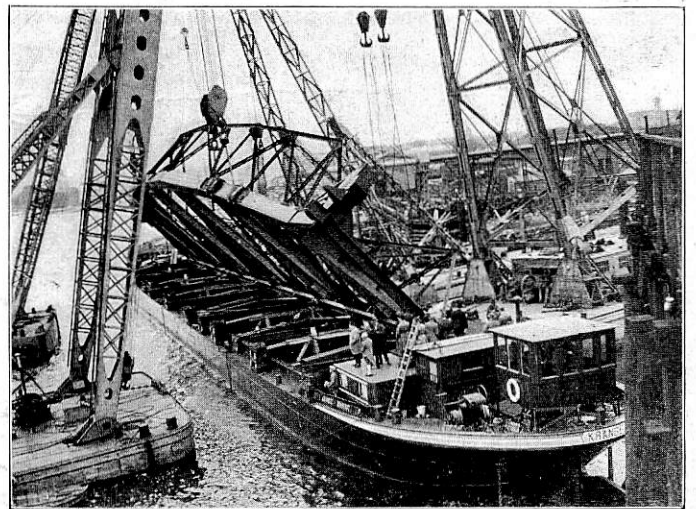


Abb. 26. Westlicher Hauptträger, mittels Kranen vom Schiff geleichtert.

und ihren Königszapfen entfernen, worauf man die Hubbrücke auf ihre Auflagern hinablassen wollte.

Diese Arbeitsweise war sehr geeignet für Niederländische Firmen, die eine Werft am Fluß in der Nähe von Rotterdam besitzen, für die Gute Hoffnungshütte war sie weniger günstig. Diese wäre gezwungen gewesen, sich einen Platz am Flusse zu mieten und dort vorübergehend eine Werft für den Bau des beweglichen Brückenteils einzurichten, was selbstverständlich zu kostspielig gewesen wäre. Sie hat daher den folgenden Arbeitsplan beantragt:

Die zwei Hauptträger sollten auf der Werft der Guten Hoffnungshütte in Walsum am Rhein vollständig fertig-

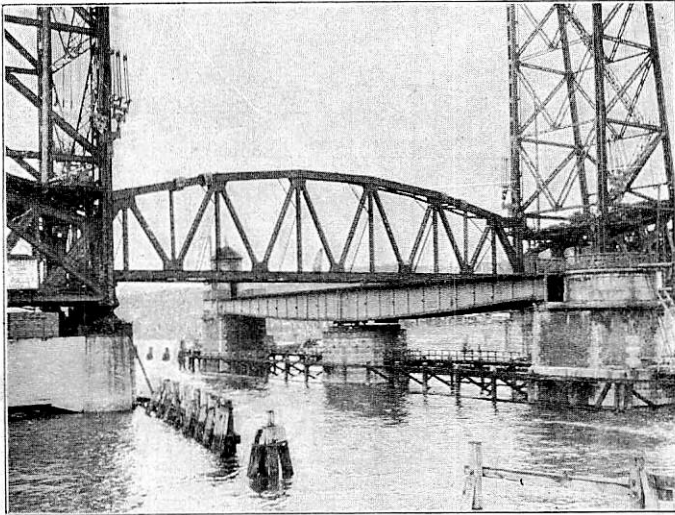


Abb. 27. Westlicher Hauptträger, einstweilig abgesetzt.

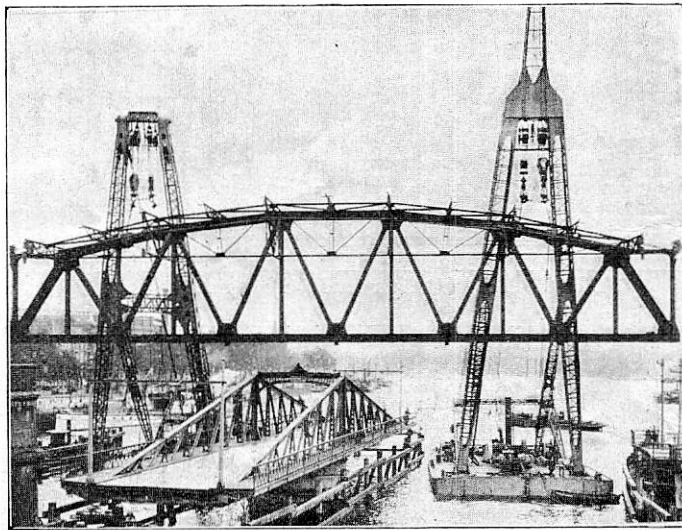


Abb. 28. Östlicher Hauptträger von den Kranschiffen angeschleppt.

gestellt werden. Von dem westlichen Hauptträger sollten beide Gurte vorübergehend durch horizontale, gegen die Ständer des Hauptträgers gestützte Fachwerke abgesteift werden; weiter sollten an dem östlichen Hauptträger die oberen Querverbände und die oberen Windverstreben angebracht werden, die mit einem vorübergehenden Gurte ein horizontales Fachwerk zur Absteifung des Hauptträgerobergurtes bilden sollten. Die so versteiften Hauptträger sollten auf Schuten nach Rotterdam gebracht werden (Abb. 20). Zwei Schwimmkräne sollten in einer Nacht von Sonntag auf Montag den westlichen Hauptträger von der Schute hochheben (Abb. 21) und ihn über die ausgeschwenkte Drehbrücke auf zwei zu diesem Zweck an den Endständern der

westlichen Hauptträger der festen Brücken angebrachten Hilfskonsolen absetzen (Abb. 22).

Dann sollten die Schwimmkräne den östlichen Hauptträger von der Schute heben und ihn auf zwei an den Endständern der östlichen Hauptträger der festen Brücken befestigten Hilfskonsolen absetzen, was, wie aus Abb. 23 hervorgeht, während des Zugverkehrs möglich war. Schließlich sollten die zwei Hauptträger durch die oberen Querverbindungen und Windstreben verbunden werden. Inzwischen sollten die Gegengewichtsseile bereits auf die Seilräder gelegt

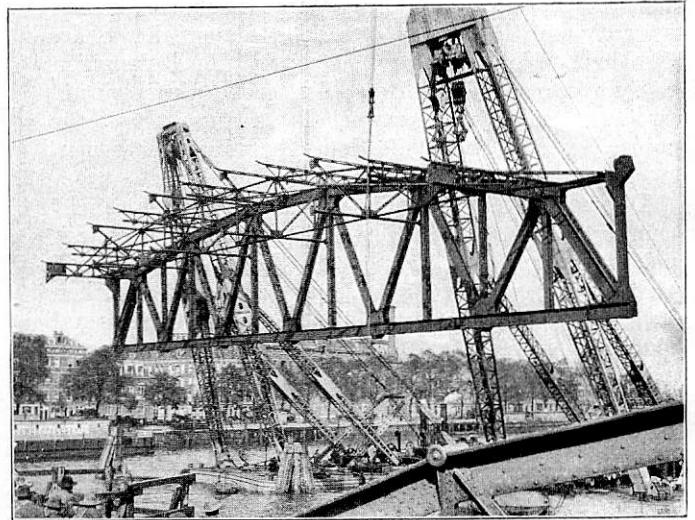


Abb. 29. Östlicher Hauptträger, von den Kranschiffen angeschleppt.

