

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 25/26 (1895)
Heft: 5

Artikel: Ueber das Verstärken von eisernen Brücken
Autor: Mantel, Gustav
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-19291>

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: 29.07.2025

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

Vorwärmer sind je 8,600 m lang und haben 0,600 m Durchmesser. Zur Kesselspeisung dienen eine Dampfmaschine und ein Injektor als Reserve. Die Heizung geschieht mit Koaks, welchen das städtische Gaswerk liefert. Dementsprechend und mit Rücksicht auf die Aufstellung weiterer Kessel wurde der Kamin 36 m hoch, mit einer oberen Lichtweite von 1,20 m hergestellt.

Im Maschinenhaus (Fig. 7) sind je zwei Dampf- und Dynamomaschinen installiert. Zur bessern Ausgleichung der ganz bedeutenden Stromschwankungen wurden die Dampfmaschinen mit grossen Schwungrädern versehen, welche 5,0 m Durchmesser besitzen. Die Dampfmaschinen sind horizontale Compound-Tandem Maschinen mit 350 mm bezw. 550 mm Cylinder-Durchmesser; der Hub beträgt 750 mm, die Tourenzahl 80 in der Minute. Die Maschinen sind Kondensations-Maschinen mit 7 Atmosphären Anfangsdruck; sie leisten bei 14% bezw. 29% Füllung im Hochdruckcylinder 92 bezw. 130 P.S. i oder etwa 75 bezw. 110 P.S. e. Sämtliche Rohrleitungen sind im Untergeschoss des Maschinenhauses angeordnet, wo bereits der Aushub für die Fundamente der weiteren Maschinen erfolgt ist.

Die Dynamomaschinen, welche mittelst einer einfachen Riemenübersetzung angetrieben werden, sind Nebenschluss-Maschinen, System Helvetia, für 520 Volts und 140 Ampères entsprechend der Leistung von 72800 Watts. Dieselben machen 450 Touren in der Minute und sind mit automatischer Ringschmierung versehen. Sämtliche Stromleitungen im Maschinenhaus zwischen Dynamomaschine und Schaltbrett sind unterirdisch angeordnet.

Am Schaltbrett (Fig. 8), welches ebenfalls bereits für eventuelle Vergrösserung der Maschinenanlage eingerichtet ist, sehen wir alle nötigen Apparate. Es sind vorhanden zwei automatische Rückstromausschalter, welche als Handausschalter dienen, ein Voltmeter mit Vierkontakt-Doppelpolumschalter, zwei Ampèremeter für je 150 A, ein Hauptampèremeter für den Linienkonsum, ein automatischer Maximalstromausschalter für die Arbeitsleitung, ein Centralen-Voltmeter, ferner zwei Blitzplatten mit selbstthätiger Funkenlöschung für die abgehenden Kraftleitungen. Die Maschinen können ohne Betriebsstörung untereinander ausgewechselt werden, ebenso können beide auf denselben Stromkreis parallel arbeiten.

Die Reparatur-Werkstätte enthält einen Motor, der zugleich Gleichstrom-Transformator von 500 V auf 120 V für die Beleuchtung ist, indem mit diesem Motor eine Dynamomaschine für 120 V direkt gekuppelt ist. Der Motor treibt zugleich durch einfache Riemenübersetzung eine Deckentransmission, welche die nötigen Werkzeugmaschinen als Drehbank, Shappingmaschine, Bohrmaschine etc. bedient. Ein in der Werkstätte befindliches Tableau enthält einen Accumulatorenzellschalter, Voltmeter, Ampèremeter und einen automatischen Rückstromausschalter.

Die Beleuchtungsmaschine ladet während des Tages eine kleine Accumulatorenbatterie, welche abends bei voller Beleuchtung mit derselben parallel geschaltet wird, während sie bei Nacht, wo der Maschinenbetrieb eingestellt ist, allein zur Beleuchtung der Wagen-Remise etc. dient. Wagenremise und Kraftstation sind durch eine Lichtleitung mit einander verbunden.

In der Reparatur-Werkstätte befinden sich ausserdem noch zwei Geleise für je einen Wagenstand, von welchen eines eine Putzgrube besitzt. (Schluss folgt.)

Ueber das Verstärken von eisernen Brücken.

Von Ingenieur *Gustav Mantel* in Zürich.

