



Staats- und
Universitätsbibliothek
Bremen

Staats- und Universitätsbibliothek Bremen

DFG Projekt Die Grenzboten

Die Grenzboten

Berlin u.a., 1841 - 1922

Eiserne Brücken

urn:nbn:de:gbv:46:1-908

tragen, ungeeignete Leute fernzuhalten, nicht sorgfältig genug arbeitende Mitglieder anzuspornen, und so kann sich das, was anfangs als eine Härte erschien, schließlich als eine große Erleichterung für den Vorstand der Genossenschaft erweisen. Es ist gar nicht unmöglich, daß in einem Zusammengehen von Konsumvereinen und Handwerker-genossenschaften ein großer Segen für die Handwerker liegen würde. Möchten doch beide dieses Ziel einmal fest ins Auge fassen.



Eiserne Brücken



in Präsident der Vereinigten Staaten von Nordamerika — wenn ich nicht irre, war es Grant — hat nach den ersten Zusammenbrüchen eiserner Brücken geäußert, daß er die Opfer solcher Unglücksfälle zwar bedaure, daß aber dem Bau eiserner Brücken, trotz des trügerischen Materials, bei der schnellen Zunahme der Bevölkerung und bei dem damit Schritt haltenden Verkehr keine Schranken gesetzt werden dürften noch könnten. Diese Worte gelten auch für unsre Verhältnisse.

Das Eisen, der „Träger der modernen Kultur,“ hat neben seinen vorzüglichen Eigenschaften leider auch recht schlechte, durch die der Vergleich „fest wie Eisen“ hinfällig wird, und was das schlimmste dabei ist, durch die selbst der Fachmann getäuscht werden kann. Daher konnte über die Entstehungsursache der Einstürze eiserner Brücken bisher fast in keinem Falle ein bestimmtes Urteil gewonnen werden; man mußte sich mit Mutmaßungen begnügen, die freilich zur Beruhigung des Publikums nur wenig beitragen können.

Als Ursache des Unglücksfalles bei Mönchenstein in der Schweiz am 14. Juni 1891, bei dem 73 Menschen das Leben einbüßten, wurde von der Untersuchungskommission die Verwendung schlechten Materials und fehlerhafte Konstruktion angenommen. Andre Sachverständige stellten beides in Abrede und suchten die Ursache in der übermäßigen Belastung der Brücke durch das in den letzten Jahren vermehrte Gewicht der Lokomotiven, von dem der Erbauer der Brücke, der „bekannte“ Eiffel, im Jahre 1875 noch nichts wissen konnte. Von anderer Seite machte man dem Erbauer den Vorwurf, daß er die Brücke bei der Prüfung auf ihre Tragfähigkeit noch nicht einmal mit dem doppelten Gewicht einer damaligen Lokomotive mit Tender belastet habe, was

als das Geringste gefordert werden müsse, und was auch für die schwersten Lokomotiven der Neuzeit ausgereicht hätte. Dagegen wurde wieder eingewendet, daß durch eine derartige übermäßige Belastung leicht der Keim zu einem Zusammenbruch der Brücke gelegt werden könne, und der Erbauer wohl aus diesem Grunde eine solche Belastung absichtlich vermieden habe. (Einer zu starken Probebelastung wird z. B. — und vielleicht nicht mit Unrecht — der Zusammensturz der Morawabrücke bei Subiczewo in Serbien, der sich im September 1892 ereignete, zugeschrieben. Auch die fünfzig Meter lange Stahlbrücke über den Thirso bei Taulago in Friaul brach am 22. Juli 1894 durch übermäßige Probebelastung zusammen, wobei der Erbauer, der Ingenieur Venier, seinen Tod fand.) Endlich fehlte es auch nicht an Fachleuten, die sich den Unfall bei Mönchenstein nur dadurch erklären konnten, daß infolge zu großer Fahrgeschwindigkeit eine Zugentgleisung auf der Brücke stattgefunden habe, der auch das beste Material und die stärkste Konstruktion nicht widerstanden haben würde. Daher wurde dem Erbauer wieder vorgeworfen, daß er es unterlassen habe, eine Schutzvorrichtung in der Form seitlicher Leitschienen anzubringen, sogenannter Zwangs- oder Pressschienen, durch die eine Entgleisung unmöglich gemacht würde.

Auch die Ursachen des Zusammenbruchs der Taybrücke in Schottland am 20. Dezember 1879(?), bei dem zweihundert Menschen umkamen, der Bromleybrücke in England am 24. November 1882 (mit fünf Toten), der Aberdeenshirebrücke in Schottland am 27. November desselben Jahres (mit sieben Toten), der Brücke zwischen Durdas und Ontario im Januar dieses Jahres (mit drei Toten und vielen Verwundeten) und anderer verhältnismäßig noch neuer Brücken in Nordamerika haben sich trotz aller Untersuchungen nicht mit Bestimmtheit ermitteln lassen. Auch die Kommission, die mit der Untersuchung der 1891 eingestürzten Brücke bei Tiflis beauftragt war (bei diesem Unglück ertrannten gegen hundert Menschen, und fast ebenso viele wurden verstümmelt), war wohl von der Aussichtslosigkeit ihrer Bemühungen, die wirkliche Ursache des Unglücks feststellen zu können, im voraus überzeugt; denn ihr lakonischer Bericht soll ungefähr darauf hinausgelaufen sein, daß die Brücke zweifellos vorhanden gewesen und zweifellos eingestürzt sei, daß alles in bester Ordnung gewesen sei, und daß die Brücke ihrer Bestimmung entsprochen habe. Hierzu wurde später etwas spöttisch bemerkt, daß nur noch ein ähnlicher Beschluß gefehlt hätte, wie ihn die Rechtsvertreter Deutschlands in demselben Jahre in Köln bei der Beratung über ein Trunksuchtsgesetz gefaßt hatten, der dahin lautete, daß besondere strafgesetzliche Bestimmungen gegen Trunksucht und Trunkenheit nicht geboten seien; man hätte diesen Beschluß *mutatis mutandis* ebenso gut in dem Bericht über die eingestürzte Brücke anbringen können.

Aber die Sache ist doch zu ernst, um Scherz damit zu treiben; wir wollen daher einmal an der Hand der Wissenschaft und der wenigen bisher gesam-

melten Erfahrungen versuchen, die Frage zu beantworten, unter welchen Verhältnissen auf Sicherheit und Dauerhaftigkeit eiserner Brücken gerechnet werden darf.

Was zunächst das Material betrifft, so hat man gefunden, daß sich zu Brücken ein stahlartiges Eisen am besten eignet. Gußeisen, das früher ebenfalls zum Brückenbau verwendet wurde, und Stahl sind zu spröde, Schmiedeeisen ist zu weich; man hat daher eine Mittelstufe zwischen beiden gewählt und dabei zunächst vorausgesetzt, daß das Material nur aus Eisen, Kohlenstoff und nebensächlich Silizium bestehe, von denen die beiden letzten, besonders der Kohlenstoff, je nach dem größern oder geringern Zusatz bekanntlich den Unterschied zwischen Gußeisen, Stahl und Schmiedeeisen ausmachen. Ob ein gewisser Gehalt an Mangan, Chrom, Wolfram, Nickel oder andern Metallen, die man in neuerer Zeit dem Eisen in den Flußmitteln bisweilen absichtlich zuführt, und die allerdings die Festigkeit des Eisens zu erhöhen scheinen, als eine wesentliche Verbesserung des Eisens anzusehen ist, wollen wir dahingestellt sein lassen; die Mississippibrücke bei St. Louis z. B. ist aus Chromstahl angefertigt.

