

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 7/8 (1886)
Heft: 19

Artikel: Le Pont-route Luiz Ier à Porto
Autor: Seyrig, M. T.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-13700>

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: 19.04.2026

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

INHALT: Le Pont-route Luiz I^{er} à Porto. Par M. T. Seyrig, Ingénieur à Paris. (Suite.) — Bauschingers Dauerversuche mit Eisen und Stahl. Miscellanea: Fellsprengung am Eingang des Tunnels von St. Sulpice der Linie Auvernier-Verrières. Eine Ausstellung für Telephon-

wesen. Oesterreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Electriche Strassenbahn in Luzern. Electriche Beleuchtung in Paris. — Vereinsnachrichten. Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes. Maisons ouvrières. Stellenvermittlung.

Le Pont-route Luiz I^{er} à Porto.

Par M. T. Seyrig, Ingénieur à Paris.
(Suite.)

Le pont Luiz I^{er}, tel qu'il est aujourd'hui construit par la Société de Willebroeck, ne diffère de l'avant-projet présenté au concours et choisi par le jury que par des points de détail. L'arc a dû être reculé de 2 mètres environ vers la rive gauche pour trouver un meilleur terrain de fondation, ce qui a changé un peu la distribution des petites travées; la route supérieure a été portée de 6 m de largeur prévue à 8 m, et la nature des trottoirs a subi une modification. Sauf cela, et un autre point que nous aurons occasion de signaler un peu plus loin, l'exécution est identique au projet du concours.

L'ouvrage peut se subdiviser en trois parties distinctes, avoir: le tablier supérieur, l'arche centrale qui supporte l'un et l'autre des tabliers au-dessus de la rivière, enfin le tablier inférieur. Nous les décrirons dans cet ordre.

A. Tablier supérieur. — La longueur totale de ce tablier, entre culées, est de 389,750 m. Il comprend trois parties distinctes: l'une du côté Villanova, l'autre du côté Porto, et entre ces deux, une portion centrale dont la construction est différente. Les deux parties latérales ont une pente uniforme de 0,0093 m par mètre, montant vers la clef; la partie centrale a la forme d'une parabole qui raccorde les deux autres; le sommet de cette parabole, à la clef, est à 62.244 m au-dessus de l'eau, dans l'axe de la chaussée.

Sur toute l'étendue du tablier, la largeur est de 8 m entre garde-corps, comprenant 6,50 m de chaussée, et 1,25 m de trottoirs de chaque côté. Les trottoirs sont en carreaux de grès, du genre de ceux que l'on pose à Paris sous les entrées cochères et qui résistent même au passage des roues et des chevaux. La tôle striée devait primitivement former le recouvrement de ces trottoirs; on a trouvé des inconvénients dans l'échauffement considérable de ces tôles exposées au soleil, et on a adopté le grès cérame en leur lieu et place. Les bordures sont en granit et un large ruisseau, aussi en dalles de granit, assure l'écoulement des eaux. La chaussée est pavée en bois.

La chaussée aussi bien que les trottoirs reposent sur des tôles bombées et galvanisées, avec interposition de béton formant une masse solide qui répartit les pressions des roues. Les tôles bombées sont renversées afin d'assurer l'écoulement facile de toute infiltration d'eau qui pourrait se produire.

Les poutres principales sont écartées de 4,65 m d'axe en axe. Elles ont 5 m de hauteur, et sont constituées par des membrures en simple T et un treillis à une seule maille avec montants. Toutes les barres de ce treillis sont rigides. Les panneaux sont de 4 m environ, variant de 1 ou 2 cm d'une travée à l'autre, ce qu'exigeaient les nécessités du terrain pour l'emplacement des piles. Des contreventements verticaux, placés à chaque montant, et un contreventement horizontal inférieur assurent la rigidité de la poutre. En haut, le platelage en tôles bombées forme le meilleur contreventement que l'on puisse souhaiter.

Ces tôles sont fixées sur des entretoises porteuses, espacées comme les montants des poutres; trois files de longerons constituent le support longitudinal du platelage.

A l'extérieur des poutres se trouvent des consoles qui ont un porte-à-faux total de 1,675 m et dont l'extrémité porte les montants de garde-corps. Un longeron placé tout près de la pierre de bordure, et un autre placé à l'extrémité des consoles, affectant la forme d'arcades ornées vers l'extérieur, supportent les tôles bombées du trottoir.