Seit noch nicht ganz einem Jahrzehnt hat sich in den uns umgebenden Ländern und seit einigen Jahren auch bei uns ein besonderer Zweig des Brückenbaues zu entwickeln begonnen, dem eine ganz hervorragende Bedeutung zukommt und dem gegenwärtig viele Werkstätten und namentlich viele Eisenbahngesellschaften obliegen. Es sind die Brückenverstärkungen, die Brückensanierungen gemeint, die mehr,

als es auf den ersten Blick scheinen sollte, eine Kunst für sich bilden, ein besonderes Studium erfordern. Die kunstgerechte Verstärkung alter Brücken bietet vielfach grössere Schwierigkeiten, will sorgfältiger überlegt sein als die Aufstellung neuer Brücken; denn gleich von vornherein sei es gesagt: durch eine Brückenverstärkung, richtig berechnet und unter Berücksichtigung aller massgebenden Gesichtspunkte richtig durchgeführt, kann eine alte Brücke wirklich verjüngt und für eine neue Betriebsperiode gerettet werden, durch unüberlegte Arbeiten an einer Brücke kann, selbst wenn mehr Material in dieselbe hineingelegt worden ist, ihr Zustand verschlechtert werden, indem unrichtige, unbeabsichtigte Verteilungen der innern Spannungen geschaffen werden, die mit den gewollten rechnermässigen nicht in Uebereinstimmung sind. Und was das schlimme ist, diese unrichtigen Spannungsverteilungen lassen sich in den meisten Fällen nachträglich nicht mehr ermitteln und nicht mehr gut machen. Jetzt, da auch wir in der Schweiz in diese Periode der Brückenverstärkungen eingetreten sind, ist es vielleicht am Platz und auch für einen weitem Leserkreis von Interesse, einiges über die Erfahrungen zu vernehmen, die in andern Ländern gelegentlich solcher Verstärkungsarbeiten gemacht worden sind und über die Grundsätze und Regeln, die man etwa aus denselben ableiten kann.

Kaum wird es freilich in unserm Land schon Brückeningenieure geben, die sich infolge ihrer eingehenden Beschäftigung mit altersschwachen Brücken auf den Standpunkt von Oberinspektor Huss bei der k. k. Generaldirektion der österr. Staatsbahnen aufgeschwungen haben.

Dieser hat, wie aus dem Schluss seines Vortrages hervorgeht*), „gleich dem Menschenfreund, welcher sein ganzes Sinnen und Trachten den Krüppelhaften, den Altersschwachen, den Entarteten und dergleichen Bedauernswerten widmet, sich so ganz den Brückensanierungen hingeeben, dass er gleich jenem in seinem Beruf die Quelle reiner, seltener Befriedigung gefunden, wie solche nicht einmal die Schaffung grosser, neuer Bauwerke zu bieten vermag, bei welcher wir uns in der Regel ja doch den Stoff selbst zurechtlegen und wo die Geldmittel reichlich vorhanden sind“. Derselbe hatte freilich im Jahre 1889 schon 250 Blechbalken- und 150 Gitterbrücken verstärkt, eine Leistung, die allerdings mit Befriedigung erfüllen darf.

In ähnlicher Weise wie später die Schweiz, wurde Oesterreich im Jahr 1886 durch den Einsturz einer Brücke nach bloss zwölfjährigem Betrieb aus der ruhigen Zuversicht bezüglich des Zustandes seiner eisernen Bahnbrücken aufgeschreckt. Dieser Einsturz verlief aber ausserordentlich glücklich. Die Brücke — an der Linie Wörgl-Bischofshofen, Spannweite 29 1/2 m, Fahrbahn unten, schief unter 45°, gebaut 1874 von der Prager-Industrie-Gesellschaft — brach in der Nacht unter einem Güterzug zusammen, ohne dass Menschenleben verloren giengen. Der Unfall hat daher wohl für Oesterreich selbst anregend gewirkt und veranlasst, dass man dort sofort anfieng, den eisernen Brücken diejenige Aufmerksamkeit zu widmen, deren sie bedürfen, um immer volle Betriebssicherheit zu gewähren. Aber gerade weil er so glücklich ablief, hat er nicht genügt, um überall schon die Erkenntnis zu erzwingen, dass etwas besonderes für dieselben geschehen müsse. Dass dies der Fall ist und warum, ist nun freilich sonnenklar. Die Brücken sind im allgemeinen nicht schlechter geworden im Betrieb, aber die Anforderungen an sie sind immer grössere geworden, das Gewicht der Maschinen ist von 3 Tonnen per Meter Länge auf 4, auf 5 und mehr Tonnen gestiegen, statt 40 Tonnen wiegt eine Lastzugmaschine jetzt 60, 70 oder 80 Tonnen, auf den Bergbahnen kommen Maschinen bis 100 Tonnen vor und zugleich sind die Fahrgeschwindigkeiten vielfach erheblich grössere geworden, sowohl für Personen- wie für Güterzüge, wodurch weitere Mehrbeanspruchungen der tragenden Teile entstanden.

*) Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, XLI. Jahrgang, Nr. 2, mit drei trefflichen Tafeln.