Viele unsrer einheimischen Eisensorten enthalten noch, wenn auch in geringen Mengen, Schwefel und Phosphor, wenn sie aus schwefel- und phosphor-führenden Erzen oder Steinkohle, die selten schwefelfrei ist, dargestellt wurden. Schon Spuren dieser Körper machen das Eisen, wie man sich technisch ausdrückt, „rotbrüchig“ oder „kaltbrüchig.“ Diesen Mangel hat man zwar durch die neuern Darstellungsweisen, z. B. durch die von dem Engländer Thomas für den Bessemerstahl erfundene Entphosphorung, bei der noch die bekannte Phosphorschlacke, ein wertvoller Düngstoff, gewonnen wird, wesentlich beschränkt, aber doch nicht vollständig beseitigen können. Daher wird auch jetzt noch ein Eisen nur dann als rein angesehen werden dürfen, wenn es ausschließlich aus oxydirten Erzen (Rot- und Brauneisenstein, Eisenglanz und Magneteisenstein) oder aus der kohlenfauern Verbindung (Spateisenstein) mit Holzkohle erzeugt wurde, wie es in Schweden geschieht; denn selbst der aus Steinkohlen hervorgegangne, bei der Verhüttung vielfach verwendete Koks kann nicht für gänzlich schwefelfrei gelten.

Für unsern Massenbedarf ist man freilich zur Verhüttung einheimischer Erze mit Steinkohle oder Koks gezwungen, und bei der Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit, mit der man dabei zu Werke geht, wird selbst für Konstruktionen, von denen hohe Tragfähigkeit verlangt werden muß, ein zuverlässiges Material erreicht, gleichviel, ob die Darstellung durch den Krupp'schen Gußstahlprozeß, oder nach der Martinschen, oder nach der Siemens-Martinschen, oder nach der Bessemer'schen, oder nach der etwas umständlichen Uchatius'schen Methode geschieht, auf deren Unterschiede wir hier nicht weiter eingehen können; dem Martinschen Eisen giebt man meist den Vorzug.

Trotzdem verwenden vorsichtige Fabrikanten, sobald es sich um das Ma-

terial für Brückenbauten von großen Spannweiten handelt, nur schwedisches Holzkohleneisen oder Eisen aus rein oxydirten spanischen Erzen, indem sie von der richtigen Ansicht ausgehen, daß das stahlartige Eisen doch stets dem Rohstoff entsprechend ausfallen müsse.

Jedes stahlartige Eisen ist von Natur körnig oder krystallinisch, d. h. brüchig, und muß, damit es eine dem Holz ähnliche, faserige Struktur annimmt, wodurch es zäh wird, raffinirt, d. h. zu Stäben ausgereckt, wieder in Stücken zer schlagen und zu Bündeln vereinigt, mehrfach zusammengescheißt und von neuem in Walzwerken oder unter Hämmern ausgereckt werden. Dadurch erhalten die Krystalle eine Ausdehnung und das stahlartige Eisen die gewünschte sehnige Struktur.

Aber die beste Raffinirung schützt das stahlartige Eisen nicht vor Oxydation (Verrostung) an der Luft, wodurch es selbstverständlich an Festigkeit und Tragfähigkeit verliert. Zwei Eisenbahnbrücken im Héraultdepartement in Südfrankreich, von denen die eine 1851, die andre erst 1865 erbaut war, hatten trotz ihrer Steinkohlenteeranstriche schon nach zweiundvierzig und achtundzwanzig Jahren durch Rost so gelitten, daß sie durch neue Brücken ersetzt werden mußten. Man hat jedoch gefunden, daß geeigneter Bleiweißölfarbenanstrich, der besonders in den ersten Jahren öfter erneuert werden muß, genügend vor Verrostung schützt.

Eine weitere üble Eigenschaft des Eisens ist seine Ausdehnung und Zusammenziehung bei Temperaturwechseln, wodurch seine Moleküle verschoben werden und bei hohen Kältegraden ganz ihren Zusammenhang verlieren können. Dagegen giebt es kein Mittel. Die Wirkung dieser Art von Molekülbewegung ist aber so unbedeutend, und Brüche von Eisenkonstruktionen in Folge von Kälte sind bisher so selten vorgekommen, daß eine mit der Molekülbewegung verbundene Gefahr als kaum vorhanden angesehen zu werden braucht. Man lagert gerade Konstruktionen auf Stahlwalzen, auf denen sich das Eisen unbehindert bewegen kann, während man bogenförmigen Konstruktionen mit festen Widerlagern in den Krümmungen selbst Gelegenheit zur Ausdehnung und Zusammenziehung giebt.

Eine weit größere Gefahr liegt in der Durchbiegung (Biegung nach unten) der Eisenkonstruktionen in Folge der abwechselnden Belastung durch die Eisenbahnzüge, ganz besonders aber in den Erschütterungen, denen das Eisen dabei ausgesetzt ist. Man hat längst beobachtet, daß Durchbiegungen und Erschütterungen das stahlartige Eisen in seiner Molekulartextur allmählich in einer Weise verändern, daß das sehnige Gefüge wieder krystallinisch, d. h. das Eisen wieder brüchig wird. Doch ist festgestellt worden, daß die Durchbiegung richtig konstruirter und solid ausgeführter Eisenbrücken selbst bei Spannweiten von hundert Metern und darüber nur wenige Centimeter beträgt. Auch hat man gefunden, daß eine bleibende Durchbiegung als ein Zeichen guter Ausführung anzusehen ist,

