

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 87/88 (1926)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Die neue Hängebrücke über den Delaware zwischen Philadelphia und Camden  
**Autor:** Möhringer, Karl  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-41000>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.04.2026

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

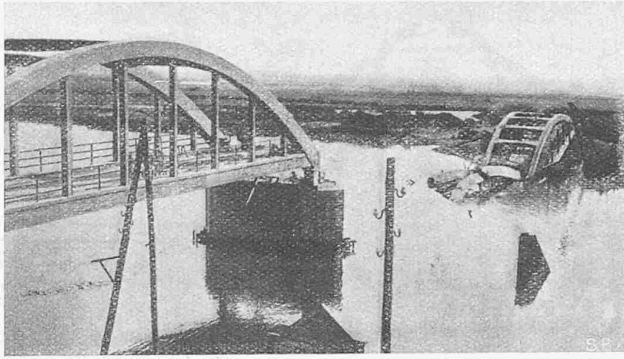


Abb. 1. Die eingestürzte Oderbrücke bei Gartz, vom linken Ufer aus.

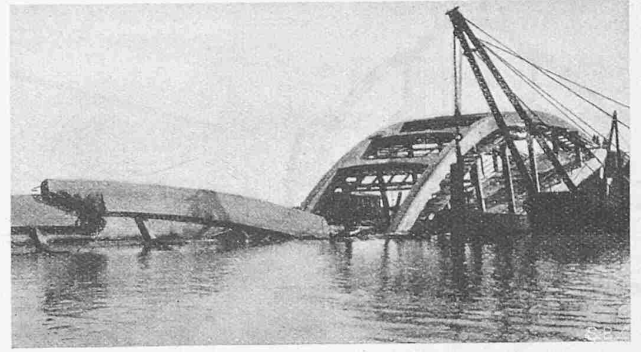


Abb. 2. Der am 19. Sept. 1926 eingestürzte Brückenteil am rechten Ufer.

### Zum Einsturz der Oderbrücke bei Gartz.

Die Bauwelt und insbesondere der Beton- und Eisenbetonbau haben ein begreifliches Interesse daran, bald näheres über die Ursachen des Brückeneinsturzes bei Gartz zu erfahren. Einzelheiten über die Unfallursache können jedoch nicht mitgeteilt werden, solange die gerichtliche Entscheidung nicht gefallen ist.

Nach unsern bisherigen Feststellungen lässt sich indessen heute schon sagen, dass der Brückeneinsturz mit der Eisenbetonbauweise an sich nichts zu tun hat. Nach Lage der Verhältnisse hätte der Einsturz der Brücke auch eintreten müssen, wenn die Ueberbauten nicht aus Eisenbeton, sondern aus einem andern Baustoff hergestellt worden wären. Da wir nicht in der Lage sind, in ein schwebendes gerichtliches Untersuchungsverfahren einzugreifen, behalten wir uns weitere ausführliche Veröffentlichungen bis nach Abschluss des Verfahrens vor.

Deutscher Beton-Verein.

Dem Ersuchen des Deutschen Beton-Vereins um Aufnahme dieser Äusserung entsprechen wir umso lieber, als es auch unserer Gepflogenheit entspricht, über Unfälle und ihre Ursachen erst zu berichten, wenn sie einigermaßen abgeklärt sind. Wir beschränken uns daher heute darauf, aus den uns zur Verfügung stehenden Unterlagen lediglich die obenstehenden Bilder wiederzugeben, um wenigstens einen summarischen Begriff davon zu vermitteln, um was es sich handelt.

Das pommerische Städtchen Gartz liegt am linken Ufer der Oder, ungefähr 25 km oberhalb Stettin. Die neue Strassenbrücke ist am Sonntag den 19. September zum Teil eingestürzt. Der eine der beiden Stropfpfeiler gab nach, als man damit beschäftigt war, den Rest der Spundwände abzuschneiden; er riss die anschliessenden Oeffnungen mit in den Fluss, die stadtseitige Oeffnung ist erhalten geblieben. Die Brücke hat drei Stromöffnungen, eine mittlere von 58,2 m und zwei Seitenöffnungen von je 37,2 m Spannweite. Ihre Ueberbauten sind, wie die Bilder zeigen, Zweigelenkbogen mit Zugband und angehängter Fahrbahn, die Pfeilhöhe ist in den Seitenöffnungen 7,5 m, in der Mittelöffnung 10,5 m; die Brückenbreite beträgt 5 m, mit beidseitigen Schlammkanten von je 0,40 m. Die Brückenbogen bestehen aus Eisenbeton, die Pfeiler aus Schüttbodyeton, die Hängesäulen sind Rundeisen, mit Beton ummantelt.