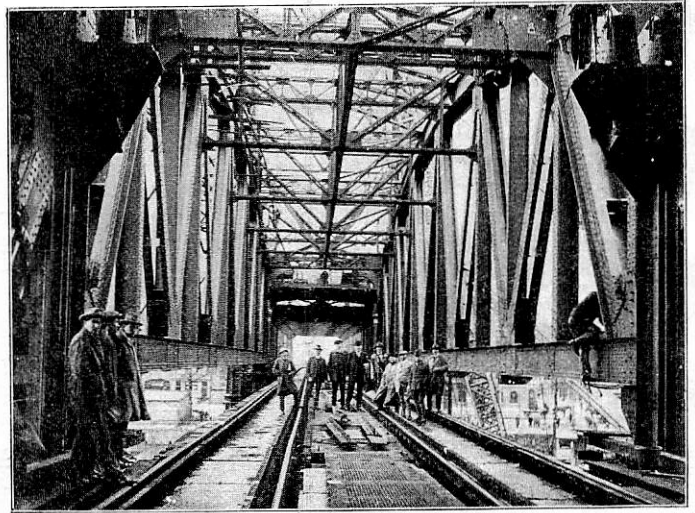


Abb. 30. Die beiden Hauptträger durch den oberen Windverband verbunden auf den Konsolen.

und an den nur teilweise ausbetonierten Gegengewichten und an den Ausgleichvorrichtungen angebracht sein.

Nachdem nun die Ausgleichvorrichtungen an der Brücke angeschlossen sein würden, könne man (Abb. 24) mittels Flaschenzügen die Gegengewichte herunterziehen und so die Hauptträger mit Querverbänden in die Höchstlage heben, in welcher Lage (Abb. 25) die Fahrbahn, die Gleise usw. angebracht werden sollten. Selbstverständlich war es nötig, die Hauptträger während der Hebung mit Flaschenzügen zurückzuhalten, weil das Gewicht der Gegengewichtsseile anfänglich auf der Seite der Brücke, nach der Hebung aber auf der Seite der Gegengewichte hingen, was einen Gewichtsunterschied von 24000 kg ausmachte.

Der Antrag der Bauanstalt Gute Hoffnungshütte wurde genehmigt. Abb. 26 stellt das Abheben des versteiften westlichen Hauptträgers von der Schute dar, Abb. 27 zeigt diesen Träger aufgesetzt auf den Konsolen an den Enden der Hauptträger der festen Brücken. In Abb. 28 und 29 erkennt man den östlichen Hauptträger mit den oberen Querverbänden und Windverstrebungen während des Transportes nach der Baustelle. In Abb. 30 sind die zwei Hauptträger auf den Konsolen durch die oberen Querverbände und Windverstrebungen miteinander verbunden. Die Brücke wurde dann hochgezogen und in dieser Lage wurde ein Gerüst unter den Hauptträgern an diesen aufgehängt und die Brücke fertiggestellt.

Nachdem auch die Bewegungsvorrichtung fertiggestellt war und sich als zuverlässig erwiesen hatte, wurde in der Nacht vom 31. Oktober auf den 1. November 1927 die Drehbrücke durch drei Schwimmkräne entfernt. Die Hubbrücke wurde bis auf einige Meter über ihren Auflagern herabgesenkt; ein von der Brücke herabhängendes Drahtseil wurde um den Königszapfen geschlungen und dieser beim Anheben der Brücke von ihr aus dem Pfeiler gezogen. Dann wurde die Brücke endgültig auf ihre Lager abgesenkt und die Schienen auf den festen Brücken in die richtige Lage geschoben.

Kaum war man mit diesen Arbeiten fertig, als schon der erste Zug gemeldet wurde. Einige Minuten später fuhr er über die Brücke.

Abb. 31 zeigt die Brücke im fertigen Zustande. Der Pfeiler der Drehbrücke und die Leitwerke sind auf diesem Bilde noch nicht weggeräumt.

Die Brücke steht gegenwärtig bereits mehr als ein Jahr im Betrieb und hat sich sehr gut bewährt. Sie bewegt sich so ruhig, daß jemand, der auf der Brücke steht, kaum bemerkt, wenn sie gehoben wird. Störungen von einiger Bedeutung sind nicht vorgekommen.

Auch bei Belastung mit zwei Wagen, die die Schneelast vorstellen sollten, ließ sich die Brücke ohne Schwierigkeit heben und senken.

Schließlich sei erwähnt, daß im nächsten Sommer die Brücke noch um 1,0 m höher gelegt werden soll, wobei selbstverständlich die Türme nicht mitgehoben werden.

Durch diese Hebung wird die Zahl der Rheinschiffe,

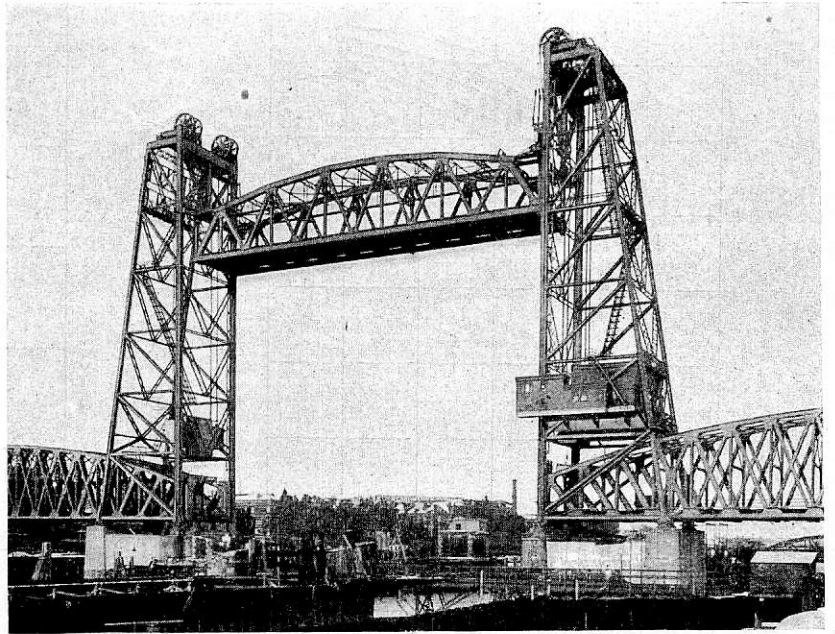


Abb. 31. Die fertige Brücke gehoben.

die nicht unter der gesenkten Hubbrücke durchfahren können nach Schätzung auf 1% vermindert. Das betriebsmäßige Heben oder Senken der Brücke dauert 1 Minute, mit Einschluß der Verriegelung und der Bedienung der Signale 1½ Minuten.

Neue Versuche mit Lokomotivluftpumpen.

Von Dr.-Ing. Ludwig Schneider, München.

Über den Dampfverbrauch von Lokomotivluftpumpen — die richtige Bezeichnung wäre eigentlich Luftverdichter — habe ich bereits in einem früheren Jahrgang des Organs*) berichtet. Ich bezeichnete damals die Luftpumpe als noch sehr verbesserungsfähig. Die untersuchte Pumpe gehörte zu der weit verbreiteten Bauart: einfache Dampfdehnung und zweistufige Luftverdichtung. Aus dem Bestreben heraus, die alte Kolbendampflokomotive durch Vervollkommnung ihrer Nebeneinrichtungen zu verbessern, ist inzwischen die Knorr-Nielebock-Luftpumpe mit doppelter Dampfdehnung entstanden. Mit einer solchen stellte ich neuerdings auf dem dampftechnischen Prüfstand der J. A. Maffei A.-G., München, eingehende Versuche an, um den Fortschritt gegenüber den bisher verwendeten Pumpen zahlenmäßig zu erfassen.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie bei meinen früheren Versuchen und ich kann deshalb auf die bereits genannte Quelle verweisen; auch wurden ähnliche Versuchsreihen ausgeführt wie damals.