Wenn der Einfluss dieser Umstände lange Zeit nicht richtig gewürdigt wurde, so lag die Ursache wohl einerseits in der allmählichen, langsamen Entwicklung der Fahrzeuge nach der Seite grösseren Gewichts hin, sodass jeder einzelne Schritt als solcher nur eine verhältnismässig unwesentliche Mehrbeanspruchung der Brücken bedeutete, welcher sie sehr wohl gewachsen schienen. Andererseits aber war es anfänglich auch die mangelnde Kenntnis der statischen Eigenschaften der Fachwerkbrücken, wodurch die richtige Einsicht in die Folgen der Mehrbelastung unmöglich gemacht und später wenigstens noch wesentlich erschwert wurde, sodass die für die Steinbrücken richtige Idee, dass eine Zunahme der Last nicht in Betracht falle, auch in abgeschwächtem Masse auf die eisernen Brücken übertragen wurde. Es darf eben nicht vergessen werden, dass die uns jetzt so geläufigen Grundlagen der Theorie des Fachwerkes höchstens seit etwa 40 Jahren sich allmählich entwickelt haben; war ja doch z. B. die Brücke über die Saane bei Freiburg, die 1857—1862 gebaut wurde, eine der ersten, für welche die nach der Mitte zu steigenden Streben entsprechend der vermehrten Einsicht „auf Druck widerstehend“ gebaut wurden. Andererseits sind wir bekanntlich auch jetzt noch nicht zu einem Abschluss der Fachwerktheorie gelangt, immer treten noch neue ungelöste Fragen an uns heran und es scheint sogar, dass wir die Wirkungsweise bestimmter Systeme, namentlich der früher mit Vorliebe gebauten, mit vielen in einander hineingelegten Strebenzügen, der sogenannten Netzwerk- und Gitterbrücken auf theoretischem Wege nie mit voller Klarheit ergründen werden.

Ist es also verständlich, wenn früher die eisernen Brücken etwas zu sehr sich selbst überlassen blieben, so hat sich jetzt zweifellos überall die Erkenntnis Bahn gebrochen, dass dieselben der aufmerksamsten Ueberwachung und Unterhaltung bedürfen und dass die den gegenwärtigen Lokomotivgewichten nicht mehr innerhalb der zulässigen Sicherheitsgrenzen gewachsenen Teile verstärkt oder ersetzt werden müssen. Oft wird sich freilich die Ersetzung der ganzen Brücke als das einzig Richtige ergeben, was namentlich dann der Fall ist, wenn von den Uebeln: zu geringe Querschnitte, unrationelles System, schlechte Ausführung und mangelhafte Eisenqualität, mehrere zusammentreffen.

Unglücklicherweise ist dies bei unsern ältern Brücken nicht gerade selten der Fall. Abgesehen von zu geringen Querschnitten ist das gewählte System oft in statischer Hinsicht unrichtig oder lässt keine sichere Berechnung zu, wie alle die Gitterbrücken mit vielfachen Streben systemen und bandförmigen Druckgliedern, mit mehr oder weniger oder gar nicht wirkenden Verankerungen an den Enden u. s. w. Eine Prüfung des Eisens auf seine Qualität fand nicht oder in unzureichendem Masse statt, daher man sehr viele Eisen findet, die zwar oft genügende Festigkeit aber sehr geringe oder nahezu keine Dehnbarkeit besitzen, namentlich in der Querrichtung, was zum Teil wohl mit den damaligen Fabrikationsmethoden zusammenhängen mag. Die Ausführung zeigt ebenfalls ihre charakteristischen Mängel: die Stösse der Gurtungsteile sind entweder ungenügend oder auch gar nicht gedeckt, bei den Gurtplatten trat oft eine unzuverlässige Schweissung an Stelle der Deckung; die Nieten sind oft von übermässiger Dicke — bis über 30 mm — so dass eine ordentliche Stauchung des Schaftes nicht mit Zuverlässigkeit angenommen werden kann und zudem sind sie hie und da noch erschreckend dicht gesetzt; neben dem Schweisseisen wurde oft noch Gusseisen mitbenützt, zu Querträgern oder deren Anschlüssen, oder in ganz unzweckmässiger Weise als Teile der Gurtungen. In diesem Fall sind Gussplatten auf die schweisseisernen Kopfplatten der Druckgurten gelegt und mit diesen vernietet und verschraubt. Da die Stösse der Gussplatten nicht verlascht sind, so kann die Kraftübertragung an den Stosstellen keine zuverlässige sein — ein einziger nicht satter Schluss in der Nähe von Brückenmitte macht den Nutzen des ganzen aufgelegten Gussgewichtes illusorisch und wo die Berührung nur eine partielle ist, wird nur ein Bruchteil der Kraft übertragen —

übrigens trägt Gusseisen in Verbindung mit Schweisseisen infolge des Unterschiedes der Elasticitätszahlen nur im Verhältnis der Hälfte seines Querschnittes. — Schlimm steht es meist mit den Auflagern. Ausnahmslos sind es Flächenaufleger und meist von übermässiger Länge, sodass man völlig im Unklaren ist, wo eigentlich der Auflagerdruck eintritt, namentlich wenn noch Pfosten über dem ein oder mehrere Meter langen Auflager selbst fehlen und ein solcher nur am hintersten Ende desselben steht. Die manchmal fast unmögliche Verbesserung der Auflagerverhältnisse kann mit ein Grund werden, um ein Objekt nicht mehr einer umfangreichen und teuren Verstärkungsarbeit wert erscheinen zu lassen.