und daß es bei der Konstruktion eiserner Brücken weniger auf große Massen von Material ankommt, die die Brücken nur unnütz schwer machen, als auf zweckmäßige Anordnung der Teile. Man darf daher auch nicht allzu viel Gewicht legen auf den schnellen Durchbruch einer unter einem scharfen Winkel abwechselnd vor- und rückwärts gebognen Eisenstange, mit der ein englischer Ingenieur die Eisenbrücken verglichen hat; auch an den Brücken soll sich „genau dieselbe Wirkung nach entsprechend langen Zeiträumen einstellen, wenn die jeweilige Durchbiegung auch so geringfügig ist, daß sie dem Auge des Beobachters entgeht.“ Wir zweifeln keinen Augenblick an der Richtigkeit dieser Behauptung, möchten aber doch dem reisenden Publikum, um es vor unnützer Furcht zu bewahren, raten, sich diese Zeiträume nicht zu kurz vorzustellen. Es giebt Maschinenteile, die eine ganz ungeheure Arbeit im Durchbiegen leisten müssen und dabei doch jahrelang aushalten; ich erinnere nur an die Bandfedern der Rüttelvorrichtungen in Mühlen u. dergl. und an die haardünnen Spiralfedern unsrer Taschenuhren, die sich in der Minute bis 240 mal, daher im Jahre über 126 Millionen mal durchbiegen, d. h. öffnen und schließen müssen, und dabei doch oft zehn Jahre und darüber halten. Wie viele Millionen mal mag sich eine Eisenstange, und wäre sie auch aus mehreren Stücken zusammengenietet, biegen lassen, ehe sie bricht, wenn die Biegung nicht unter einem scharfen Winkel, wie oben in dem Beispiele angenommen ist, sondern unter flachem Bogen geschieht, wie es der Durchbiegung der Brücken in Wirklichkeit entspricht! Wollte man aus der Zahl der Durchbiegungen jener Federn einen Schluß auf die Dauer der eisernen Brücken ziehen, so würden die Brücken das Alter der altrömischen Aquädukte weit übertreffen; denn eine Eisenbrücke, über die täglich 100 Bahnzüge fahren, wird im Jahre 36500 mal, daher in 2000 Jahren erst 73 Millionen mal durchgebogen, und zwar um einen Abstand, der im Verhältnis zu den Spannweiten verschwindend klein ist. Eine solche Lebensdauer dürfen wir aber den eisernen Brücken im allgemeinen auch bei der sorgfältigsten Unterhaltung nicht zutrauen. Es bleibt daher nichts weiter übrig, als daß wir die Hauptursache ihres Verfalls in den Erschütterungen suchen. Aus demselben Grunde müssen ja die Bahnschienen, die Radreifen und die Wagenachsen, die durch jede Unebenheit der Fahrbahn den Erschütterungen in erster Linie preisgegeben sind, nach einer bestimmten Zeit, und noch ehe sie irgend ein äußeres Zeichen der Brüchigkeit zeigen, gegen neue ausgetauscht werden. Eine dankbare Aufgabe für den Konstrukteur würde es daher sein, ein Mittel zu erfinden, wodurch die Erschütterungen der Brücken aufgehoben oder wenigstens gemildert werden könnten. Mit Federn oder Gummiunterlagen würde dieser Zweck nur unvollständig und nur für kurze Zeit erreicht werden. Vielleicht ließe sich das Fahrgleise aus besonders konstruirten starken Schienen herstellen, die, soweit sie auf der Brücke liegen, an ihren Enden mit einander senkrecht verplattet und verschraubt werden, während die zur Aus-

dehnung des Gleises erforderlichen Zwischenräume außerhalb der Spannweiten auf die festen Pfeiler gelegt werden. Auf diese Weise könnte ein starrer, fast homogener Schienenstrang geschaffen und jeder beim Darüberfahren der Bahnzüge an den Schienenwechseln entstehende Stoß auf das geringste Maß zurückgeführt werden. So lange ein ähnliches Mittel nicht gefunden ist, müßten, genau genommen, auch die einzelnen Teile der Brücken und insbesondere die Hauptträger nach bestimmten Zeiträumen gegen neue ausgetauscht oder durch neue verstärkt werden, eine Arbeit, die umständlich und gefahrvoll wäre, wenn, wie es meistens der Fall sein wird, der Betrieb der Brücke nicht unterbrochen werden dürfte.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß mit der Verwendung des Eisens zum Brückenbau mancherlei Mißstände verbunden sind, die bei Steinbrücken — passendes Material und richtige Konstruktion vorausgesetzt — ganz wegfallen, da Steingewölbe irgend welchen Veränderungen von Bedeutung nicht unterworfen sind und daher eine weit größere Bürgschaft für Festigkeit und Dauer geben. (Selbst Holzbrücken zeigen unter Umständen außerordentliche Dauer. Der Unterbau der alten Römerbrücke bei Koblenz, der im Dezember v. J. versteigert wurde, hatte ein Alter von 1600 Jahren. Allerdings waren dazu Eichenhölzer von 130 Centimeter Durchmesser verwendet worden.) Außerdem läßt sich die Stärke der Steingewölbe einfacher aus dem Druck berechnen, den sie auszuhalten haben, wobei noch eine mehrfache Sicherheit gegeben werden kann, während die Eisenkonstruktionen, die bisher nicht immer den Gewölben nachgebildet, sondern teils als Blech- oder Gitterträger, teils als Hängewerke oder als Sprengwerke oder aus beiden zugleich hergestellt wurden und mit Verstärkungen und Versteifungen versehen werden mußten, weit schwieriger zu berechnen sind. Aber die Spannweite der Steinbogen ist eng begrenzt. Man würde Brücken mit Spannweiten von hunderten von Metern, wie sie jetzt in wenigen Jahren aus Eisen aufgeführt werden, nur mit einem ganz ungeheuern Aufwand von Zeit und Geld zu stande bringen, wenn sie aus Stein hergestellt werden sollten und ihre Ausführung überhaupt möglich wäre. Zeit und Geld sind aber auch hier wie überall die Mächte, denen sich jedes Bedenken über das „trägerische Material“ unterordnen muß.

Und dennoch könnte die Bruchgefahr eiserner Brücken annähernd bis zu der der Steinbrücken vermindert werden, wenn bei den Eisenkonstruktionen durchweg nach dem Grundsatz verfahren würde, daß die tragenden Teile nur „auf Druck beansprucht“ werden (d. h., daß ihnen nur Druck nach der Richtung ihrer Längsachse zugemutet werden darf), wodurch die Moleküle sozusagen verdichtet werden, und daß die „Beanspruchung auf Zug“ oder Biegung, wodurch die Moleküle von einander entfernt werden, mithin das Eisen gelockert wird, thunlichst vermieden wird. Mit andern Worten: bei eisernen Brücken wird die höchste Stabilität und Dauerhaftigkeit dadurch erreicht, daß ihre Hauptträger,

ähnlich den Mauergerölben, in Bogenform gegen feste Stützpunkte (Widerlager) gespannt oder, wie man sich technisch ausdrückt, „versteift“ werden, und daß die Fahrbahn oberhalb der Bogen gelegt und auf diese gestützt (versteift) wird, wie es in den sogenannten Sprengwerken zum Teil geschieht. Thatsächlich scheint dieser Grundsatz immer mehr zur Geltung zu kommen; er ist z. B. in der neuen, aus Martinschem Eisen mit Spannweiten von je fünfzig Metern hergestellten Neckarbrücke zwischen Stuttgart und Kannstatt durchgeführt worden.

Leider sind unsre ältern Eisenbrücken mit wenigen Ausnahmen als gerade Brücken gebaut, d. h. ihre Hauptträger bilden mehr oder weniger nur erweiterte, auf die hohe Kante gestellte sogenannte Doppel-T-Träger, die mit ihren Enden lose auf den Pfeilern ruhen, also nicht gespannt (versteift) sind.

Die am häufigsten vertretenen Konstruktionen dieser Art sind die Blechträger- oder Gitterbrücken mit oberer und unterer Gurtung und mit oberer oder innerer Fahrbahn. Zu den letztern gehörte die eingestürzte Brücke bei Mönchenstein. Auch die Rheinbrücke bei Köln mit Spannweiten (richtiger Stütz- oder Tragweiten) von je 105 Metern muß zu dieser Art gerechnet werden, aber sie ist im Bau bedeutend stärker und durch eingeschaltete besondere Tragzellen viel fester gebaut, als es ihre verunglückte Schwester war.