Die neu untersuchte Pumpe hatte folgende Hauptabmessungen:

Dampfzylinder, Durchmesser, Hochdruck	. 180 mm
„ „ „ Niederdruck	. 300 „
Luftzylinder, „ „ Hochdruck	. 165 „

Luftzylinder, Durchmesser, Niederdruck	. . . 270 mm
Hub 350 „
Kolbenstange, nicht durchgehend, Durchmesser 30 „

Eine Untersuchung des volumetrischen Wirkungsgrades oder des Lieferungsgrades der Luftpumpe ergibt den in Abb. 1 dargestellten Verlauf. Der Lieferungsgrad ist das Verhältnis der tatsächlich geförderten Luftmenge zur Förderung berechnet aus dem Hubvolumen des Luft-Niederdruckzylinders. Der Unterschied der Mengen ist bedingt durch den schädlichen Raum, durch Drosselung und Erwärmung der angesaugten Luft in den Kanälen und an den Zylinderwänden. Der Lieferungsgrad sinkt nach Abb. 1 mit steigendem Enddruck der Luft und steigt innerhalb der Versuchsleistung mit der rascheren Gangart der Pumpe. Bei einer Verdichtung der Luft auf 8 atü und nicht zu langsamem Lauf der Pumpe liegt er zwischen 0,7 und 0,8, wogegen er bei der älteren Pumpe zwischen 0,55 und 0,65 lag. Das mittlere Hubvolumen des Niederdruck-Luftzylinders der älteren Pumpe war 13,1 dm³, jenes der Knorr-Nielebock-Pumpe ist 19,72 dm³. Die letztere fördert also bei gleich raschem Gang nicht unwesentlich mehr Luft als die Pumpe mit einfacher Dampfdehnung. Das größere Hubvolumen erklärt schon z. T. den höheren volumetrischen Wirkungsgrad, der übrigens mit der zweistufigen Dampfdehnung als solcher nichts zu tun hat.

*) Organ 1925, S. 205.

Gleichzeitig wurde die Pumpe auf ihren Dampfverbrauch hin untersucht. Dieser wurde durch Niederschlagung des Abdampfes in einem Oberflächenkondensator und Wägung des Kondensates festgestellt, die geförderte Luftmenge mittels

als 1,89 ata war. Die Düsen hatten runde Ausflußmündungen von rund 2, 2½, 3, 4, 4½ und 6 mm Durchmesser. Die genauen Querschnitte betragen 0,0307—0,0487—0,0683—0,1270—0,1560—0,2875 cm².

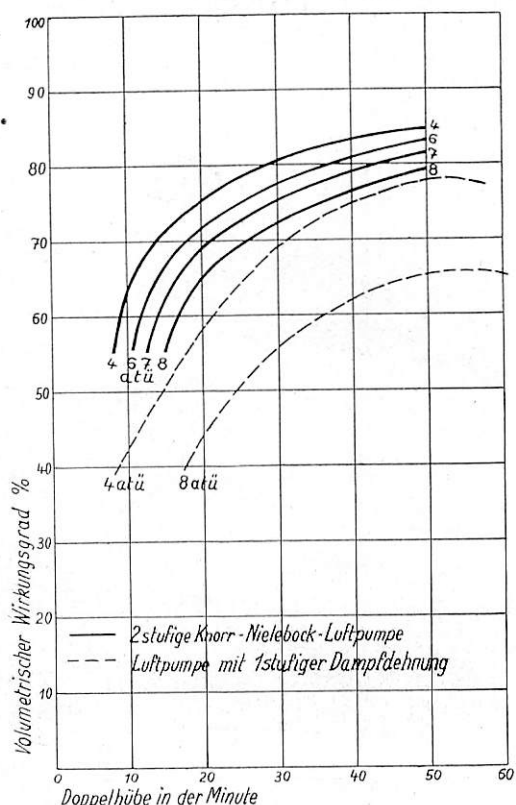


Abb. 1.

metallischer Düsen mit gut abgerundeten Mündungen gemessen. Dabei arbeitete die Pumpe bei verschiedenen minutlichen Hubzahlen, also verschiedenen Fördermengen gegen einen Druck von rund 4, 6, 7 und 8 atü. Da die Leistung der Pumpe mit dem Grade der Luftverdichtung steigt, nimmt damit auch der Dampfverbrauch zu. Die Kurven liegen deshalb in Abb. 2 für steigenden Luftenddruck übereinander. Als Abszissen sind die Doppelhöhe i. d. Minute gewählt. Die einzelnen Versuchspunkte kommen nicht genau auf die Kurven zu liegen, was auf kleine Unvollkommenheiten der Versuchsanordnung und der Ablesungen, auf stets auftretende Nebeneinflüsse und darauf zurückzuführen ist, daß die in runden Zahlen angegebenen Enddrücke nicht genau eingehalten worden sind, da dies ein zeitraubendes Ausprobieren erfordert hätte. Die Abweichungen betragen bis zu 0,45 at. Im ganzen war aber die Versuchsgenauigkeit sehr hoch, wie die Lage der Punkte beweist.

Die Messung der Gewichtsmenge der verdichteten Luft beruht auf der bekannten Ausflußformel, wonach die durch eine Düse minutlich ausströmende Luft, ausgedrückt in kg, beträgt:

$$G_{\min} = 60 \cdot f \cdot \frac{2,15 p_i}{\sqrt{R \cdot T_i}}$$

Darin bedeutet f den Düsenquerschnitt in cm², p_i den Druck der verdichteten Luft vor der Ausströmdüse in ata, R die Gaskonstante für Luft und T_i die absolute Lufttemperatur vor der Düse. Diese Formel gilt für ein Verhältnis

$$\frac{p_a}{p_i} \leq 0,528,$$

worin p_a der Luftdruck hinter der Düse, also der Außendruck, ist. Im vorliegenden Fall ist $p_a=1$ ata und der Wert 0,528 wurde niemals überschritten, da p_i stets bedeutend größer

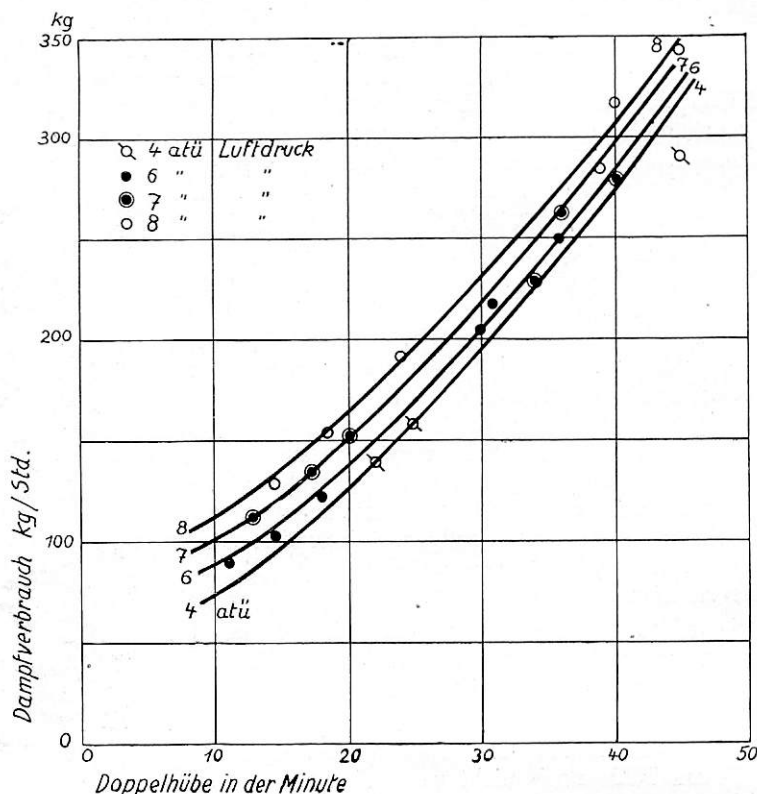


Abb. 2.