Man muss in der Hauptsache zwei prinzipiell verschiedene Verstärkungsmethoden unterscheiden, je nachdem nämlich die Brücke eingerüstet wird oder nicht. Im erstern Fall wird sie dabei so weit gehoben, als sie sich rechnermässig unter ihrem Eigengewicht einsenkt; die Eigengewichtsspannungen in den Tragwänden können auf diese Weise wenn auch nicht immer mathematisch genau, zum Verschwinden gebracht werden. Die neuen Teile, die man zur Verstärkung der alten auf diese aufnietet, oder als Ersatz der alten einstellt, oder die man zwischen die vorhandenen neu einschaltet, — wie z. B. neue Streben systeme zwischen die alten hinein, — werden nach der Entfernung des Gerüsts gleich den alten Teilen im Verhältnis ihrer Stärke ebenfalls an der Uebertragung der Eigengewichtsspannungen teilnehmen, die Gesamtspannungen werden sich gleichmässig über Neu- und Altmaterial des nämlichen Querschnittes, über alte und neue Streben systeme verteilen.

Die Ergebnisse dieser Verstärkungsweise sind wohl die zuverlässigsten und in gewissen Fällen kann überhaupt nicht anders vorgegangen werden, wenn z. B. Streben einfacher Fachwerk systeme weggenommen und durch neue ersetzt werden sollen. Auch die Störung der Arbeiten durch den fortgeführten Bahnbetrieb sind viel unbedeutender, als ohne Vorhandensein eines Gerüsts, denn wenn alle Knotenpunkte gehörig unterkeilt sind, so kann das Passieren der Züge auch bei weggenommenen Streben, bei gelösten Gurtplatten u. s. w. gestattet werden; selbst bei Fahrbahn oben können einzelne Streben fehlen, wenn genügend tragfähige Pfosten vorhanden sind. Man wird eben nur das Aufbringen, Verdornen, Verschrauben und Vernieten der neuen Teile während der Belastung durch den Zug unterbrechen, weil derselbe doch immer eine gewisse Einsenkung der Brücke infolge der Zusammendrückung des Gerüsts hervorrufen wird; man wird den Zug langsam über die Brücke führen; um Schwingungen zu vermeiden, wird man namentlich bei Fahrbahn oben sorgfältig auf die Erhaltung der vollen Querfestigkeit der Brücke achten und man wird durch Nachkeilen auf Grund häufig vorgenommener Nivellements oder besser auf Grund von Vergleichen mit festen Marken an freistehenden Pfählen ängstlich dafür sorgen, dass die Brücke ihre genaue Gurtform beibehält, weil andernfalls die Verteilung der innern Spannungen nicht die beabsichtigt gleichmässige würde. Unter Berücksichtigung dieser Vorsichtsmassregeln ist es aber möglich, verstärkte Brücken zu erhalten, die ganz wie neue funktionieren und solchen gleichwertig sein können.

Die Verstärkung mit Zuhilfenahme einer Einrüstung der Brücke wird aber die Ausnahme, die Verstärkung ohne Gerüstung und ebenfalls mit der erschwerenden Bedingung der Aufrechterhaltung des Betriebes die Regel bilden. Denn die Gerüstung kommt mit Ausnahme für sehr tief liegende Brücken teuer zu stehen und kann auch in der That in den meisten Fällen entbehrt werden, ausschliesslich natürlich der vorhin erwähnten, bei welchen es sich um Auswechslung von Teilen handelt, die beträchtliche Eigengewichtsspannungen besitzen.

Von vornherein ist es klar, dass wenn auf alte Teile neue aufgenietet werden, ohne dass vorher die erstern (durch Heben der Brücke) von ihren Eigengewichtsspannungen befreit wurden, die alten Teile nach wie vor das Eigengewicht des alten Bauwerkes allein zu tragen haben.