Ce tablier a les portées suivantes, pour le côté Vil-

lanova en partant de la culée: 33,80 m — 42,25 m — 36,00 m — 23,00 m. — Celui du côté Porto, partant aussi de la culée, à 38,025 m — 46,475 m — 50,70 m — 36,00 m — 23,00 m.

Leurs extrémités aboutissent des deux côtés sur une des entretoises supérieures de l'arche principale et y sont fixées à demeure. Les supports suivants sont constitués par les palées sur les reins de l'arc; tous les autres, en marchant vers la culée, sont des appareils de dilatation avec clavette de centrage, du type bien connu aujourd'hui.

B. Piles métalliques. — Les piles métalliques sont du type aujourd'hui le plus répandu. Elles n'ont guère qu'une particularité, en ce que les arbalétriers ont la forme d'une grande cornière dont l'angle saillant porte deux nervures importantes. Autrement dit, la section peut être assimilée à une croix dont deux des branches seraient très courtes, et les deux autres très longues. Les extrémités de ces dernières sont à leur tour armées, pour éviter tout gondolement sous la compression que subissent ces pièces. Cette forme est particulièrement favorable à l'assemblage des pièces transversales à la pile, contreventements et entretoisements. Elles s'appliquent à l'intérieur des grandes branches de la croix, lesquels sont d'ailleurs réunies entre elles de distance en distance par des goussets appropriés. L'avantage très sérieux qu'offrent les pièces ainsi construites est l'accès facile de toutes les parties, qui sont aussi aisément visitées et entretenues qu'une pièce de treillis.

C. Arche principale. — La partie la plus importante de toute la construction est la grande arche. Elle supporte à la fois les deux tabliers dans toute la largeur de la rivière, et sa portée en fait pour le moment la plus grande ouverture franchie d'un bond qui existe.

La portée nette de cette arche est de 172,50 m, entre les surfaces d'appui des rotules. La flèche de l'intrados est de 44,60 m et celle d'extrados de 52,60 m. La hauteur de l'arc à la clef est donc de 8 m, ou 1/22 environ de la portée. Cette hauteur va s'augmentant jusqu'à la retombée, où elle est de 16,75 m mesurée verticalement.

Les deux fermes qui constituent l'arche ne sont pas parallèles. Aux rotules leur écartement est de 16 m; à la clef d'extrados, il est de 6 m. Les deux fermes sont donc dans des plans obliques dont l'inclinaison sur la verticale est de 9,58%. Elles sont semblables, vu la symétrie de l'arche.

C'est ici qu'il convient de dire quels motifs on conduit à l'adoption de la forme de l'arche, contrairement à celle qui a été choisie pour le pont Maria Pia.

Ce premier pont, réunissant la grande hauteur à la grande portée, était destiné à porter uniquement une voie ferrée. Le poids de l'arc se trouve être inférieur, par mètre courant, à la surcharge accidentelle. Le résultat de cette disproportion est, comme on le voit facilement, la production de moments fléchissants dans la région du milieu de l'arche, très importants relativement à la compression seule. De là, l'intérêt qu'il y avait à donner à cette partie la plus grande hauteur possible. Une considération secondaire, mais assez importante aussi, était l'effet du vent qui produit à la clef un moment fléchissant horizontal notable. L'extrados n'ayant ici qu'une largeur de 3,95 m, les sections nécessaires eussent été très fortes, si l'élargissement de l'intrados n'eût pas contribué à mieux répartir le métal, en produisant une certaine économie. Enfin il s'agissait d'un pont de chemin de fer, ce qui permet de reléguer au second plan la question d'aspect. Le croissant parut donc satisfaire très suffisamment à ce côté du problème.