Die Tabelle enthält alle wichtigeren Versuchs- und Rechnungsergebnisse.

Zusammenstellung.

Lfd. Nr.	Düse mm Dehm. rd.	Dampfdruck vor der Pumpe atü	Verdichtungs-Enddruck atü	Doppelhöhe/Min.	Verdichtete Luftmenge kg/Std.	Dampfverbrauch kg/Std.	Isothermische verlustfreie Kompressorleistung PS	Dampfverbrauch kg/PS-Std.	Lfd. Nr.
1	6	5,75	3,7	45	104	290	5,02	57,8	1
2	4,5	4,92	3,8	25	57,7	158	2,82	56	2
3	4,5	5,5	5,65	36	78,6	250	4,65	53,8	3
4	4,5	5,9	6,45	40	87	280	5,45	51,5	4
5	4,5	6,25	7,65	45	99,2	343	6,67	51,5	5
6	4	4,65	3,65	22	46,8	149	3,10	48	6
7	4	5,5	5,85	30	64,5	205	4,32	47	7
8	4	5,2	5,8	31	66,8	218	4,78	45,5	8
9	4	5,8	6,65	34	72	230	4,55	50,5	9
10	4	5,4	6,9	36	76,5	263	4,93	53,3	10
11	4	6,1	7,6	39	80,5	285	5,10	55,8	11
12	4	6,2	7,8	40	83,8	317	5,67	55,8	12
13	3	4,9	5,85	18	38,6	123	2,31	53,4	13
14	3	5,55	6,9	20	43	153	2,80	54,7	14
15	3	5,95	8,0	24	49,4	192	3,38	56,8	15
16	2,5	4,6	5,7	14,5	26,2	104	1,55	67	16
17	2,5	5,45	6,9	17	30,8	135	1,98	68	17
18	2,5	5,55	7,7	18,5	33,8	154	2,27	68	18
19	2	4,5	5,7	11	16,5	91	0,98	93	19
20	2	5,35	6,95	13	19,5	112	1,25	89,5	20
21	2	5,75	7,9	14,5	21,9	129	1,49	86,5	21

Die Luftverdichtung betrug, wie aus der Zusammenstellung der Versuche ersichtlich, mindestens 3,65 atü und wurde bis auf 8 atü gesteigert; der Gang der Pumpe wurde zwischen einer stündlich verdichteten Luftmenge von 16,5 und 104 kg verändert.

Die Abhängigkeit des Dampfverbrauches von der Luftliefermenge und dem Verdichtungsgrad ist in Abb. 3 dargestellt. Gegenüber der alten Luftpumpe mit einstufiger Dampfdehnung verbraucht die Knorr-Nielebock-Pumpe um 18 bis 22% weniger Dampf.

Für einen Luftverdichter ohne schädlichen Raum und ohne Arbeitsverluste wäre die Arbeit zur isothermischen — also günstigsten — Kompression von G kg/Sek. Luft vom Druck p_0 und der absoluten Temperatur T_0 auf den Druck p $N[PS] = \frac{G \cdot R \cdot T_0}{75} \cdot \ln \frac{p}{p_0} = 258 G \log \frac{p}{p_0}$, wobei $R=29,3$ die Gaskonstante für Luft, T_0 bei den Versuchen 287° und $p_0 = 1 \text{ ata}$ war.

Bei der Auswertung der Versuche zeigt es sich, daß die isothermische, verlustlose Verdichtungsleistung der Luftpumpe zwischen 0,98 und 6,67 PS schwankte. In der Zusammenstellung sind sowohl diese Leistungen als auch der Dampfverbrauch auf diese Leistung bezogen enthalten. Der Letztere ist auch zeichnerisch in Abb. 4 für eine Luftverdichtung auf 6, 7 und 8 atü bei der Knorr-Nielebock-Pumpe und auf 8 atü für die ältere Pumpe mit einstufiger Dampfdehnung dargestellt. Zu bemerken ist, daß die Luftzylinder während der Fahrt der

der doppelten Dampfdehnung ist der Dampfteil der Pumpe verbessert worden, und zwar um rund 20% gegenüber einstufiger Expansion. Eine Verbesserung des Luftteils läßt sich

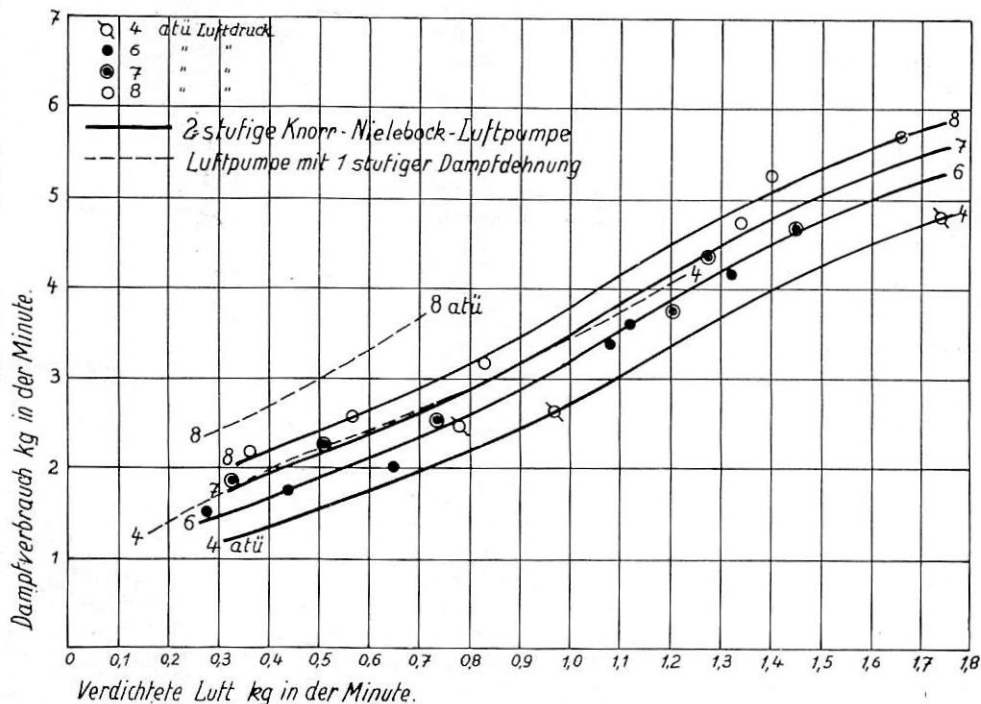


Abb. 3.