Bei andern mehrfach verwendeten Brückenkonstruktionen sind die Hauptträger in der Form stehender, d. h. nach oben gerichteter Bogen oder Polygone ausgebildet, an denen die Fahrbahn mit Stangen oder Gittern aufgehängt ist, wobei die Bogen mit der Fahrbahn durch sogenannte Schuhe verbunden sind, der Versteifung gegen feste Widerlager aber ebenfalls entbehren. Als Beispiel einer derartigen Konstruktion kann die Elbbrücke bei Riesa mit Spannweiten von je 101 Meter dienen.

Brücken mit hängenden, d. h. nach unten gerichteten Bogen, den Hängewerken (Fischbauchsystem), scheinen glücklicherweise seltener errichtet worden zu sein. Dagegen findet sich noch öfter die schwerfällige Verbindung von beiden (von stehenden und hängenden Bogen), wie sie z. B. die Elbbrücke bei Harburg (als liegende 8) zeigt.

Als unzweckmäßigste Konstruktion müssen die sogenannten Hängebrücken angesehen werden, bei denen das ganze Gewicht der Fahrbahn mit Zugstangen an Ketten oder Drahtseilen (Kabeln) angehängt ist, die ihrerseits wieder in der Form von hängenden Bogen über Pfeiler gelagert und an den Enden mit der Erde fest verbunden sind. In diesen Konstruktionen werden alle Teile auf Zug beansprucht.

Wenn daher die großen Hängebrücken — von denen wir hier nur die 1832 bis 1833 gebaute Kettenbrücke bei Freiburg in der Schweiz mit einer Spannweite von 233 Metern, die 1867 bis 1869 gebaute Kentuckykettenbrücke mit 373 Metern Spannweite, die 1867 bis 1869 gebaute Niagaradrahtseilhängebrücke mit 385 Metern Spannweite und die 1866 bis 1883 gebaute

Cast-Weberdrahtseilhängebrücke zwischen Newyork und Brooklyn mit 488 Metern Spannweite erwähnen — bisher noch kein Zeichen der Brüchigkeit haben erkennen lassen, so darf man daraus wohl schließen, daß sie sehr stark und aus vorzüglichem Material (vielleicht Holzkohleneisen) ausgeführt sind; sie sind aber noch zu neu, um schon Spuren des Verfalls zu zeigen. Die älteste Hängebrücke soll die 1741(?) vollendete Winchbrücke über den Tees in England sein.

In der Erkenntnis der Gefahr, die den Hängebrücken mit geraden Fahrbahnträgern innewohnt, hat man in neuerer Zeit angefangen, diese Träger als flache, nach oben gerichtete Bogen zu konstruieren und sie gegen feste Pfeiler zu spannen, sodaß sich die Last in den so entstehenden „versteiften Hängebrücken“ zwischen Träger und Tragseile verteilt. Auf diese Weise soll z. B. die von dem Ingenieur Lindenthal entworfne Hudsonbrücke zwischen Newyork und Newjersey ausgeführt werden. Der mittlere Bogen dieser Brücke erhält die Spannweite von 615 Metern (nach andern sogar 940 Meter) und einen größten senkrechten Abstand von 41 Metern über dem Wasserspiegel. Nebenbei bemerkt, werden dabei vier Tragkabel von je 1,2 Meter Stärke (aus 18000 Stahldrähten von $6\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke bestehend) verwendet, die über vier je 180 Meter hohe Stahltürme laufen.

Eine weitere Sicherheit für versteifte Hängebrücken wird selbstverständlich erreicht, wenn die bogenförmigen Fahrbahnträger weniger flach konstruiert oder, was in den meisten Fällen daselbe sagen will, die Spannweiten verringert werden, wobei freilich die Ausführung einer größern Anzahl von festen Widerlagern (Pfeilern) unvermeidlich ist. Für die von dem Ingenieur Buchwald entworfne versteifte Kabelbrücke bei Hamburg ist eine größte Spannweite von 420 Metern und ein größter Abstand vom Wasserspiegel von 45 Metern in Aussicht genommen worden, während die Spannweite der im Entwurf preisgekrönten Donaubrücke in Budapest nur 320 Meter betragen wird; die Kabel dieser Donaubrücke bestehen aus je 14000 Stück parallel mit einander laufenden, je vier Millimeter starken Stahldrähten, die zum Schutz gegen Verrostung mit drei Millimeter starkem verzinkten Eisendraht umwickelt werden.

Es liegt auf der Hand, daß die versteiften Hängebrücken für große Spannweiten den nicht zu bestreitenden Vorzug der schnellern Ausführung und der Billigkeit haben, indem die Tragseile in verhältnismäßig kurzer Zeit angebracht und hiernach als Hilfsmittel bei der Aufstellung der Fahrbahnträger benutzt werden können, sodaß weitere Baugerüste entbehrlich werden. Auch die Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh (Schottland), die von den Ingenieuren John Fowler und Benjamin Baker als feste Bogenträgerbrücke mit zwei Mitteljochen von je 521 Metern Spannweite entworfen war und vor etwa zwei Jahren vollendet worden ist, mußte wegen des Schiffsverkehrs ohne Baugerüste aufgeführt werden. Hier wurde jedoch ein andres Verfahren

nach dem sogenannten „Konsol- oder Kantileversystem“ angewendet, wobei die drei Flußbrückenträger mit Hilfe von drei eisernen, auf ebenso vielen Steinpfeilern errichteten Gestellen konsolförmig, gleichsam frei in der Luft schwebend ausgebildet wurden, und zwar so, daß die vom Fuß der Gestelle auslaufenden Bogen durch die vom Kopf der Gestelle abgezweigten Vergitterungen so lange in der Schwebelage und zugleich im Gleichgewicht mit einander gehalten wurden, bis die verjüngt zulaufenden Konsolen aufeinandertrafen und den Bogen schlossen. Die Vergitterungen vertraten daher während des Baues die Stelle der Seile oder der Gerüste und standen unter vollem Zug, von dem sie jedoch nach Schluß der Bogen zum größten Teil entlastet wurden. Um einen senkrechten Abstand der Fahrbahn vom Wasserspiegel von 46 Metern nicht zu überschreiten, mußte die Fahrbahn in die Mitte der Gestelle und unterhalb der beiden Bogenseitel als Sehne gelegt und an den Bogen wieder aufgehängt werden; die hierzu verwendete Vergitterung wird daher wieder ganz auf Zug beansprucht. Der Bau der Firth of Forth-Brücke hat sieben Jahre gedauert, hat 63 Millionen Mark gekostet, und 56 Arbeiter sind dabei ums Leben gekommen. Übrigens soll die schon besprochne Hudsonbrücke zwischen Newyork und Newjersey nach einer neuern Nachricht ebenfalls nach dem Konsolverfahren, aber mit Vergitterungen (anstatt der Drahtseile) gebaut werden, wobei noch besondere Gewichte aus Gußeisen von zusammen 300 000 Zentnern zum Ausbalancieren der ungleichen Konsolen angebracht werden müssen.