Le pont actuel se présentait dans des conditions différentes. Le poids des deux tabliers, joints à celui de l'arche elle-même, s'élève à une moyenne de 20 000 kg environ par

mètre courant, tandis que les deux surcharges d'épreuve réunies ne s'élèvent qu'à 4000 kg par m. La disposition dissymétrique de ces surcharges n'avait donc plus les mêmes effets fléchissants vers la clef, et on pouvait sans aucun inconvénient diminuer la hauteur de l'arc. En second lieu, la largeur entre les deux arcs est ici bien plus grande, étant de 6 m à l'extrados, en sorte que l'effet du vent se trouve combattu par une section ayant plus de hauteur que dans le premier cas. Enfin la question d'aspect prenait plus d'importance, et, à tort ou à raison, il nous a paru que l'arc, qui s'agrandit vers les retombées, produit, — tout raisonnablement à part, — un sentiment plus favorable que l'arc qui repose sur des pointes. L'un donne l'impression d'une grande hardiesse, d'une légèreté extrême; l'autre inspire la sécurité plus parfaite et ne laisse aucun doute dans l'esprit même de la personne la plus étrangère à l'art de construire. C'est pourquoi nous avons préféré cette fois intervertir en quelque sorte le principe de la forme, et donner à la clef une moindre hauteur qu'aux retombées.

Un autre argument toutefois s'ajoute à ces raisons que nous venons de détailler. Il les vaut toutes, et peut-être, dans l'ordre du raisonnement, s'est-il présenté le premier. Le voici :

On remarquera que l'arc en croissant permet de réunir, aux retombées, les deux systèmes de contreventement qui se trouvent dans les plans successifs des panneaux d'extrados et d'intrados. Il le faut pour transmettre à l'appui les efforts que ces contreventements y apportent. Le panneau de l'arche, qui est contigu aux rotules, doit donc être complet. Or le programme du pont actuel avait pour condition dominante le passage inférieur d'une route de 8 m. Il suffit de considérer l'ouvrage un seul instant pour reconnaître que cette route se trouvait complètement interceptée par les contreventements dont il s'agit. La forme adoptée pour l'arche permettait de tourner cette grosse difficulté, en relevant, à partir du montant No. 1, les contreventements de l'intrados et en les réunissant à ceux d'extrados au sommet du montant des naissances. Le passage de la route était ainsi rendu libre, en même temps que le passage des efforts dus au vent était assuré jusqu'à la verticale de l'appui. Leur transmission à l'appui même devenait dès lors facile par la constitution d'un grand portail d'entrée, rigide, qui est parallèle à la maçonnerie. Il rend toute déformation et tout déplacement impossible. Il complète ainsi la résolution du problème de la résistance au vent, qui sans cela eût constitué une sérieuse difficulté.

Le type des fermes est celui à grandes mailles de treillis formant des croix de Saint-André, avec montants. Ce type se prête bien aux nécessités que nous indiquerons à propos du contreventement, ainsi qu'à l'attache des palées et des suspensions. Il est réalisé par l'emploi de membrures supérieures et inférieures doubles, chaque demi-membrure étant en forme de simple T, dont l'ensemble constitue un U. La partie ouverte de l'U est raidie par des treillis spéciaux. Dans l'intervalle, entre les parois verticales pénètrent les montants et les treillis dont l'assemblage se fait avec une grande facilité, leur section étant toujours celle d'un caisson rectangulaire.

L'écartement entre les âmes est de 0,648 m et cette dimension est celle de la largeur des montants et treillis qui s'y introduisent pour y trouver leurs points d'attache. — Toutes les pièces qui réunissent les membrures d'intrados à l'extrados ont une forme de caisson.

Nous avons parlé déjà, plus haut, de l'un des éléments principaux qui réunissent entre elles les membrures d'extrados et d'intrados. Ce sont les portails placés à l'entrée du pont, touchant presque les maçonneries des piles-culées. La réunion existe sur toute la longueur des membrures, où elle est produite par les contreventements et les entretoises horizontales. Ces dernières pièces, sauf une, sont constituées exactement comme les montants et treillis de l'arc. Elles sont en caisson, à deux faces pleines et deux en treillis. Leur largeur uniforme est de 400 mm, leur hauteur de 0,500 m. Leur section varie nécessairement avec les efforts qu'elles ont à transmettre.

À l'extrados, à partir du montant No. 7, les entretoises servent en même temps d'appui aux poutres du tablier supérieur. Elles sont, à cet effet, formées de sommiers avec semelles plus fortes. Les deux derniers panneaux, de chaque côté de la clef, n'ont plus de barres de contreventements; mais à leur place les petites travées du tablier supérieur en ont, outre qu'elles sont contreventées par le platelage général de la chaussée, situé très peu au-dessus. — Un contreventement vertical beaucoup

moins important existe dans le plan de chaque montant vertical. Il se compose simplement d'une croix de Saint-André.