bei der heutigen Lokomotivluftpumpe ohne Verwicklungen nicht mehr erreichen. Bei nicht zu langsamem Gang der Pumpe und den im Lokomotivbetrieb üblichen Verdichtungsgraden auf 6 bis 8 atü liegt der Dampfverbrauch um 50 kg/PSherum. Vergleichshalber sei erwähnt, daß der Dampfverbrauch

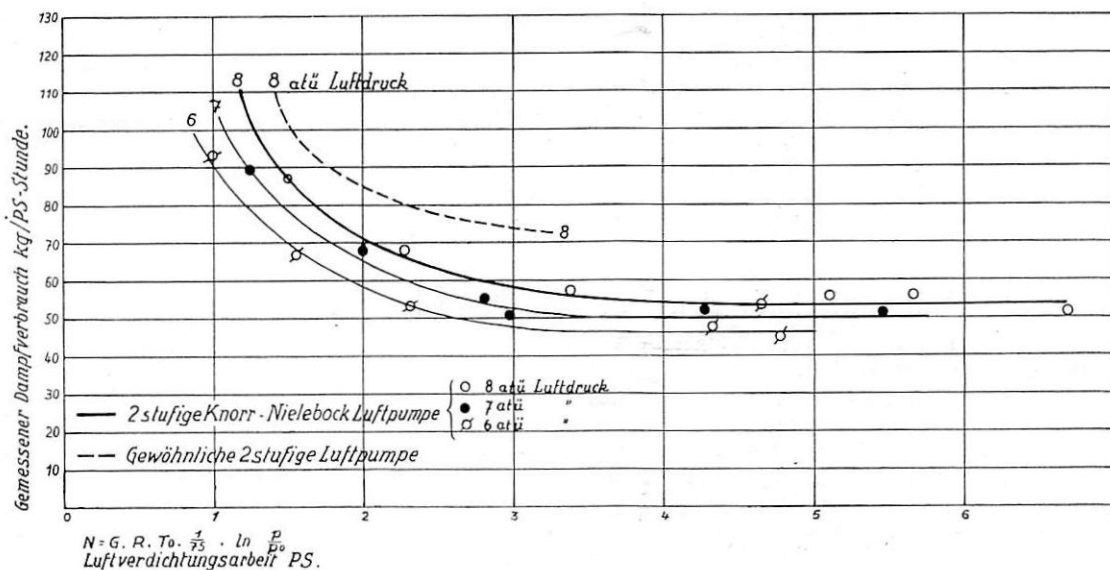


Abb. 4.

Lokomotive besser gekühlt werden, als dies im Versuchsraum ohne besondere Ventilation der Fall war. Allerdings ist auch die Kühlung der Dampfzylinder bei der Fahrt eine lebhaftere; was für den Luftteil also vorteilhaft ist, bringt einen Nachteil für den Dampfteil mit sich.

Gegenüber der Pumpe mit einstufiger Dampfdehnung ist der Fortschritt auch aus Abb. 4 deutlich erkennbar; aber der Dampfverbrauch erreicht immer noch ansehnliche Werte, wenn man ihn auf die PS/Std. bezieht. Durch die Einführung

der Knorr-Nielebock-Speisepumpe*), bezogen auf die PS-Pumpenleistung 20 bis 25 kg/PSh beträgt. Der Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß der isothermische Kompressionsverlauf nicht erreicht werden kann, ferner auf die niedrigen indizierten und mechanischen Wirkungsgrade eines so kleinen Kompressors, wie er in der Lokomotivluftpumpe verkörpert ist.

*) Organ 1928, S. 293.

Berichte.

Allgemeines.

Eigenartige Entgleisungsursache.

Die Untersuchung des schweren Eisenbahnunfalles auf der Illinois-Eisenbahn bei Mounds am 6. August 1928, bei dem 8 Personen getötet und 144 Personen verletzt wurden, hat eine eigenartige Entgleisungsursache ergeben. Von einem mit Gußröhren beladenen Wagen eines in der Nordrichtung fahrenden Zuges war während der Fahrt ein Rohr von 304 mm Durchmesser und 5 m Länge herabgefallen. Wahrscheinlich war es mit einem Ende auf die östliche Schiene des Nachbargleises also des Gleises der Südrichtung und mit dem anderen Ende in die Nähe der westlichen Schiene des Nordgleises zu liegen gekommen. Ein auf dem Südgleis fahrender Zug schlug gegen das Rohr und schob es quer auf die westliche Schiene des Nordgleises. Allein hier wurde es wieder von einem in der Nordrichtung fahrenden Zug, der zwar von dem Vorfall verständigt war und deswegen mit verminderter Geschwindigkeit fuhr, aber das Rohr früher antraf als er vermutete, so unglücklich gegen die westliche Schiene des Südgleises geschoben, daß dieses es auf eine Länge von etwa 12 m bis zu 177 mm verdrückt wurde. Der Zug hielt an, aber im gleichen Augenblick kam auf dem Südgleis ein Gegenzug der an der beschädigten Stelle entgleiste und mit voller Geschwindigkeit in den stehenden Zug seitlich hineinfuhr.

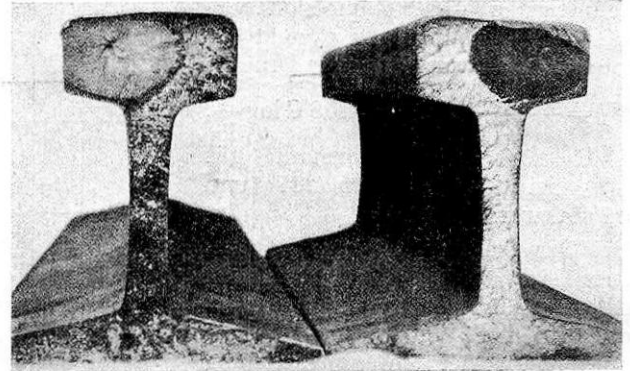
Der mit Röhren beladene Wagen war kurz vorher auf richtige Ladung untersucht und in Ordnung gefunden worden. Wie nachträglich festgestellt wurde, war er auch den Ladevorschriften entsprechend verladen. Trotzdem hatte sich eine Röhre verschoben und war schließlich vom Wagen gefallen. Eb.

Eisenbahnunglück als Folge eines Schienenbruches.

Am 27. Oktober 1925 entgleiste auf der „St. Louis-San-Francisco Railway“ ein Schnellzug, wobei 21 Personen den Tod fanden und 130 verletzt wurden.

Die Entgleisungsstelle befindet sich 412 m südlich der Station Viktoria auf der eingleisigen Bahnlinie zwischen Memphis und Amory. An der Unfallstelle liegt das Gleis in einer Geraden von 728 m Länge und im Gefälle 100:1. Der Stahloberbau bestand aus 10 m langen Schienen mit einem Gewicht von 44,6 kg/m. Auf eine Stoßlänge waren 20 Schwellen aus getränktem Rot-eichenholz verlegt. Die Höhe des Schotterbettes betrug 30 cm. Der Unterhaltungszustand des Gleises war gut. Die Entgleisung ereignete sich auf einem Damm von 3,35 m Höhe, in einer Entfernung von 154 m von einer Holzbrücke mit acht Öffnungen. Das Wetter war klar. Die Zuggeschwindigkeit betrug 64 bis 80 km/Std.