### Die neue Hängebrücke über den Delaware zwischen Philadelphia und Camden.

Die Hängebrücke über den Delaware River zur Verbindung der Städte Philadelphia und Camden ist Anfang Juli ds. Js. dem Verkehr übergeben worden (Abbildung 1). Sie übertrifft in fast allen Abmessungen die bekannten New Yorker Riesenbrücken und stellt somit die längste Hängebrücke der Welt dar. Erbaut wurde sie in den Jahren 1922 bis 1926 unter Leitung von Ing. Ralph Modjeski, des

bekanntesten amerikanischen Brückenbau-Experten, mit dem die Ingenieure George S. Webster und Lawrence A. Ball assoziiert waren.<sup>1)</sup>

Dem Baubeginn gingen umfangreiche *Versuchsbohrungen* im Flussbett des Delaware River und an den für die Verankerungen vorgesehenen Uferstellen voraus, durch die sehr befriedigende geologische Verhältnisse festgestellt werden konnten. Man fand überall festen Fels in verhältnismässig geringer Tiefe vor.

Keine neue Brücke in den Vereinigten Staaten ist vor und während ihres Baues zum Gegenstand so zahlreicher und eingehender Forschungen und Versuche gemacht worden, wie die Delaware River-Brücke. Diese *Forschungsarbeiten*, auf die hier leider nicht näher eingegangen werden kann, erstreckten sich insbesondere auf die Festigkeit auf Druck beanspruchter Stehbleche, die Festigkeit des Kabeldrahtes bei gleichzeitiger Beanspruchung auf Zug und seitlichen Druck, sowie unter kombinierten Zug- und Biegebeanspruchungen, die Festigkeit um eine Seilscheibe gebogener Drahtseile, die Festigkeit der Drähte in Litzen und den Reibungswiderstand der Kabelstützen. Eine Reihe von Zweifeln ist durch diese Arbeiten geklärt worden, und die Forschungsergebnisse werden für zukünftige Brückenbauten von erheblicher Bedeutung sein.

Die Gesamtlänge der Brücke einschliesslich der Auffahrten beträgt rund 3 km, die Entfernung von Verankerung zu Verankerung ist 690 m, die Hauptspannweite misst 534 m. Die Fahrbahntafel ist 38 m breit und bietet Raum für sechs Reihen Fahrzeuge<sup>2)</sup>, zwei Strassenbahngleise und zwei Schnellbahngleise. Auf seitlich auskragenden Konsolen sind beidseitig Fussgängerwege von je 3 m Breite vorgesehen.

Für die Gründung der *Pylonen-Unterbauten* wurden stählerne Senkkästen verwendet, die sich so gut bewährten, dass das einzige Bedauern der Ingenieure darin bestand, nicht auch die wenigen aus Holz hergestellten Teile, vor allem die Wände über der Arbeitskammer und die obere Versteifung aus Stahl konstruiert zu haben. Für Sicherheitseinrichtungen in den Senkkästen war in hervorragendem Masse gesorgt. Eines der ersten Probleme beim Bau grosser Senkkästen, nämlich die Stützung des Caissons während seines Baues und das Zuwasserlassen nach Vollendung, fand von vornherein eine glückliche Lösung dadurch, dass in der Nähe mehrere grosse Werften mit erfahrener Personal vorhanden waren, was zur Verringerung der Kosten und der Bauzeit wesentlich beitrug. Die Füllung mit Beton ging verhältnismässig rasch vor sich. Der Pylonen-Unterbau auf der Philadelphia-Seite wiegt rund 18000 t, der Unterbau auf der Camdenser Seite, der 5 m tiefer ruht, rund 28000 t. Ueber den Senkkästen wurde massives Granitmauerwerk aufgeführt.

<sup>1)</sup> Die Abbildungen sind „Eng. News Rec.“ vom 30. Sept. d. J. entnommen, wo konstruktive Einzelheiten zu finden sind. Red.

<sup>2)</sup> Auf der mittlern Fahrbahn von 57' = 17,4 m Breite, somit 2,9 m pro Autospur auf mehrspuriger Strasse; bei der ältern Queensboro-Brücke sind es (nach Abb. 2) 2,58 m, bei Manhattan 2,67 m. Red.



Abb. 1. Die neue Hängebrücke über den Delaware River in Philadelphia; Mittelöffnung 534 m weit.