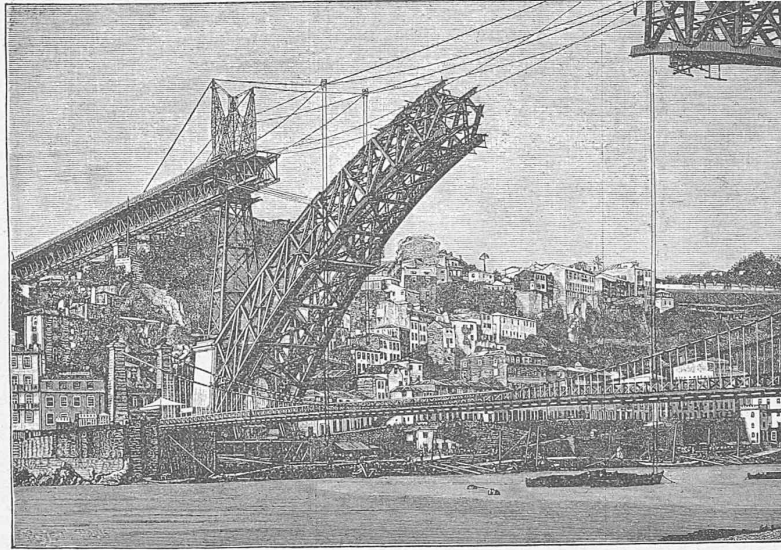
L'arche repose sur les maçonneries par l'intermédiaire de rotules en acier. Les membrures inférieures se terminent chacune par une surface normale, bien dressée, qui porte une plaque de tôle, rivée à têtes fraisées. Celle-ci s'applique sur la face plate d'une rotule en acier, dont l'épaisseur au milieu est de 0,350 m et qui porte en dessous un arrondi de 0,300 m de rayon. Cette face porte une saillie rectangulaire emboîtée dans un trou de la tôle d'appui, pour résister au besoin à certains efforts de cisaillement qui eussent pu se produire pendant le montage, si une forte tempête était survenue. La rotule se loge dans un coussinet rectangulaire en acier présentant le même creux, lequel à son tour repose par sa face plate sur le sommier en fonte, fortement nervé, qui répartit la pression sur la maçonnerie. La position du coussinet sur le sommier est réglée au moyen de clavettes, de façon à prévenir toute irrégularité qui aurait pu se produire dans la pose des sommiers.

À l'endroit même où les arcs reposent sur les sommiers d'appui, les membrures inférieures sont réunies, dans le plan des portails d'entrée, par une poutre transversale, de forte section. Elle complète le cadre formé par les portails et elle fait en sorte que tout effort transversal au pont se transmet également à l'une et à l'autre rotule. Elle empêche aussi qu'il se produise sur les appuis aucune poussée latérale provenant de l'inclinaison des fermes de l'arche.

D. Tablier inférieur. — La route, qui passe sous les arcades des piles-culées, traverse la rivière sur un tablier métallique suspendu à la grande arche.

Cette portée est subdivisée en cinq travées par les

Montage du Pont-Route Luiz 1^{er} à Porto.



D'après une photographie prise le 4 Août 1885.

Le Pont-Route Luiz 1^{er} sur le Douro à Porto.