Die Lokomotive entgleiste nicht. Sie riß vom Zuge ab und kam in einer Entfernung von 645 m von der Entgleisungsstelle entfernt zum Halten. Dagegen entgleisten die zehn ersten und das vordere Drehgestell des elften Wagens. Das Lokomotivpersonal hatte beim Befahren der Unfallstelle keinerlei Stoß verspürt, der auf einen Schienenbruch hätte schließen lassen. Der Bruchquerschnitt zeigte einen Materialfehler infolge Schlackenbildung (siehe Abb.). Die Bruchstelle lag in einem Abstand von 4,18 m vom Stoß. Zwischen diesem Punkt und dem entgegengesetzten Ende zerbrach die Schiene nach der Entgleisung in neun Stücke, vier dieser Brüche waren ebenfalls auf gleiche Materialfehler zurückzuführen.



Ansichtflächen des Schienenbruches.

Der Schienenbruch, der den Unfall herbeiführte, erfolgte zweifellos unter einer Achse der Lokomotive. An der Gefahrstelle war jedoch der Reibungswiderstand der beiden rauen Flächen der Bruchstelle auf kurze Zeit so groß, daß die Lokomotive und die drei ersten Wagen über sie hinweggehen konnten. Erst unter der Achse des vierten Wagens brach ein Schienenstück ab und leitete die Entgleisung ein. Die weiteren Brüche traten infolge ungewöhnlicher Beanspruchung durch die entgleisten Wagen ein.

Der Schlackenkern an der Bruchstelle hatte eine Breite von 46 mm und eine Höhe von 36,5 mm. Seine Oberfläche war bereits oxydiert, ein Zeichen dafür, daß der Schienenkopf soweit abgenützt war, daß der Schlackenkern die Lauffläche erreichte, wodurch Luft Zutreten konnte. Die Oberflächen an den Schlackenkernen der übrigen vier Bruchstellen waren noch silberhell, ein Zeichen dafür, daß kein Luftzutritt zu ihnen möglich war.

(Bulletin, August 1928.)

Sch.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Vorschrift für das Entwerfen und Berechnen eiserner Brücken in Frankreich.

Der französische Arbeitsminister hat am 10. Mai 1927 eine neue Vorschrift veröffentlicht für das Entwerfen und Berechnen eiserner Brücken. Sie hat für Straßen- und Eisenbahnbrücken Gültigkeit. Im folgenden werden die wichtigsten Abschnitte dieser neuen Vorschrift, soweit sie sich auf regelspurige Eisenbahnbrücken beziehen, kurz behandelt.

Als Verkehrslast wird der Berechnung ein Lastenzug zugrunde gelegt, bestehend aus zwei Tenderlokomotiven an der Spitze und angehängten beladenen Großgüterwagen mit zwei Drehgestellen. Aus der nebenstehenden Übersicht sind die Ausmaße und Gewichte des Lastenzuges zu entnehmen.

Bei zweigleisigen Brücken sind zwei in der gleichen Richtung verkehrende Züge vorzusehen. Aufstellung und Länge der Lastenzüge sind so zu wählen, daß in den verschiedenen Konstruktionsteilen die ungünstigsten Spannungen auftreten. Werden diese in gewissen Fällen durch Einschalten von Leerwagen hervorgerufen, so ist für diese eine Belastung von 1,25 t/ld m Länge anzurechnen.

Der Stoßwirkung der Verkehrslast ist Rechnung zu tragen. Sie wird durch Multiplikation der Achslasten mit einem Koeffizienten erhalten, der nach folgender Formel zu berechnen ist:

$$1 + a + \beta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{P}{S}}$$

	Lokomotive	Tender	Beladene Güterwagen
Gesamtlänge	10 m	10 m	11 m
Anzahl der Achsen	5	3	4
Achsstand	1,50 m	3 m	$\left\{ \begin{array}{l} 1,50 \text{ m} \\ 5 \text{ m} \\ 1,50 \text{ m} \end{array} \right.$
Pufferabstand von der nächsten Achse	2 m	2 m	1,50 m
Achslast	20 t	20 t	20 t
Gesamtgewicht	100 t	60 t	80 t
Mindestlast bei Annahme gleichmäßig verteilter Belastung auf 1 lfd. m Länge	10 t	6 t	7,27 t

Es bedeuten: L die Länge des Konstruktionsteiles in Meter
 P Gesamtbelastung infolge ständiger Last + Eigengewicht
 S größte Verkehrslast, die dem Teil zugemutet werden kann.

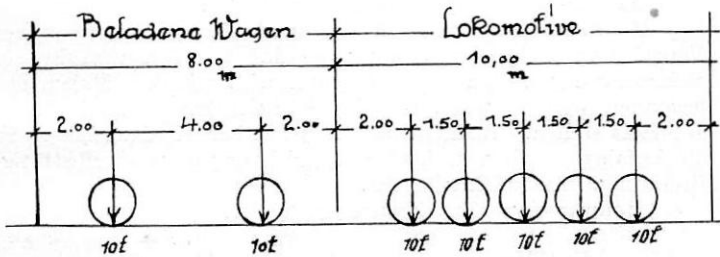
Für jeden Konstruktionsteil ist die Maximaldruck- und -Zugfestigkeit in kg/mm^2 zu bestimmen. Es sind der Reihe nach folgende Spannungen zu berechnen:

- c = Spannung infolge Eigengewicht
- d = Spannung infolge Verkehrslast vermehrt um den Stoßkoeffizienten
- v = Spannung infolge Winddruck von 150 kg/m^2
- w = Spannung infolge Winddruck von 250 kg/m^2
- t = Spannung infolge möglicher Temperaturschwankungen.

Gedrückte Stäbe sind auf Knickfestigkeit zu berechnen. Dem Ingenieur bleibt die Wahl der Berechnungsweise überlassen. In einem Hinweis des Ministers wird die Berechnung nach Euler oder Rankine empfohlen.

Brücken für Schmalspurbahnen.

Der statischen Berechnung ist folgender Lastenzug zugrunde zu legen:



Als Mindestlast bei Annahme gleichmäßig verteilter Belastung auf 1 m Länge sind für Lokomotiven 5 t, für beladene Wagen 2,5 t und für Leerwagen 0,75 t in Rechnung zu setzen.

Bei Privatbahnen kann von dieser Belastungsannahme mit Einverständnis des Ministers abgewichen werden. Es müssen in

einem solchen Falle mindestens die wirklich auftretenden Verkehrslasten der statischen Berechnung zugrunde gelegt werden.

(Bulletin, Juli 1928.)

Scherer.

Fachwerkbrücken mit dreieckigem Querschnitt.

Ein Gedanke, der erstmals im Jahre 1912 auftauchte, wird in einem Aufsatz in Heft 38 der „Bautechnik“ erneut aufgegriffen und durch ausführliche statische Behandlung wesentlich gefördert. Unsere großen eisernen Fachwerkbrücken benötigen alle große biege- und torsionssteife Portalrahmen und einen oberen und unteren Windverband usw. Trotzdem läßt bei der viereckigen Querschnittsform die Steifigkeit insbesondere gegen alle Torsionsbeanspruchungen zu wünschen übrig. Statisch viel günstiger wäre ein Dreiecksquerschnitt, bei dem der untere Windverband und die Querträger zu einer dritten querliegenden Tragwand ausgestattet sind. Oberer Windverband und Portalrahmen entfallen. Auch verschwinden eine Reihe von Nebenspannungen. Vergleichsrechnungen zeigen, daß sich bei untenliegender Fahrbahn beispielsweise bei einer Brücke von 84 m Länge Gewichtsersparnisse von 6–7% d. i. 37 t erzielen lassen. Auch wird die Durchbiegung um 20% geringer.