Ueberdies hat jeder alte Teil am Eigengewicht des gesamten Neumaterials mitzutragen, soweit es vor dessen eigener Verstärkung auf die Brücke aufgebracht wurde; nach der Verstärkung verteilen sich weitere hinzukommende Eigengewichtsspannungen gleich den von der zufälligen Last herrührenden auf den ganzen verstärkten Querschnitt. Daneben wird in diesem Fall der neue Querschnitt ausschliesslich von den zufälligen Lasten beansprucht. Unmittelbar ergibt sich hieraus die Regel, zuerst diejenigen Teile zu verstärken, die am Gewicht aller übrigen mitzutragen haben, also jedenfalls die Tragwände vor den Teilen der Fahrbahntafel, der Quer- und Längsverbände. Ebenso wäre es folgerichtig, zuerst die Querträger und nachher die Längsträger zu verstärken, doch wird dies in den meisten Fällen von wenig Belang sein.

Das Gesagte ist zwar prinzipiell immer richtig, erlangt aber wesentliche Bedeutung nur für grössere Objekte; je kleiner dieselben, um so eher können ohne Schaden die Verstärkungsarbeiten in anderer Reihenfolge vorgenommen werden. Ist keine Veranlassung hiezu, so wird man natürlich immer am besten den rationell richtigen Weg einschlagen. Es kann aber von diesem selbst auch bei grossen Objekten abgewichen werden, wenn es der ungestörte Fortschritt der Arbeit oder andere Umstände erfordern, denn es ist immer leicht, sich über die Mehrbelastung der Altteile, die hiedurch entsteht, mittelst einer kleinen Rechnung Klarheit zu verschaffen und zu beurteilen, welche grössten Spannungen in denselben entstehen und eventuell durch die Bemessung des Querschnittes des Neumaterials diese auf das gewünschte Mass herunter zu ziehen. Es liegt nämlich nahe, dass sich die Spannung im Neumaterial einfach rechnet aus $\sigma_n = Sp : (Fn + Fa)$, wenn Sp die grösste Kraft, herrührend von der zufälligen Last, Fn und Fa die Querschnitte bezw. des neuen und des alten Materials bedeuten. Die Spannungen im Altmaterial dagegen sind grösser um den Betrag, welcher dem Eigengewicht entspricht — dem unter Umständen schon aufgebrauchte neue Teile zuzurechnen sind — da dieses durch die alten Teile allein getragen werden muss, also gleich

$$\sigma_a = \frac{Sg}{Fa} + \frac{Sp}{Fa + Fn},$$

soweit es sich um Zug und Druck handelt. Für Biegung erhält man analog

$$\sigma_a = \frac{Mg}{Wa} + \frac{Mp}{Wa + Wn},$$

wo die M Momente der äussern Kräfte, die W die Widerstandsmomente bedeuten.

Im allgemeinen muss als Regel festgehalten werden, dass die Spannung σ_a im Altmaterial die durch Erfahrung oder Vorschriften als zulässig erklärte nicht überschreite. Es ist aber leicht ersichtlich, dass bei kleinen Objekten mit geringem Eigengewicht die Ausserachtlassung derselben keine weiteren Folgen nach sich zieht. Man findet aus obigen Gleichungen leicht die Vermehrung der Spannung im Altmaterial durch das Unterlassen der Einrüstung für Zug und Druck zu:

$$\Delta\sigma = \frac{Sg}{Fa} \cdot \frac{Fn}{Fa + Fn} = \sigma_a \cdot \frac{Fn}{Fa + Fn}$$

und für Biegung

$$\Delta\sigma = \frac{Mg}{Wa} \cdot \frac{Wn}{Wa + Wn} = \sigma_a \cdot \frac{Wn}{Wa + Wn}$$

was (wenigstens angenähert auch für den zweiten Fall) so ausgedrückt werden kann, dass die ungewünschte Vergrösserung der Spannung im Altmaterial proportional ist der Eigengewichtsspannung daselbst mal dem Verhältnis des Neumaterials zum verstärkten Querschnitt. Bei ganz kleinen Fachwerkbrücken, bei Blechbalken, Quer- und Längsträgern ist σ_a schon an und für sich klein und der Fehler reduziert sich auf einen Bruchteil hievon, da das neuaufgelegte Material ja höchstens in den seltensten Fällen dem Altmaterial gleich genommen werden kann. Für Streben in Fachwerkmitte würde der Schaden auch bei grösseren Objekten

noch nicht bedeutend, anders für die Streben in den übrigen Teilen der Wand und die Gurtungen auf deren grössere Ausdehnung hin. Während bei 20 m Spannweite die Spannungen vom Eigengewicht zu denjenigen von der zufälligen Last sich bei, nach unsern Vorschriften erbauten Brücken ohne Schotterbett etwa verhalten wie 1 : 7, steigt das Verhältnis bis 50 m auf etwa 1 : 3 und bis 100 m auf etwa 1 : 1.4, die Eigengewichtsspannungen erreichen also hier beträchtliche Beträge, absolut ausgedrückt 90, 195 und 325 kg (cm²) für 20, 50 und 100 m Spannweite. Dies gilt bei normalen Querschnitten und entsprechend vergrössern sich diese Spannungen bei zu schwachen Brücken. Der Unterschied der Spannungen im Neu- und Altmaterial bleibt immer dieser ursprünglichen Eigengewichtsspannung proportional, ist also noch klein bei 20 m Spannweite, schon ansehnlich bei 50 m und bedeutend bei 100 m.