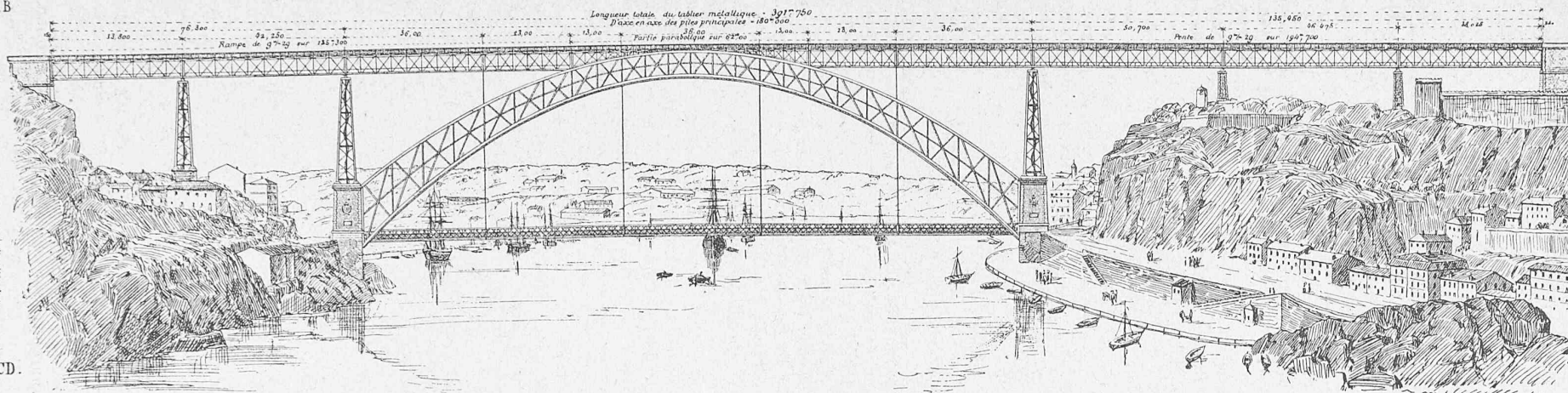
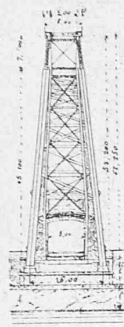
Elevation générale

Echelle 1:7500

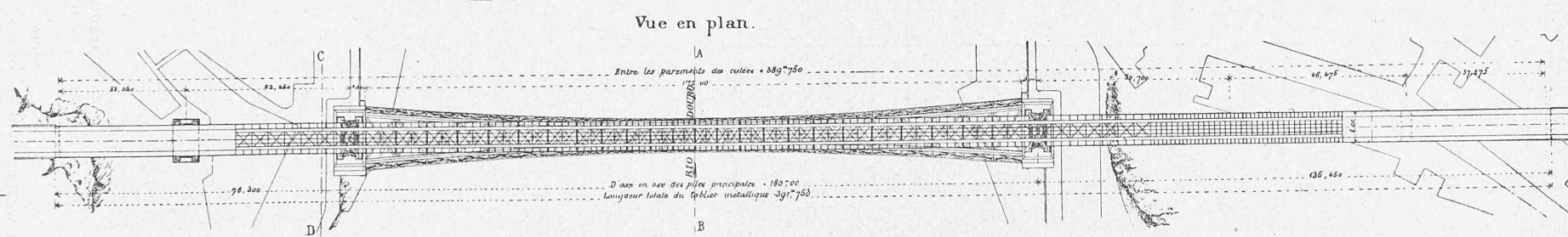
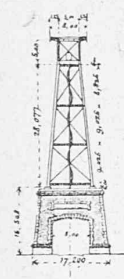
(Côté Porto)

(Côté Villanova de Gaia)

Coupe suivant AB



Coupe suivant CD



Vue en plan.

supports, qui sont des tiges de suspension. Ces travées ont 36 m chacune pour les trois centrales et 33 m pour les travées de rive, la distance d'axe en axe des appuis extrêmes étant ainsi de 174 m.

L'ossature est formée de deux poutres placées en garde-corps à 8,40 m d'axe en axe. Leur hauteur est de 3,20 m entre semelles. Elles ont des membrures dissymétriques, celle du haut ayant une âme de 0,300 m, et celle du bas une âme de 1,000 m. Le treillis est à double maille, en cornières pour toutes les barres. Aux points de suspension se trouvent des montants de section renforcée, à l'extérieur desquels se trouve appliquée la tôle qui forme l'assemblage avec les suspensions.

Celles-ci sont verticales, formées d'une triple âme de 4 cornières et d'une semelle placée du côté extérieur du pont. Elles offrent ainsi une rigidité très suffisante et

une faible résistance au vent. Elles sont contreventées par des croix de Saint André, et ont une entretoise principale à la hauteur de 8 m au-dessus de la chaussée. Elles sont fixées, à leur extrémité supérieure, en dedans des montants, qui à cet endroit ont une forme spéciale, une âme en tôle correspondant à celle de la suspension pour faciliter l'assemblage et la transmission des efforts.

Les poutres du tablier inférieur sont reliées par des entretoises écartées de 3 m d'axe en axe. Cinq files de longerons sont portées par elles et reçoivent les tôles creuses de la chaussée. Deux trottoirs en tôle striée, de 1,50 m de largeur, bordent la chaussée, et sont protégés par des garde-corps en fer forgé fixés aux montants des poutres principales.