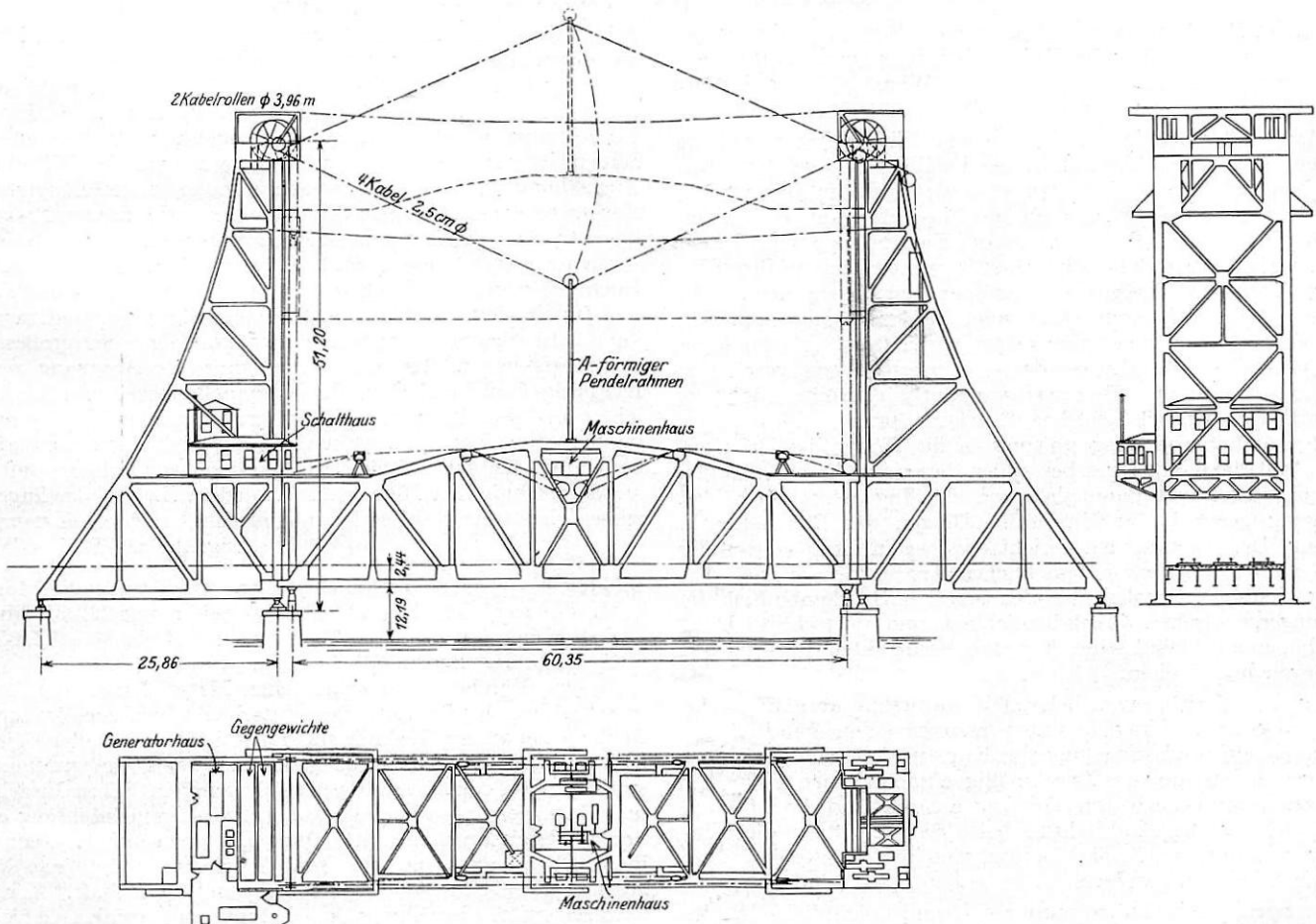
Mag auch der Gedanke zunächst absonderlich erscheinen, so sind die Vorzüge der vorgeschlagenen Gurtanordnung unbedingt anzuerkennen, zumal auch die konstruktive Durchbildung keinerlei Schwierigkeiten bietet.

Sp.

Eine dreigleisige Hubbrücke in Nordamerika.

Die seit März 1927 im Bau befindliche Hubbrücke über den Hackensack-Fluß bei Jersey-City hat eine Länge von 457 m und mit den Anfahrampen von 1860 m. Der Bau dieser neuen Brücke wurde hauptsächlich deswegen nötig, weil die bestehende Brücke für die Schifffahrt eine zu geringe Lichthöhe und Lichtweite hatte. Mit Rücksicht auf die Mehrzahl der verkehrenden Schiffe wurde für die Brücke eine Lichthöhe von rund 12 m über Höchstwasserstand vorgesehen.

Die Brücke besteht aus einer Huböffnung von 60,35 m Stützweite, die eine Schifffahrtsrinne von 46 m Breite ermöglicht, zwei Turmöffnungen von je 25,86 m Stützweite und drei weiteren



Dreigleisige Hubbrücke in Nordamerika.

Flußöffnungen, die mit Blechträgern überdeckt sind. Die Fahrbahnplatten bestehen außer bei den Turmöffnungen und der Huböffnung aus Eisenbetonplatten, während bei diesen zur Verminderung des Gewichts Konstruktionen aus Siliciumstahl verwendet sind. Die Anfahrtöffnungen bestehen aus trägerlosen Eisenbetonplatten, die auf Betonsäulen ruhen. Die Pfeiler der Hauptöffnungen sind in 27,74 m Tiefe aus Caissons gegründet. Die eigentliche Hubbrücke besteht aus zwei Fachwerkträgern, die in der Mitte 14,63 m hoch sind. Die Träger sind zur Verminderung des Gewichts aus Siliciumstahl hergestellt und für eine Beanspruchung von rund 1600 kg/cm² berechnet. Der Abstand der Träger ist 13,72 m und reicht für die Unterbringung von drei Gleisen aus. Die Huböffnung hat bei Höchstwasser eine Lichthöhe von 12,19 m und bei Niedrigstwasser von 14,17 m. Hierdurch ist der ungestörte Verkehr des größten Teils der verkehrenden Schiffe ohne Hebung der Brücke ermöglicht, während bei größeren Schiffen die Brücke bis zu 28,96 m gehoben werden kann, so daß eine Gesamtlithöhe von 41,15 m erreicht wird.

Die Turmöffnungen haben eine Stützweite von 25,86 m, die Höhe der Türme beträgt 51,20 m. Die Hubtürme sind mit Ausnahme der Fahrbahnkonstruktion aus Carbon-Stahl hergestellt. Die Hubbrücke wird durch Eisenbetongegengewichte im Gleichgewicht gehalten. Jedes Gegengewicht hat die Hälfte der toten Last der Hubbrücke = 567 t zu übernehmen. Für die Aufhängung der Gegengewichte und der Brücke sind acht Gruppen von je acht Kabeln mit 51 mm Durchmesser vorgesehen, von denen je zwei Gruppen an jeder Ecke der Brücke angebracht sind. Die Rollen, über welche diese Kabel laufen, haben einen Durchmesser von 3,96 m. Jede der Rollen kann eine Belastung von rund 300 t aufnehmen.