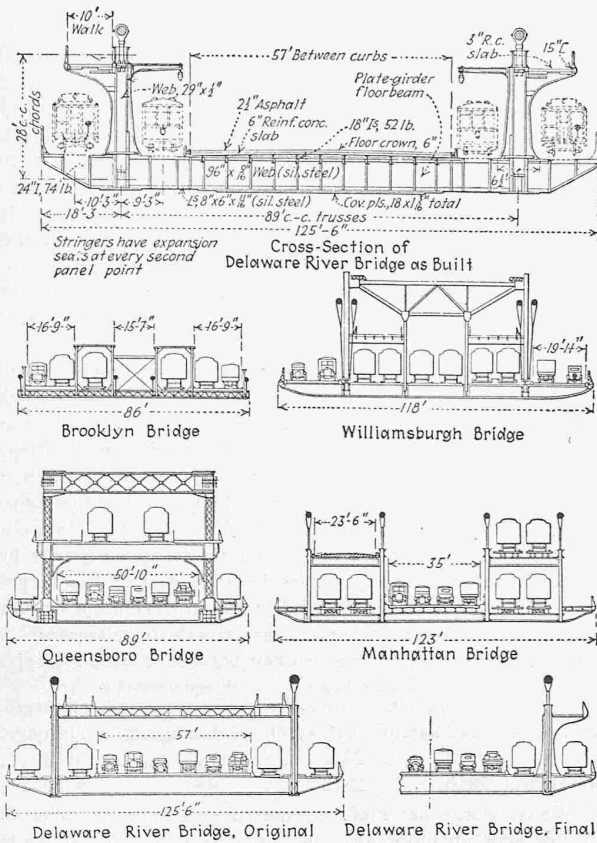


Abb. 2. Oben Querschnitt 1 : 500 der neuen Delaware-Brücke ; Darunter Vergleichsskizzen 1 : 800 amerikan. Hängebrücken. (Nach „Eng. News Rec.“)

Die Verankerungen sind riesige, mit Granit verkleidete Betonbauwerke von 66 m Länge, 58 m Breite und 53 m Höhe über Grund. Die Fundamente sind auf festen Fels niedergeführt und ruhen in Philadelphia 20 m, in Camden 32 m tief unter der Bodenoberfläche. Jede Verankerung über-

trifft an Gewicht den durch die Kabel auf sie ausgeübten Zug um das fünf- bis sechs-fache, und das vereinigte Gewicht beider Verankerungen ist mehr als siebenmal so hoch, wie die gesamte von den Kabeln aufgenommene Last. Die Höchstlast, die die Kabel überhaupt je zu tragen haben werden, ist auf 54 000 t veranschlagt, wovon 70 % auf das Eigengewicht des Bauwerkes und 30 % auf die Verkehrslast entfallen. Die Maximal-Eigenlast enthält ausser dem Bauwerk selbst noch etwa 14 % Lastreserve für elektrische Leitungen und andere künftige Mehrlasten. Der errechneten Verkehrslast von 16 300 t liegt die Annahme zugrunde, dass 150 Strassenbahnwagen, 120 Schnellbahnwagen, 1000 Automobile und ein ganzes Heer von Fussgängern die Brücke völlig bedecken. Ein derartiger Belastungsfall ist zwar unwahrscheinlich, aber zur Sicherheit dennoch vorgesehen. Das Fundament einer jeden Verankerung besteht aus zwei Teilen ; im Vorderteil befinden sich zwei grosse rechteckige Senkkästen, deren jeder 12 m breit und 38 bzw. 43 m lang ist, während am hinteren Ende acht kleinere, runde Senkkästen von 6 m Durchmesser niedergeführt sind. Die Kabel erreichen die Verankerung 39 m über Grund, biegen über stählerne Neigestützen und führen in einem Winkel von 45° in das Mauerwerk. Etwa 12 m unterhalb des Kabelruhepunktes auf der Neigestütze strahlen die Kabeldrähte

aus und schlingen sich um gusseiserne Schuhe, die ihrerseits mit an kräftigen Ankerträgern befestigten Augenstäben verbunden sind. Diese kastenförmigen Ankerträger sind 12 m lang und so tief in die Verankerung hinabverlegt, dass der Maximal-Kabelzug reichlich grossen Widerstand in dem durch die Betonmassen ausgeübten Druck findet.