Dass es immer unerwünscht, unter Umständen gefährlich sein muss grosse Spannungsdifferenzen im nämlichen Querschnitt zu haben, ist selbstverständlich. Als massgebend für die Sicherheit des Bauwerkes kann unser Erachtens, wie schon erwähnt, nur die grössere Spannung im Altmaterial betrachtet werden, nicht etwa die durchschnittliche Spannung des ganzen Querschnittes. Denn das Altmaterial würde früher die Streckgrenze erreichen als das neue und von Ueberschreitung dieses Punktes an wird die Verteilung der Spannungen über den Querschnitt mehr und mehr eine andere, indem die Spannung im alten Teil bei weitem Dehnungen oder Verkürzungen vorläufig diejenige der Streckgrenze bleibt. Dies hat zur Folge, dass die Spannung im Neumaterial rascher anwächst und rascher ebenfalls diese Grenze erreichen muss: letztere wird also überhaupt früher erreicht, als wenn sich z. B. eine mittlere Spannung gleichmässig über den Querschnitt verteilen würde. Zwar bemisst man meist die Sicherheit der Brücken nach dem Verhältnis ihrer innern Spannungen der Bruch- und nicht der Streckgrenze gegenüber, nichts destoweniger ist nicht zu leugnen, dass diese letztere die obere Grenze ist, welche die Spannungen nie erreichen sollen. Auch bei einem auf Knicken beanspruchten Stab, der aus zwei ungleich stark arbeitenden Materialien besteht, dürfte die Spannung des stärker beanspruchten Teiles massgebend sein; die Verhältnisse werden hier noch dadurch verwickelter und ungünstiger, dass nach Erreichung der Streckgrenze im einen Teil eine bleibende Verbiegung mit Erhöhung der Bruchgefahr für die nächstfolgende Belastung eintritt, falls der Bruch nicht sofort eintritt.

Es ist daher klar, dass in der Hauptsache die Spannung im Altmaterial die durch die vorgeschriebene Sicherheit festgesetzte Entfernung von der Bruchspannung besitzen muss. Abweichungen hievon wird man vorsichtiger Weise nur in beschränktem Masse zulassen.

Man berechnet daher den Betrag F_n des Neumaterials aus

$$F_n = \frac{Fa(Sg - \sigma Fa)}{\sigma \cdot Fa - Sg}$$

und es beträgt sein Verhältnis zu demjenigen F_n' , dessen man bei Einrüstung bedürfte

$$\frac{F_n}{F_n'} = \frac{1}{1 - \frac{Sg}{\sigma \cdot Fa}} = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_g}{\sigma}}$$

d. h. es ist das Verhältnis der Eigengewichtskraft zur Gesamttragkraft des Altmaterials oder dessen Eigengewichtsspannung zur zulässigen Spannung massgebend. Hierin bedeutet Sg die gesamte Kraft, σ die zulässige und σ_g die im Altmaterial vorhandene Spannung. Gewöhnlich lässt sich das Unterlassen der Gerüstung ausgleichen durch einen im Verhältnis zu deren Kosten mässigen Mehraufwand an Neumaterial und es wird dieser Mehraufwand um so geringer ins Gewicht fallen, als es ja bei den Verstärkungsarbeiten weniger das Material als die aufzuwendende Arbeit ist, welche die Kosten bedingt.

Aber nicht nur die Frage nach der neu aufzubringenden Materialmenge ist es, welche bei Verstärkung ohne Einrüstung einige Ueberlegung erfordert, um die Unterschiede

in der Beanspruchung von Neu- und Altmaterial nicht zu gross werden zu lassen; besondere Vorsicht muss darauf verwendet werden, dass beim Losschlagen der Niete die Eigengewichtsspannungen nicht aus einzelnen Teilen des alten Querschnittes verschwinden und sich dafür in andern Teilen entsprechend erhöhen. Die aus dieser Ursache entspringenden Spannungsdifferenzen können unter Umständen viel bedeutender werden als die oben geschilderten und es sind namentlich diese und ihr Zusammentreffen mit jenen, welche den Sicherheitsgrad des verstärkten Querschnittes wesentlich herunterdrücken, ja selbst unter denjenigen des unverstärkten Querschnittes bringen können. Denkt man sich z. B. die vertikalen Niete eines Gurtquerschnittes, welche die Kopfplatten mit den Winkeln verbinden, auf die nötige Länge gelöst, um eine neue Platte auf oder unter die alten legen zu können, so verschwinden die Eigengewichtsspannungen vollständig aus diesen (bzw. teilweise wenn beide Enden noch genügend befestigt bleiben) und konzentrieren sich in Winkeleisen und Stehblech. Unter Umständen ist dieser Querschnitt nicht ausreichend für die gesamte Eigenlastkraft, die Brücke kann einstürzen. Ist dies aber auch nicht der Fall, so kann doch der Unterschied der Spannungen zwischen Alt- und Neumaterial, zu welchem letzterem jetzt nach ihrer Wiederbefestigung auch die alten Kopfplatten gehören, so bedeutend werden, dass von einem richtigen Zusammenarbeiten der verschiedenen Teile nicht mehr die Rede ist.