In gewisser Beziehung hat die neuerdings oft genannte, erst im vorigen Jahre (1894) vollendete Brücke über den Nordostseeanal bei Grünenthal Ähnlichkeit mit der Firth of Forth-Brücke, obgleich sie nicht nach dem Konsolverfahren, sondern mit Hilfe fester Gerüste und auch nur mit einer Spannweite von $156\frac{1}{2}$ Meter bei 42 Meter Höhe über dem Wasserspiegel errichtet worden ist. Bei dieser Brücke sind als Hauptträger zwei Bogen verwendet worden, die gegen gemauerte Pfeiler gespannt und nach dem Scheitel zu allmählich erweitert sind, sodaß sie die Form einer Sichel bilden, wonach man die ganze Konstruktion als „Sichelträgerbrücke“ bezeichnet hat. Auch hier ist die Fahrbahn mitten durch die Bogen als Sehne (mit schwacher Krümmung nach oben) gelegt und wieder mit Zugstangen an den Bogenseiteln aufgehängt; nur die beiden Enden der Fahrbahn sind auf die Bogen gestützt. Ähnlich soll die Brücke bei Levensau aufgeführt sein, die die bei Grünenthal in der Spannweite noch um $3\frac{1}{2}$ Meter und in der Höhe um 2 Meter übertrifft. Beide Brücken können von den größten Seeschiffen mit vollen Masten durchfahren werden, wobei nur die obersten Stengen eingezogen zu werden brauchen. Eine vorzügliche Konstruktion ist bei dem Stromjoch der noch im Bau begriffenen Eisenbrücke über das Wuppenthal bei Müngsten zwischen Solingen und Remscheid im bergischen Lande angewandt worden, die in diesem Jahre ihrer Vollendung entgegensteht. Die Hauptträger dieses Jochs sind als

ellipsenförmige Bogen mit einer Spannweite von 170 Meter auf festen Felsen gestellt, und die Fahrbahn erhält ihre Lage oberhalb der Bogenscheitel als Tangente in der bedeutenden Höhe von 107 Metern, während sie zu beiden Seiten durch Streben auf die Bogen gestützt wird, sodasß eine Beanspruchung auf Zug in allen tragenden Teilen vermieden wird. Bemerkenswert bei dieser Konstruktion ist, daß die Bogen an den Fußenden erweitert sind und, anders als an den Bogen der Grümenthaler Brücke, nach dem Scheitel zu verzüngt zulaufen. Nach demselben Verfahren ist auch der Fuß des Eiffelturms aufgeführt, und zwar nicht zum Nachteil seiner Festigkeit. Dasselbe gilt von den Stahltürmen der Hudsonbrücke. Diese Konstruktion soll den gebogenen Stelzwurzeln der Mangrovenbäume nachgebildet sein. Die Landjoche der Brücke bei Mungsten sind freilich wieder als gerade Gitterträger geplant.

Von ältern versteiften Bogenbrücken mit großen Spannweiten führe ich der Vollständigkeit wegen noch an: die Brücken Luiz I. und Maria Pin über den Douro bei Porto (172 Meter und 160 Meter), die Brücke über das Garabitthal bei St. Flour (165 Meter), das Stromjoch der Mississippibrücke bei St. Louis (158 Meter) und deren Seitenjoche (je 152 Meter), die Washingtonbrücke über den Harlemfluß in Newyork (155 Meter) und die Brücke über das Abdathal bei Pederno (150 Meter). Die vier großen Weichselbrücken bei Thorn, Graudenz, Dirschau und Jordon gehören, soweit mir bekannt ist, nicht zu den versteiften Bogenbrücken.

Nachdem ich das Wissenswerteste zur Kenntnis der eisernen Brücken vorausgeschickt habe, komme ich nun zur Erörterung der Dauer dieser Brücken. Erfahrungen hierüber liegen noch nicht vor, die wenigen Erfahrungen aber, die an eingestürzten Brücken gesammelt und veröffentlicht worden sind, haben wegen der verschiedenen Ansichten der Sachverständigen keinen besondern Wert. Wir sind daher auf einige Versuche angewiesen, die mit ältern, nicht versteiften Brücken zur Ermittlung ihrer Widerstandsfähigkeit angestellt worden sind, die aber auch nur einen Schluß auf die mutmaßliche Dauer der eisernen Brücken zulassen.

Arrol, der Erbauer der Forthbrücke in Schottland, hatte zu deren Aufstellung eine alte Eisenbrücke, die sogenannte Hammersmithbrücke von London als Gerüst benutzt, die schon zweiundsechzig Jahre im Betriebe gewesen und keineswegs mit besondrer Sorgfalt behandelt, auch nur zweimal mit Bleiweißölansstrich versehen, an den unzugänglichsten Stellen aber nur einmal angestrichen worden war. Beim Auseinandernehmen dieser Brücke wurde, wie es in dem Bericht wörtlich heißt, „alles so gut wie neu“ befunden. Wir dürfen annehmen, daß sich Arrol bei der Untersuchung der einzelnen Teile nicht auf oberflächliche Besichtigung beschränkt, sondern eingehende Prüfungen, insbesondere an dem Gefüge des Eisens vorgenommen hat. Auch bei der Bonarbrücke, die Arrol 1893 umgebaut hat, und die sogar achtzig Jahre im Gebrauch gewesen

war, haben sich die abgenommenen Teile, die durch neue ersetzt werden sollten, „vollständig gut erhalten“ gezeigt.

Man kann hiernach die Dauer nicht versteifter Brücken mindestens zu achtzig Jahren annehmen, und diese Schätzung findet eine Bestätigung durch einige Belastungsversuche, die in neuerer Zeit an ausrangirten nicht versteiften Eisenbrücken angestellt worden sind; ja man ist sogar zu dem Schluß berechtigt, daß die Dauer dieser Brücken noch weit größer als achtzig Jahre sein wird, wenn nicht minderwertiges Material zu ihrem Bau verwendet worden ist, keine Konstruktionsfehler begangen worden sind und die Brücken in der Reparatur und im Schutz gegen Witterungseinflüsse einigermaßen sorgfältig unterhalten werden. Hat doch die bei Coolbrookdale in England über die Severn in den Jahren 1773 bis 1779 gebaute eiserne Brücke hundertfünfzehn Jahre und die erwähnte Winchbrücke — eine Hängebrücke — sogar über hundertfünfzig Jahre gehalten! Es wird daher wohl keinen Widerspruch finden, wenn wir behaupten, daß nicht versteiften Eisenbrücken, unter den eben ausgesprochenen Voraussetzungen, eine Durchschnittsdauer von etwa zweihundert Jahren zugesprochen werden dürfe.