Die Pylonen bestehen aus je zwei Ständern, die stark gegeneinander versteift sind. Die Kabelsättel sind fest und verschieblich mit den Pylonenköpfen verbunden; der durch die wechselnden Belastungs- und Temperaturverhältnisse bedingten wagrechten Verschiebung der Kabelstützpunkte wird infolgedessen ausschliesslich durch entsprechende Ausbiegungen der Pylonenköpfe in Richtung des Kabelzuges Rechnung getragen, ähnlich wie dies bereits bei der Manhattan-Brücke der Fall ist. Aus der sich hieraus ergebenden Notwendigkeit, einen Stahl von hoher Elastizität für die Pylonen zu verwenden, entschloss man sich zur Wahl eines Silicon-Stahls von 3160 kg/cm<sup>2</sup> Streckgrenze und mindestens 5600 kg/cm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit. Die Pylonen messen 104 m vom Mauerwerk bis zum Kabelsattel. Für die Versteifungen kam Kohlenstoffstahl von 2600 kg/cm<sup>2</sup> Streckgrenze und 4400 bis 4900 kg/cm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit zur Verwendung. Die gesamte Stahlmenge in den Pylonen beträgt 8900 t.

Während bisher Hängebrücken mit hohen Belastungen, wie die drei New Yorker Brücken, stets mit mindestens vier Kabeln gebaut wurden, sind bei der Delaware River-Brücke nur zwei Kabel verwendet (Abbildung 2). Dafür mussten diese den hohen Durchmesser von 76 cm erhalten, der um fast 50 % grösser ist, als der Durchmesser der nächst stärksten Kabel, jener der Manhattan-Brücke in New York. Jedes der beiden Kabel besteht aus 61 Litzen zu je 306 Drähten, also insgesamt 18 666 Einzeldrähten. Der Kabeldraht besitzt eine Zerreissfestigkeit von über 15 600 kg/cm<sup>2</sup>, die beiden Kabel erforderten eine Drahtmenge von mehr als 6000 t.

Die Versteifungsträger und die Fahrbanntafel sind mittels zahlreicher Drahtseile an die Kabel angehängt. Die nach dem Warrentyp ausgebildeten Versteifungsträger, deren Systemhöhe 8,5 m beträgt, sind nach der neuern

Theorie der Durchbiegungen, wie sie zuerst von Melan gezeigt und späterhin durch Moiseiff weiter entwickelt worden ist, berechnet. Die Anwendung dieser Theorie — hier, wie auch bei der Manhattan-Brücke, durch Moiseiff vorgenommen — ermöglichte es, bei der Delaware River-Brücke eine Ersparnis von 850 000 Dollars gegenüber dem Betrage zu erzielen, den der Bau sonst erfordert hätte. Für die Gurte der Versteifungsträger wurde ein Spezialnickelstahl von 3860 kg/cm<sup>2</sup> Streckgrenze und 6330 kg/cm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit verwendet, der durchschnittlich 3,2% Nickel enthält; die vertikalen und diagonalen Trägerglieder wurden aus Silicon-Stahl hergestellt, ebenso die Windverbände. Für die Versteifungsträger und die Fahrbahntafel kamen insgesamt 17 000 t Stahl zur Verwendung.

Die Kosten der Brücke belaufen sich auf 37 Millionen Dollars, in welchen Betrag jedoch erhebliche Aufwendungen für Schaffung neuer Strassen und freier Plätze im Bereich der Brückenköpfe eingeschlossen sind.

Ing. Karl Möhringer, Berlin.

## Baubudget der Schweizer. Bundesbahnen für 1927.

Dem vor kurzem bekannt gegebenen *Voranschlag der Schweizerischen Bundesbahnen für das Jahr 1927* entnehmen wir die folgenden Angaben über die für den Bau neuer Linien, sowie für Neu- und Ergänzungsbauten an den im Betrieb stehenden Linien vorgesehenen wichtigsten Ausgabeposten, soweit sie zu Lasten der Baurechnung fallen. Dazu kommt noch eine Summe von 13,577 Millionen Fr. zu Lasten der Betriebsrechnung.

### Bau neuer Linien:

Genfer Verbindungsbahn (Pont Butin) . . . . .	60 000 Fr.
Surbtalbahn . . . . .	500 000 „

### Neu- und Ergänzungsbauten an fertigen Linien:

Elektrifikation (ohne Rollmaterial) . . . . .	27 385 000 „
Kreis I . . . . .	6 157 100 „
Kreis II . . . . .	7 903 900 „
Kreis III . . . . .	9 969 600 „

Rollmaterial . . . . . 23 240 000 „

Mobiliar und Gerätschaften . . . . . 597 500 „

Hilfsbetriebe . . . . . 667 500 „

76 207 600 Fr.