Auch bei Strebenverstärkungen kommt Ähnliches vor, wenn z. B. von mehrteiligen Streben einzelne Teile weggenommen und durch stärkere ersetzt werden sollen. Beim Aufnieten neuer Teile auf alte übernehmen natürlich auch hier die erstern nur zufällige Spannungen, beim Auswechseln von ganzen Streben gehen die Eigengewichtsspannungen für die neuingesetzten ganz verloren, wenn nicht besondere Vorsichtsmassregeln getroffen werden und setzen sich in Biegungsspannungen der Gurtungen und Mehrbelastungen der benachbarten Streben um. An das Auswechseln ganzer Streben kann ohne Gerüstung überhaupt höchstens bei Gegenstreben und vereinzelt Hauptstreben mehrfacher Systeme gedacht werden, bei einfachen Systemen würde die Entfernung einer Hauptstrebe in den meisten Fällen den sofortigen Einsturz der Brücke zur Folge haben, zum mindesten aber Verbiegungen und enorme Spannungsüberschreitungen in den Gurtungen des betr. Feldes.

Ohne hier alle diejenigen Fälle besprechen zu können, — was bei der grossen Mannigfaltigkeit derselben nicht möglich —, bei welchen durch Lösung der Nietverbindung die Spannungsunterschiede zwischen Neu- und Altmaterial wesentlich vergrössert oder andere schädliche Wirkungen auf die Brücke ausgeübt werden können, geht aus dem Gesagten doch hervor, dass bei Brückenverstärkungen ohne Gerüstungen besondere Massnahmen getroffen werden müssen, um den beabsichtigten Zweck einer Verbesserung des Objektes zu erreichen, indem ohne solche die Brücke nach Vollendung der Verstärkungsarbeiten thatsächlich in einem schlimmeren Zustand sein kann als vorher oder zum mindesten nicht in einem bessern, trotz aufgewendeter Arbeit und Kosten.

Als erschwerender Umstand tritt hinzu, dass wie eingangs schon erwähnt falsche Spannungsverteilungen nachträglich weder sich konstatieren, noch mit einiger Zuverlässigkeit selbst unter grossen Opfern wieder gut machen lassen. Die verringerten Durchbiegungen bei den Belastungsproben nach der Verstärkung zeigen weiter nichts an, als dass mehr Material in der Brücke steckt als vorher; im besten Fall könnte vielleicht, wenn die Verhältnisse einfach liegen einmal der Nachweis erbracht werden, dass in einzelnen Teilen des Materials die Streckgrenze überschritten ist.

(Schluss folgt.)

Miscellanea.

Die Beleuchtung des Nordostsee-Kanals. Eine, annähernde Schwierigkeiten bietende Aufgabe, wie die elektrische Beleuchtung der fast 99 km langen Nord-Ostsee-Kanalstrecke war der Elektrotechnik bisher noch nicht