Vor wenigen Jahren sind an der etwa fünfzig Jahre alten, außer Betrieb gesetzten, 48 Meter weit gestützten Eisenbahnbrücke bei Wolhusen in der Schweiz Belastungsproben mit Kies und Eisenschienen vorgenommen worden, die ein gegen alle Erwartungen und Berechnungen günstiges Ergebnis gehabt haben. Die Brücke war von ihren Pfeilern auf eigens für den Belastungsversuch errichtete Landpfeiler von $\frac{3}{4}$ Meter Höhe geschoben, auch waren die zur Messung der Durchbiegungen nötigen Nivellirinstrumente aufgestellt worden. Nachdem die Fahrbahn mit einem Gewichte von 13440 Zentnern, dem dreifachen Gewichte eines Zuges der schwersten Lokomotiven, belastet war, hatte sich eine Durchbiegung bis zu drei Centimetern, aber noch kein Riß bemerkbar gemacht. Erst nach einer weitem Belastung, die auf mehr als 3000 Zentner geschätzt wurde, brach die Brücke zusammen. Man hat berechnet, daß die Brücke noch eine vierfache Sicherheit gegenüber der im Betriebe zulässigen Beanspruchung gehabt hat.

Ein ganz ähnliches Ergebnis hat der Bruchversuch gehabt, der im Oktober vorigen Jahres an einer Bitterbrücke der Halle-Sorau-Gubener Bahn bei Forst in der Niederlausitz ausgeführt worden ist. Diese Brücke war (von Stroußberg) Anfang der siebziger Jahre mit sechs Sochen von je 30 Meter Stützweite über die Reife gebaut worden und ist zwanzig Jahre im Betriebe gewesen. Jedenfalls hatte ihr die königlich preußische Eisenbahnverwaltung nicht mehr getraut; denn sie hatte im Jahre 1892 den alten Ölfarbanstrich zur genauern Befichtigung der Eisenteile gründlich beseitigen lassen, wobei vielfache Risse zum Vorschein gekommen waren, die künstlich zusammengeschlämmert, verkittet, mit Farbe überstrichen und auf diese Weise unsichtbar gemacht waren.

Es wurde daher auf den Pfeilern, die von Anfang an für zwei Geleise eingerichtet waren, eine neue Brücke aufgeführt und der Betrieb der alten Brücke aufgegeben. Ein Soch der Letztern wurde auch hier auf besondere Landpfeiler geschoben, und außerdem wurden zu beiden Seiten feste, von der Brücke unabhängige Gerüste errichtet, von denen aus die Bewegungen der Brücke wieder durch ein Registririnstrument und sogar durch photographische Apparate festgestellt werden konnten. Während die Brückenbahn wieder mit Schienen und Sand belastet wurde, hatte sich bei einer Last von 11000 Zentnern ein Obergurt nach außen, der andre nach innen ausgebaucht, und die Hauptträger hatten sich bis 5 Centimeter gebogen. Bei weiterer Belastung sollen sich die Träger um weitere 2,6 Centimeter gebogen haben, wonach die Brücke eingestürzt ist. Nach Zeitungsberichten soll die Beanspruchung des Gurtquerschnittes zur Zeit des Einsturzes 2800 Kilogramm für den Quadratcentimeter betragen haben, wonach die Brücke immer noch eine fast vierfache Sicherheit gehabt hätte, ein Ergebnis, das in Anbetracht des schlechten Materials außerordentlich günstig ist.

Zur Beurteilung der Dauer versteifter Bogenbrücken fehlt jeglicher Anhalt, da derartige Brücken bisher weder im Betriebe eingestürzt, noch zu Einsturzversuchen verwendet worden zu sein scheinen. Selbstverständlich wird die Dauer dieser Brücken weit größer sein als die der nicht versteiften Brücken. Dabei wird es außer auf gutes Material und richtige Abmessung hauptsächlich noch darauf ankommen, daß die Bogen nicht zu flach, d. h. nicht über das Verhältnis von ungefähr 1 : 25 hinaus konstruiert werden, d. h. daß sie auf je 25 Meter Spannweite mindestens einen Meter Bogen- oder Pfeilhöhe erhalten, und daß bei zweigleisigen Eisenbahnen jede Fahrbahn — wenn irgend möglich — ihre eigne Brücke erhält, damit Seitenschwankungen vermieden werden, die beim Darüberfahren der Züge entstehen müssen, wenn zwei Geleise auf einundderselben Brücke liegen. Dies gilt natürlich und ganz besonders auch für gerade Brücken.

Eine andre Frage ist die: Wie sollen eiserne Brücken geprüft werden? Wenn die Brücke fertig dasteht, ist eine Prüfung ihrer einzelnen Teile auf Festigkeit durch Biegung, Zerreißen und Zerdrückung nicht mehr möglich. Diese Prüfung muß vorher an Probestücken vorgenommen werden, und man muß sich mit der Schlussfolgerung aus dem Verhalten der Probestücke begnügen. Ob das Eisen auch chemisch untersucht wird, und wäre es auch nur auf die schädlichen Beimengungen von Schwefel und Phosphor, oder ob man sich hinsichtlich der Güte des Eisens auf den Ruf und die Bürgschaft des Lieferanten verläßt, ist mir unbekannt; überflüssig wäre eine solche Untersuchung jedenfalls nicht. Allerdings würde sie für die quantitative Bestimmung jener schädlichen Bestandteile ziemlich umständlich und kostspielig sein; doch ließe sich eine Vereinfachung herbeiführen dadurch, daß von den Probestücken mit der Feile kleine Proben genommen und diese zu einer Durchschnittsprobe ver-

mengt würden, die dann einer einmaligen Analyse zu unterwerfen wäre. Als Kontrolle könnte später eine zweite Untersuchung dienen, deren Durchschnittsprobe von verschiedenen Teilen der vollendeten Brücke zu nehmen wäre. Auf diese Weise brauchten überhaupt nur zwei Untersuchungen stattzufinden, aus denen sich das Vorhandensein schädlicher Beimengungen schon beurteilen ließe.

Was endlich die Prüfung der fertigen Brücken betrifft, so weichen, wie wir schon gesehen haben, die Ansichten über das zulässige Gewicht, womit die Brücken bei der Übernahme zum Betriebe zu belasten sind, von einander ab. Einige Sachverständige scheinen hierbei die gesetzlichen Bestimmungen für die Prüfung der Dampfkessel zur Richtschnur genommen zu haben, wonach noch ein gewisses Übergewicht über die höchste Last, die die Brücke wirklich zu tragen hat, gefordert werden müßte; andre halten die höchste Last für vollkommen ausreichend für die Belastungsprobe.

Nach den Ausführungsbestimmungen der deutschen Gewerbeordnung ist die Prüfung von Dampfkesseln mit Wasserdruck vorgeschrieben, wobei der Druck unserer Atmosphäre — ein Kilogramm auf den Quadratzentimeter — als Einheit angenommen wird. Kessel, die für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Druck (von dem natürlichen Atmosphärendruck abgesehen) bestimmt sind und konzessionirt werden sollen, müssen mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Drucks geprüft werden, alle übrigen Kessel dagegen mit einem Druck, der den beabsichtigten Druck nur um fünf Atmosphären übersteigt. In Prozenten ausgedrückt, beträgt daher der Überdruck im ersten Falle (also für einen Konzessionsdruck bis zu 5 Atmosphären bei doppeltem Prüfungsdruck) 100 Prozent. Im zweiten Falle vermindert sich dagegen der Überdruck, je höher der Druck konzessionirt werden soll, so daß er:

für 6 Atmosphären (Konzessionsdruck)	bei 11 Atmosphären (Prüfungsdruck)	nur 82,33 Prozent
" 7 "	" 12 "	" 71,43 "
" 8 "	" 13 "	" 62,50 "
" 9 "	" 14 "	" 55,55 "
" 10 "	" 15 "	" 50,— "