Das Gewicht der Hubkabel wird durch eine besondere, aus der Abbildung ersichtliche Anordnung ausgeglichen. Mittels eines in der Brückenmitte angreifenden A-förmigen Rahmens und Kabeln, die am einen Turm befestigt, am anderen über Rollen geführt und mit Gegengewichten belastet sind, wird bei

gesenkter Brücke durch den nach oben gerichteten Seilzug eine Entlastung, bei gehobener Brücke durch Seilzug nach abwärts eine Belastung hervorgerufen. Da das Gewicht der Hubseile in letzterem Falle entlastend, im ersteren hingegen belastend wirkt, tritt also ein Ausgleich beider Wirkungen ein.

Das Windwerk zum Heben und Senken der Brücke, bestehend aus zwei Windentrommeln, befindet sich auf der Brücke im Scheitel der Träger eingebaut. Auf jeder Trommel winden sich zwei einzöllige Kabel beim Heben auf und gleichzeitig zwei ebenso starke, zu den unteren Turmenden führende Kabel ab. Die Windentrommeln werden durch eine gemeinsame, quer zur Brücke laufende Welle unter Zahnradübersetzung von zwei Gleichstrommotoren von je 150 PS, die zusammen oder (mit 1/2 Hubgeschwindigkeit) einzeln verwendet werden können, angetrieben. Der Strom wird durch Drehstrom-Gleichstrom-Umformersätze, die in dem einen der beiden Türme aufgestellt sind, geliefert. Falls der durch Fernleitung zugeführte Strom ausbleibt, kann er durch einen Generator mit Antrieb von einem achtzylindrigen 100 kW-Gasölmotor geliefert werden. Außerdem ist aber noch ein unmittelbarer Antrieb der Windentrommeln durch einen Sechszylindrigasölmotor von 180 PS vorgesehen.

Das Heben und Senken der Hubbrücke erfordert je 1 1/4 Minuten. Die beim Heben und Senken erforderlichen Vorrichtungen sind zwangsläufig, so daß für den Verkehr alle Sicherungen getroffen sind. So kann z. B. mit dem Heben erst begonnen werden, wenn alle in Betracht kommenden Signale auf Halt stehen. Während der Unbefahrbarkeit der Brücke ist die Zufahrt durch verschiedene Einrichtungen, wie selbsttätige Bremsung, unmöglich gemacht.

(Railway Age 1928, November, S. 917.)

„Entlüftungsschwierigkeiten in Tunneln“

muß die Überschrift des Artikels von Prof. Wentzel-Aachen auf Seite 50 der Nr. 2 lauten statt „Entlüftungsschwierigkeiten für Tunneln“.

Buchbesprechungen.

Ästhetik im Brückenbau, unter besonderer Berücksichtigung der Eisenbrücken. Von Ing. Dr. Friedrich Hartmann, Professor an der technischen Hochschule in Wien. Verlag Franz Deuticke, Leipzig und Wien 1928.

Man muß gleich im Vorhinein sagen: Ein solches von einem Ingenieur verfaßtes Werk hat in der Fachliteratur gefehlt. Bisher haben fast nur Architekten über Ästhetik im Brückenbau gesprochen und zwar vornehmlich über Massivbrücken, ein Gebiet, das ihnen zweifellos näher liegt als der Eisenbrückenbau. Dieser kam in der kritischen Behandlung erst in zweiter Linie in Betracht. Solange die neuere Theorie des eingespannten Bogens noch nicht bestand, haben sich Architekten auch praktisch mit dem Bau von Wölbbrücken kleiner Spannweiten beschäftigt. Als dann von Ingenieuren die neue Theorie des elastischen Bogens geschaffen wurde und damit der Bau weitgespannter Gewölbe einsetzte, kam mit dem Entwurf solcher Brücken durch die Ingenieure auch ihre ästhetische Ausgestaltung in die Hände der Brückenbauer. Daß diese dabei gut bestanden, beweisen die bestehenden Ingenieurbauten und damit lieferten die Ingenieure auch den Befähigungsnachweis für Urteile in Dingen der Bau-Ästhetik. Prof. Ing. Dr. Hartmann spricht darüber in einer vollständig unpersönlichen, ernsten und sachlichen Art in dem Sinne, daß der Ingenieur vornehmlich berufen sei, bei Brückenbauten die Beziehungen zwischen Zweckdienlichkeit und Wirtschaftlichkeit zum Schönen auf Grund seiner Kenntnis der exakten theoretischen Grundlagen herzustellen.

Ing. Dr. Hartmann behandelt im ersten Abschnitte des Buches allgemeine Fragen, unter anderem den Einfluß der Gewohnheit auf die Beurteilung von Kunstwerken, die Beziehung und Gegenüberstellung des Zweckmäßigen und Schönen, er spricht über das Zusammenarbeiten von Ingenieuren und Architekten, die Mitwirkung der Architekten bei Brückenbauten, die Einpassung von Brücken in das Landschafts- und Städtebild, über Materialechtheit und anderes.

Im zweiten Abschnitte wird auf Grund vorzüglicher Bilder die ästhetische Wirkung ausgeführter Bauten aller Art behandelt. Bei Holz- und Massivbrücken gibt es nicht viele kritische

Schwierigkeiten. Anders liegt die Sache bei eisernen Brücken, zu deren Beurteilung vom Standpunkte der schönheitlichen Wirkung nach Ansicht des Verfassers wohl noch mehr als nur ästhetische Grundsätze gehören. Ausführlich wird die Frage der Einordnung der Brücken in die Umgebung, die Stetigkeit der Linienführung, die Wirkung des Gewaltigen, der Einfluß der Ausfachung auf das Schönheitsempfinden, die Abhängigkeit der Formgebung vom Werkstoff und anderes mehr an den Fachwerksbogenträgern, durchlaufenden Fachwerkträgern, einfachen Balkenfachwerkträgern und Hängebrücken besprochen. Das Buch ist in einer so leicht verständlichen Sprache gehalten, daß sein Inhalt vielfach auch von Nichttechnikern verstanden werden kann. In diesem Werkchen steckt zweifellos ein großes Stück Erziehungsarbeit. Es bedarf doch nur der Anregung und der Kritik des Bestehenden, um Unzweckmäßigkeiten und Schönheitsfehler bei Schaffung von Neuem zu vermeiden, und man muß im Sinne des Verfassers wünschen, daß sich nicht nur Brückenbauer mit der Ästhetik der Brücken befassen, sondern daß schon an der technischen Hochschule in jedem Zweige der Ingenieurwissenschaft das Kapitel Ingenieurästhetik behandelt werde.

Ing. Adolf Reiss-Wien.

Bildungswerte der Technik. Von Oberstudiendirektor Dr. H. Weinreich. Din A5, XII/151 Seiten mit 22 Abbildungen. Gebunden R. M. 7.—, für VDI-Mitglieder R. M. 6,30. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7) 1928.

Das Märchen vom angeblichen Materialismus der Technik wird in dem Buche mit aller Entschiedenheit zerstört und die Teilhaberschaft der Technik an wahrer Kultur mit aller Gewissenhaftigkeit erwiesen. Daraus leiten sich dann unangreifbare Ansprüche der Technik auf Berücksichtigung in jedem Erziehungs- und Unterrichtsplan her, der auf wahre Allgemeinbildung abzielt und es damit ernst nimmt. Ohne Eingehen auf die Technik in ihren Grundlagen und auf ihre Geschichte bleibt jede kulturgeschichtliche Unterweisung einseitig und lückenhaft. Vor allem aber sei auf die Beziehung der Technik zum sozialen Gebiet hingewiesen. Beschäftigung mit der Technik schließt auch Erziehung zu sozialem Denken in sich.