Bei der für die Elektrifikation (ohne Rollmaterial) vorgesehenen Ausgabensumme von 27 385 000 Fr., die um 7 624 000 Fr. kleiner ist als die des Budget für 1926, ist die vierte Rate von 10 Mill. Fr. des von den eidgen. Räten für die Beschleunigung der Elektrifikation bewilligten Bundesbeitrages von 60 Mill. Fr. bereits in Abzug gebracht. Die Hauptausgabe verursacht mit 4 000 000 Fr. das Kraftwerk Vernayaz, sowie mit 6 100 000 Fr. die Hauptübertragungsleitung Vernayaz-Rapperswil. Eine Ausgabe von 4 440 000 Fr. ist vorgesehen für die Uebertragungsleitungen Vernayaz-Rapperswil, Steinen-Seebach, Seebach-Grüze, Rapperswil-Gossau, Kerzers-Freiburg, Vernayaz-Massaboden (anlässlich des Umbaus der Strecke Brig-Sitten für Einphasenstrom), Kerzers-Freiburg und Kerzers-Biel; eine solche von 5 825 000 Fr. für die Unterwerke Puidoux, Kerzers, Rapperswil, Burgdorf, Gossau, Sargans, Grüze, Freiburg und Biel; eine solche von 10 560 000 Fr. für die Fahrleitungen Rothkreuz-Rapperswil, Winterthur-St. Gallen-Rorschach, Winterthur-Romanshorn-Rorschach, Richterswil-Chur, Sargans-Buchs, Palézieux-Bern, Yverdon-Biel-Olten, Bern-Biel, Münster-Delsberg und Rapperswil-Wattwil (Rickentunnel); eine solche von 5 252 000 Fr. als Anteil an die Abänderung der Schwachstrom-Anlagen auf den genannten Strecken.

Aus den für die drei Kreise aufgeführten Bauausgaben seien die folgenden wichtigern Posten (mit über 200 000 Fr. zu Lasten der Baurechnung) erwähnt: Im *Kreis I* an die Erweiterung bzw. den Umbau der Bahnhöfe Genf 2 000 000 Fr., Brig 300 000 Fr., Neuenburg 380 000 Fr., Delsberg 350 000 Fr., Freiburg 450 000 Fr. und der Station Bouveret 240 000 Fr., an den Ersatz der Brücke über den Zihlkanal bei Brügg 300 000 Fr., als Anteil an den Kosten für Schwachstrom-Leitungen auf der Strecke Yverdon-Biel-Mett 476 000 Fr. und den Strecken Zollikofen-Biel und Münster-Delsberg 344 000 Fr. Im *Kreis II* an den neuen Rangierbahnhof Basel auf dem Muttenzerfeld 2 900 000 Fr. an die Erweiterung der Bahnhöfe Luzern 320 000 Fr. und Chiasso 900 000 Fr., an das zweite Geleise Solothurn-Lengnau 330 000 Fr., an

den Umbau der Aarebrücke bei Olten 230 000 Fr. und als Kostenanteil der Schwachstromleitungen auf den Strecken Rothkreuz-Rapperswil, Brugg-Hendschiken und Olten-Biel 630 000 Fr. Im *Kreis III* an den Umbau und die Erweiterung der Bahnhöfe Ziegelbrücke 300 000 Fr., Chur 900 000 Fr., Winterthur (neue Stellwerkanlage 300 000 Fr., Rangierbahnhof 268 000 Fr.) 568 000 Fr., Brugg (Unterführung) 570 000 Fr., Zürich (neues Postdienstgebäude 300 000 Fr., neue Lokomotivremise 1 400 000 Fr.) 1 700 000 Fr., sowie der Stationen Zürich-Wollishofen 200 000 Fr. und Heerbrugg 200 000 Fr., an den Umbau der linksufrigen Zürichseebahn im Gebiete der Stadt Zürich 800 000 Fr., an das zweite Geleise Wil-Uzwil 900 000 Fr., für Verkleidungen in verschiedenen Tunneln der Strecke Weesen-Wallenstadt 200 000 Fr., an den Ersatz der Brücke über den Linthkanal vor Ziegelbrücke 377 000 Fr. und als Anteil an den Kosten für Schwachstrom-Anlagen auf den Strecken Winterthur-Romanshorn-Rorschach, Richterswil-Chur und Rapperswil-Wattwil 597 000 Fr.