u. s. w. beträgt. Über zehn Atmosphären Konzessionsdruck geht man bei gewöhnlichen Dampfkesseln, einschließlich der Lokomotiven, selten hinaus. Weßhalb dieser Unterschied in der Prüfung der Kessel gemacht wird, und weßhalb nicht für alle Kessel ein Überdruck von 50 Prozent vorgeschrieben ist, wodurch annähernd derselbe Zweck erreicht werden würde, ist mir nicht recht erklärlich. Vielleicht beruht die Vorschrift nur auf einem alten Herkommen, aber sie läßt doch erkennen, daß es bedenklich erschienen sein muß, den ursprünglichen hohen Überdruck von 100 Prozent für alle Kessel beizubehalten, ohne Zweifel, weil diese sonst zu stark belastet und hierdurch in die Gefahr, zu explodiren, gebracht werden, oder, wie sich der Arbeiter ausdrückt, einen „Knacks“ bekommen würden. Wer weiß, ob nicht in dem hohen Prüfungsdruck, auch wenn er scheinbar gut

verläuft, die Ursache mancher Explosion zu suchen ist; denn die Erfahrung hat gezeigt, daß selbst neue Kessel und andre Hohlkörper, die einen hohen Prüfungsdruck bestanden hatten, bald darauf bei viel niedrigerem Druck explodierten. Ich erinnere mich eines solchen Falles, der sich vor einiger Zeit in der Kühlanlage einer großen Bierbrauerei ereignete. In diesen Anlagen bedient man sich des flüssigen Ammoniaks, das durch seine schnelle Vergasung eine bedeutende Kälte erzeugt, dann durch den sogenannten Kompressor aus dem gasförmigen Zustande wieder in den flüssigen zurückgeführt wird und so in einem fortwährenden Kreislauf arbeitet. Im Betriebe bedarf das Ammoniakgas zur Flüssigmachung im Kompressor eines Drucks von sieben bis acht Atmosphären, und so würde nach den bestehenden Grundsätzen zur Prüfung des Kompressors ein Druck von zwölf bis dreizehn Atmosphären ausgereicht haben. Der prüfende Monteur hatte aber den Kompressor mit einem Druck von nahe an zwanzig Atmosphären belastet, und der Kompressor hatte den Druck auch ausgehalten. Als er aber kurz darauf nochmals geprüft wurde, explodirte er schon bei einem Druck von elf Atmosphären und richtete hierdurch arge Verwüstungen an. Offenbar hatte der Kompressor bei der ersten Prüfung einen „Knacks“ bekommen.

Erfreulicherweise scheint man jetzt mit der Probebelastung eiserner Brücken nicht höher als bis zu dem Gewicht zu gehen, das die Brücken durch die darüberfahrenden schwersten Bahnzüge wirklich auszuhalten haben, was selbstverständlich nicht ausschließt, daß die Brücken auf mehrfache Sicherheit konstruirt sein müssen. Als schwersten Bahnzug müssen wir einen vollbeladenen Güterzug mit zwei Lokomotiven der schwersten Art annehmen. Eine solche Lokomotive einschließlich des Tenders, und vollbeladen mit Heizmaterial und Wasser, hat ein Gewicht von etwa 1500 Zentnern, die schwerste Lowry wiegt vollbeladen höchstens 800 Zentner, und da zwei hintereinandergekuppelte Lokomotiven höchstens 45 dieser Lowrys fortzuschaffen vermögen, so hat der schwerste Güterzug ein Gesamtgewicht von etwa 39000 Zentnern. Bei der Belastung einer Brücke durch die darüberfahrenden Bahnzüge handelt es sich jedoch nicht um das Gesamtgewicht, sondern nur um das Gewicht, womit ein zwischen zwei Pfeilern oder zwei festen Stützpunkten liegender Brückenteil belastet wird. Dementsprechend würde auch die Probebelastung herzustellen sein. Eine Lokomotive der schwersten Art nimmt, mit den Puffern gemessen, eine Länge von etwa 15 Metern ein, eine Lowry der erwähnten Art ist mit den Puffern etwa 13 Meter lang. Für eine Brücke oder ein Joch von 15 Metern Spannweite genügt daher eine Probebelastung von 1500 Zentnern (das Gewicht einer Lokomotive), für eine Brücke von 30 Metern Spannweite eine Belastung von 3000 Zentnern (das Gewicht von zwei Lokomotiven), dagegen braucht eine Brücke von 60 Metern Spannweite nur mit 4870 Zentnern (dem Gewicht von 2 Lokomotiven und $2\frac{1}{8}$ Lowries), eine Brücke von 120 Metern

Spannweite nur mit 8600 Zentnern (dem Gewicht von 2 Lokomotiven und 7 Lowries) belastet zu werden u. s. w., und nur eine Brücke von 615 Metern Spannweite, wie z. B. die Hudsonbrücke zwischen Newyork und Newjersey, müßte mit dem Gesamtgewicht von 39000 Zentnern belastet werden.

Es würde nun sehr umständlich und zeitraubend sein, wenn man die Probebelastung mit Eisenschienen und Sand vornehmen wollte, wie es bei Einsturzversuchen gewöhnlich geschieht und geschehen muß. Man bedient sich daher, vorausgesetzt, daß man sich auf die für mehrfache Tragfähigkeit ausgeführte Konstruktion verlassen kann, sogleich eines schweren Güterzugs, wobei immerhin die Vorsicht gebieten wird, die Brücke nicht zuerst mit den schweren Lokomotiven, sondern mit den weniger schweren Lowries, also rückwärts, langsam zu befahren, um die Brücke allmählich zu belasten. Zur Belastungsprobe der Brücke bei Lebensau hat man, im vollen Vertrauen auf das gute Material und die starke Konstruktion der Brücke, sogleich zwei schwere Güterzüge mit je zwei Lokomotiven verwendet, die auf die beiden Bahngleise von den entgegengesetzten Enden der Brücke langsam aufzuhren, dann einigemal vor- und rückwärts über die Brücke wegfuhren und endlich auf der Brücke stehen gelassen wurden. Die Brücke ist somit, der Spannweite von 160 Meter entsprechend, auf beiden Geleisen mit 4 Lokomotiven und 20 Lowries, die nach den obigen Angaben ein Gewicht von etwa 22000 Zentnern haben, belastet worden und hat sich hierbei nur vier Centimeter durchgebogen. Ohne Zweifel wird sich die Wupperbrücke bei Müngsten bei der Probebelastung noch weniger durchbiegen.