gestellt worden. Die Aktiengesellschaft Helios zu Köln Ehrenfeld, die während der letzten 10 Jahre das Wechselstromtransformatoren-System in Deutschland hauptsächlich ausgebildet und zur Anwendung gebracht hat, war in der Lage, die gestellte Aufgabe in befriedigender Weise zu lösen. Es handelte sich nicht nur um die Beleuchtung der Kanalstrecke, sondern auch um das grosse Lichtbedürfnis für die Schleusen, Häfen, Gebäude und Hafeneuchten. Neben den Centralmaschinenanlagen an den beiden Schleusen zu Holtenau und Brunsbüttel, welche die Druckwasserbetriebe für die Bewegung der Schleusenthore und der Windeköpfe enthielten, wurden Gebäude für die elektrischen Maschinenanlagen errichtet. Wie wir einer Beschreibung in den «Annalen für Gewerbe- und Bauwesen» entnehmen, enthält jede Anlage zwei Dampfmaschinen, die nur mit 85 Umdrehungen in der Minute laufen und je 200 eff. P. S. leisten. Die Spannung des Wechselstroms an den Maschinenklemmen beträgt 2000 Volts. Die Dampfmaschinen geben unter normaler Belastung bei einem Dampfdruck von 6 Atm. vor den Ventilen 100 Kilowatt mit 12 50 kg Dampfverbrauch nutzbar in der Leitung ab, d. h. 1 Kilowatt mit 12,5 kg Dampf per Stunde. In Brunsbüttel ist für die Beleuchtung der Schleusenammern während des Tages noch eine kleine Dynamo von 9–12 P. S. aufgestellt, die 150 Touren macht und auch als Reserve für die Erregung der Wechselstrommaschine benutzt werden kann. Für die Beleuchtung der Kessel- und Maschinenhäuser, der Gebäude, der Schleusenmauern etc. wird der Hochstrom von 2000 Volts auf die erforderliche Gebrauchsspannung vermittelst Helios-Transformatoren herunter transformiert. Zur Beleuchtung der Anlagen und Räume in Holtenau und Brunsbüttel ist eine grosse Anzahl Bogenlampen und Glühlampen installiert. Die Ständer auf den Schleusenmauern haben je vier Lampen zu 25 Normkerzen. Die Leitungen sind fast ausnahmslos unterirdisch als konzentrische, eisenband-armierte Kabel verlegt. Die Hafeneinfahrten sind durch elektrische Leuchfeuer armiert.

Die ganze Kanalstrecke ist in vier Abschnitte eingeteilt und zwar derart, dass vor Holtenau je ein Abschnitt auf der nördlichen und südlichen Kanalseite bis zu km 47 reicht; von dort sind ebenfalls zwei Abschnitte, der eine nördlich, der andere südlich des Kanals an Brunsbüttel angeschlossen. Auf diese Weise sind vier Lampenreihen vorhanden, für welche jedesmal Hin- und Rückleitung vorzusehen war. Durch jeden dieser Leitungsabschnitte werden 250 Glühlampen von je 25 Kerzenstärken betrieben, sodass sich eine mittlere Entfernung von Lampe zu Lampe von 196 m ergibt. Da indessen die Seen, welche vom Kanal durchschnitten werden, keine elektrische Beleuchtung haben, (die Fahrinne in den Seen ist durch Gasbojen während der Nacht angezeigt) so ergibt sich eine mittlere Entfernung von 160 m. In Wirklichkeit schwankt die Entfernung der Lampen aber von 80 bis 250 m, da in den geraden Strecken des Kanals die Beleuchtung bei 250 m Entfernung der Lampen von einander vollkommen genügt, während der Abstand der Lampen in den Kurven entsprechend geringer ausfällt. Die Kanalleitung besteht aus 4 mm Kupferdraht und ist durch dreifache, schwere Doppelglocken isoliert und in Entfernungen von je 40 m durch kräftige Holzmasse getragen. An den Stellen, wo sich Lampen befinden, ist die Leitung nicht unterbrochen, vielmehr geht die Leitung daselbst nur um einen Eisenkern in einer Anzahl Windungen herum, sodass eine ganz ununterbrochene Stromleitung vorhanden ist. Parallel zu den Windungen, welche um die Eisenkerne führen, ist an den Enden dieser Windungsabteilungen die Zuleitung zu den Glühlampen angeschlossen. Die Klemmenspannung an jeder Lampe beträgt 25 Volts; ausserdem ist der grosse Leitungswiderstand zu überwinden, sodass an den Klemmen der Kanalleitungen in der Betriebsanlage eine Spannung von etwa 7500 Volts dauernd erhalten wird. Diese Spannung wird erreicht durch Hochtransformierung des Maschinenstromes, welcher 2000 Volts hat. Das ganze Gestänge nebst Leitung sind durch Stachelzaundraht gegen Blitzgefahr geschützt. Die Kabel sind einen Meter tief in das Kanalbett eingebaggert und bestehen aus zwei induktionsfrei angeordneten Gummirädern, welche mit Guttapercha überzogen sind; die Armatur ist aus verzinkten Eisendrähten hergestellt. Die Kabel sind mit 15000 Volts probiert, sodass sie für die Betriebsspannung von 7500 Volts vollkommen gesichert erscheinen.

Gegen die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Berlin-Charlottenburger-Strassenbahn ist von Seiten der physikalisch-technischen Reichsanstalt Protest erhoben worden, den der an die zuständige Behörde erstattete Bericht folgendermassen begründet. Die auf der genannten Strassenbahn geplante Stromleitung mittels Schienen würde infolge der von letzteren in den Erdboden übergehenden sogenannten «vagabondierenden» Ströme in gewissem Umkreise so erhebliche und unregelmässige Störungen des Erdmagnetismus hervorrufen, dass dadurch in der nur 280 m von der Strassenbahn entfernten physikalisch-technischen Reichs-