Der Ausgabeposten für Rollmaterial, in dem die Vergütung für auszurangierendes Material (50 Lokomotiven, 16 Personenwagen, 13 Gepäckwagen und 300 Güterwagen) mit 6 360 000 Fr. berücksichtigt ist, enthält u. a. einen Posten von 15 200 000 Fr. an die 72 im Jahre 1926 in Auftrag gegebenen und einen solchen von 6 300 000 Fr. an die Kosten von 48 im Jahre 1927 zu bestellenden Triebfahrzeuge. Für Neuanschaffung von Personenwagen sind 3 980 000 Fr. und von Güterwagen 405 000 Fr. vorgesehen. Für die Ausrüstung von Wagen mit elektrischer Heizung bzw. Heizleitung enthält der Voranschlag einen Posten von 1 700 000 Fr. Auf Ende 1927 werden voraussichtlich noch 685 Dampflokomotiven (ohne Brünigbahn) vorhanden sein, ferner 415 elektrische Triebfahrzeuge (399 Einphasen-Lokomotiven und -Motorwagen, 7 Drehstrom-Lokomotiven, 19 Akkumulatorenfahrzeuge und Traktoren), d. h. insgesamt 1100 Triebfahrzeuge, gegenüber 1077 Ende 1926, 1049 Ende 1925, 1117 Ende 1924, 1160 Ende 1923 und 1187 Ende 1922.

## Miscellanea.

**American Society for Testing Materials.** Ueber die jüngsten Arbeiten dieser Vereinigung, die auf der diesjährigen Jahresversammlung vorgelegt wurden, berichtet „Eng. News Record“ vom 1. Juli 1926. Prof. Talbot gibt in seinem Bericht einen Ueberblick über die Entwicklung des Eisenbeton-Versuchswesens in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. (Erst 1904 wurde das Joint Committee on Concrete and Reinforced Concrete geschaffen, dem die Lösung der einschlägigen Fragen durch Versuche oblag). Prof. Sayre vom Union College, Schenectaday, hat einen neuen, hochempfindlichen Spiegeldehnungsmesser konstruiert mit einer Empfindlichkeit von  $\frac{1}{10\,000}$  mm, Prof. Smith von der University of Pittsburgh einen Verdrehungsmesser für Torsionsversuche.

Von besonderem Interesse sind die neuen Ergebnisse über Ermüdungs- bzw. Dauerversuche mit angelassenen Kupfer-, Nickel- und Monelmetall-Probestäben. Die Dauerfestigkeitsgrenze wurde ermittelt nach der gewöhnlichen Methode mit drehendem, auf Biegung beanspruchtem Versuchstab, sowie nach einem neuen Verfahren, wobei der Spannungswechsel direkt mit Hilfe von Elektromagneten hervorgerufen wurde. Nachdem frühere Versuche mit Materialien, deren Proportionalitätsgrenze über der Dauerfestigkeitsgrenze liegt, eine gute Uebereinstimmung der beiden Prüfungsverfahren ergeben hatten, sollte dies noch für Materialien mit umgekehrtem Verhalten, d. h. Proportionalitätsgrenze unter der Dauerfestigkeitsgrenze, verfolgt werden. Die untersuchten Proben ergaben folgende Resultate:

	Dauerfestigkeit		Proportionalitäts-	
	altes Verf.	neues Verf.	grenze	Bruchgrenze
Kupfer . . . . .	710 kg/cm <sup>2</sup>	770 kg/cm <sup>2</sup>	132 kg/cm <sup>2</sup>	2190 kg/cm <sup>2</sup>
Nickel . . . . .	2670 „	2920 „	1120 „	5810 „
Monel-Metall	2810 „	2810 „	980 „	6370 „

Weiter wurde der Einfluss einer Schwächung der Oberfläche durch eine schraubenförmige, sowie eine kreisförmige Nut verfolgt und gefunden, dass ein Versuchstab der ersten Art viel grössere Dauerbeanspruchungen aushält als ein Stab der zweiten Art. Die Dauerfestigkeit ergab sich grösser bei grösserem Krümmungsradius der Nut und sank mit zunehmender Tiefe der Nut. Von wesentlichem Einfluss war auch die korrodierende Einwirkung eines Salzwasserstrahles während der Versuchsdauer. Die Dauerfestigkeit war um 21% kleiner, obschon durch den einwirkenden Wasserstrahl an der Oberfläche nur Vertiefungen von  $\frac{1}{2}$  mm entstanden.