Ich habe bisher die Zusammenbrüche eiserner Brücken in Deutschland unerwähnt gelassen, weil solche — Gott sei Dank und „unberufen“! — in den letzten Jahren, mit Ausnahme eines Falles, nicht vorgekommen, mir wenigstens keine bekannt geworden sind. Aber ganz ist auch Deutschland nicht von Unglücksfällen verschont geblieben. Den Anfang scheint in den zwanziger Jahren die allerdings nur für Fuhrwerk- und Personenverkehr bestimmte Hängebrücke über die Saale bei Rienburg in Anhalt gemacht zu haben. Sie stürzte bei ihrer Einweihung ein und vernichtete hunderte von Menschen, die sich an dem verhängnisvollen Tage in froher Feststimmung auf die Brücke begeben hatten. Die Ansichten über die Ursache dieses Unglücks waren geteilt. Einige vermuteten, daß die Brücke überhaupt zu schwach gebaut und ihre Auflagerung auf den Steinpfeilern zu gering bemessen gewesen sei, andre gaben die Schuld den Schwankungen, in die die Brücke durch die nach dem Takte der Musik darübermarschierenden Festteilnehmer geraten sei. Die Rheinbrücke zwischen Düsseldorf und Neuß brach in den sechziger (?) Jahren bei ihrer Probebelastung zusammen, wahrscheinlich infolge zu hoher Belastung. Ein dritter Brückeneinsturz fand im Jahre 1876 bei Riesa statt, wo neben der schon vorhandnen Eisenbahnbrücke über die Elbe neue Steinpfeiler für ein zweites Bahngleis

aufgeführt, dabei aber, wie es heißt, die Fundamente der alten Pfeiler zum Teil mitbenutzt worden waren. Die neuen Pfeiler hatten sich ungleich gesetzt, und infolge dessen war ein Strompfeiler, vom Frühjahrshochwasser unterwaschen, zusammengestürzt und hatte die auf ihm ruhenden Brückenkörper mit sich gerissen; die Eisenkonstruktion selbst also war nicht schuld an dem Unfalle. Bekanntlich konnte ein Bahnzug, der über die neue Brücke zur Zeit ihres Einsturzes fahren sollte, noch rechtzeitig gewarnt und so vor Vernichtung bewahrt werden. Endlich ist noch ein vierter Unglücksfall zu erwähnen, der sich erst vor zwei Jahren (am 11. Februar 1893) während des Baues einer schmalspurigen Eisenbahnbrücke, einer sogenannten Lübeckischen Hängebrücke, auf dem Militärbahnhofo von Schöneberg bei Berlin zugetragen hat, und bei dem leider auch eine größere Anzahl der mit dem Bau beschäftigten Mannschaften der Eisenbahnbrigade teils getötet, teils schwer verwundet wurde. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die Ursache dieses Unglücks in der Schnelligkeit der Arbeit sucht, mit der militärische Übungsbauten ausgeführt werden müssen. Im vorliegenden Falle war unausgesetzt vom frühen Morgen bis zum späten Abend und nachts bei Jackellicht gearbeitet worden, um die Brücke bis zu dem bestimmten Zeitpunkte zu vollenden.

Derartige Unglücksfälle werden sich hoffentlich nicht wiederholen. Unsere Eisenbrücken sind durchschnittlich auf eine bedeutend höhere Tragfähigkeit berechnet und mit weniger Kühnheit ausgeführt als z. B. die amerikanischen, sie werden regelmäßigen Prüfungen unterworfen und werden da, wo sie im Laufe der Zeit rissig geworden sind oder sich verbogen oder geschwächt haben, entweder verstärkt oder ganz erneuert. Ebenso werden lose Nieten und verwitterte Anstriche durch neue ersetzt, und um die Durchbiegung der Brücken im Auge zu behalten, werden von Zeit zu Zeit besondere Belastungsproben vorgenommen. Alle diese Arbeiten geschehen unter Aufsicht und Kontrolle des Staats, und wir dürfen wohl hoffen, daß neben den bestehenden strafgesetzlichen Bestimmungen noch weitere werden erlassen werden, damit jede die Sicherheit der Brücken gefährdende Abweichung von den Vorschriften und sonstigen Vorsichtsmaßregeln streng geahndet wird.

Nun giebt es unter den 12000 Eisenbahnbrücken, die in Deutschland vorhanden sein mögen, freilich noch einige, die Gußeisenteile haben. Seit der Bekanntmachung der auf Grund der Artikel 42 und 43 der Reichsverfassung vom Bundesrat vorgeschriebenen Regeln für den Eisenbahnbau Deutschlands vom 12. Juni 1878, wonach die tragenden Überbaukonstruktionen von Brücken (auf die es hier hauptsächlich ankommt) aus Walzeisen hergestellt werden müssen, ist das Gußeisen im Brückenbau nicht mehr verwendet worden. Aber auf Brücken, die vor dem Jahre 1878 errichtet worden sind, und bei denen Gußeisen mitbenutzt worden ist, kann die Bestimmung keine rückwirkende Kraft haben. Dennoch hegen wir die Hoffnung, daß auch deren Gußeisenteile, selbst

wenn sie nur auf Druck beansprucht werden, sobald als möglich beseitigt und durch Walzeisen, wozu auch das stahlartige Eisen gehört, ersetzt werden.

Der Brückenbau ist im Volksglauben von jeher gern mit dem Wunderbaren und Überfönnlichen in Verbindung gebracht worden; hierauf weisen schon die mehrfachen Bezeichnungen von „Teufelsbrücken“ hin, wie sie noch für die alte, nun auch eingestürzte Steinbrücke über die schäumende Reuß im Alpenpasse des St. Gotthards, für die Brücke über die Sihl bei Einsiedeln im Kanton Schwyz und für verschiedene andre Brücken bestehen, deren Baumeister sich der Sage nach dem Teufel verschrieben hatten, damit ihr Werk gelänge.

Bis auf den heutigen Tag ist der Aberglaube hinsichtlich der Brücken nicht ganz geschwunden, wenn er auch aus Furcht vor Verspottung nicht mehr so offen wie früher ausgesprochen wird. Und angesichts der vielen Unglücksfälle und ihrer unaufgeklärt gebliebenen Ursachen kann man sich auch darüber nicht wundern. Dieser Aberglaube und die mit ihm verbundene Furcht vor den Brücken werden sich aber um so schneller verlieren, je mehr Sorgfalt dem Bau und der Unterhaltung der Brücken zugewendet, und je öfter die Brücken, selbst in ihren verborgensten Teilen, untersucht werden. Mögen mit diesen schwierigen und gefahrvollen Untersuchungen immer die richtigen Sachverständigen betraut werden, nicht nur Theoretiker, sondern vor allem auch erfahrene und zuverlässige Eisenarbeiter, die die guten und schlechten Eigenschaften des „trägerischen Materials“ am besten kennen.



Das Kapital von Karl Marx

(Schluß)



achdem Marx im ersten Buche den Produktionsprozeß und die „Akkumulation“ des Kapitals dargestellt hatte, untersuchte er im zweiten den Zirkulationsprozeß, und im dritten versuchte er „den Gesamtprozeß der kapitalistischen Produktion“ zu entwickeln. Dieses dritte Buch behandelt in zwei Teilen: die Verwandlung des Mehrwerts in Profit, die Verwandlung des Profits in Durchschnittsprofit, die Tendenz der Profitrate, stetig zu fallen, die Verwandlung von Warenkapital und Geldkapital in Warenhandlungskapital (Kaufmannskapital) und Geldhandlungskapital (Börsenkapital), die Spaltung des Profits in Zins und Unternehmergeinn, die Verwandlung von „Surplusprofit“ in Grund-