Ce tablier était, dans le projet primitif, prévu avec poutres articulées dans la première, la troisième et la

cinquième travée. Ce fut là la seule modification de quelque importance apportée par l'Administration au projet présenté au concours, en ce qu'elle déclara sa préférence pour un tablier continu ordinaire. Le premier type trouvait sa raison d'être dans les dénivellations des appuis qui sont possibles par suite des surcharges dissymétriques du tablier supérieur. Elles seront, il est vrai, fort minimes, et les effets du vent rendant désirable une grande rigidité propre, il est peut-être préférable de tourner toute l'attention de ce côté.

Les appuis proprement dits sont constitués, comme au tablier supérieur, par des batteries de 5 galets segmentés, et des plaques à clavette de réglage, permettant l'oscillation due aux inclinaisons variables de la fibre neutre des poutres.

Diverses usines ont fourni des fers, parmi lesquelles

les principales sont : la Société Anonyme de Couillet, MM. Piérard frères, à Montigny-sur-Sambre, la fabrique de fer de Charleroi, et la Société du Phénix de Chatelineau. (à suivre.)

Bauschingers Dauerversuche mit Eisen und Stahl.

Die grosse Bedeutung, welche die von Prof. Bauschinger seit einer Reihe von Jahren vorgenommenen Dauerversuche mit Eisen und Stahl für die Baukunde, namentlich für den Brückenbau haben, rechtfertigen ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand, welchen wir auf Seite 54 d. B. nur kurz berühren konnten. Bauschingers Vortrag, den er an der Frankfurter Versammlung hielt, hat von Seiten der deutschen Fachpresse grosse Beachtung gefunden. Die bedeutendsten Zeitschriften, wie z. B. das „Centralblatt der Bauverwaltung“ veröffentlichten eine fast wörtliche Wiedergabe des Vortrages, während andere Blätter den im 13. Heft der „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. technischen Hochschule zu München“ enthaltenen Aufsatz über den nämlichen Gegenstand zur Veröffentlichung brachten. Und so wollen auch wir nicht zurückbleiben und den Vortrag Bauschingers, soweit er auf die genannten Dauerversuche Bezug nahm, unsern Lesern zugänglich machen, indem wir uns an die Ausführungen des obengenannten Blattes halten.

Wöhler hat seine bekannten Gesetze hauptsächlich durch Beobachtungen an Stäben aus drei Materialien: 1. Eisen aus Phönixachsen, 2. Gussstahlachsen von Krupp 1862, 3. Gussfederstahl, ungehärtet, erwiesen. Die Ergebnisse seiner Beobachtungen lassen sich in einer Zeichnung so darstellen, dass die untere Grenze derjenigen Schwingungen, welche in unbegrenzter Anzahl vom Material ertragen werden können, als Abscisse und der Unterschied der die Schwingungen einbegrenzenden Spannungen als Ordinate aufgetragen ist. Diese Darstellung ergibt für jedes der genannten 3 Materialien je 4 Punkte, deren gesetzmässige Aufeinanderfolge bekanntlich s. Z. von Gerber so aufgefasst wurde, dass sie in einer Parabel lägen, deren zur Abscissenachse conjugirter Durchmesser durch den Anfangspunkt des Coordinatensystems geht, sowie durch denjenigen Punkt hindurch, der den Schwingungen zwischen gleich grössten Zug- und Druckspannungen entspricht, also einen Winkel mit der Abscissenachse bildet, dessen Tangente gleich 2 ist. Diese Parabeln, deren je zwei Constante aus den je 4 Beobachtungen mittels der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt worden, sind auf derselben Zeichnung verzeichnet.

Aus dem Ansehen dieser Figuren ergibt sich, was nach Wöhler zu thun übrig blieb:

1. Mussten die Versuche Wöhlers nach seinem Verfahren und an seinen oder anderen Materialien fortgesetzt werden, um auf diese Weise eine grössere Anzahl von Beobachtungspunkten zu erhalten und das Gesetz ihrer Aufeinanderfolge genauer kennen zu lernen oder strenger zu erweisen. Zu solchen Versuchen gehören aber freilich so umfassende Mittel, wie sie Wöhler zu Gebote standen, während anderseits die Gerbersche Parabel oder auch die von anderen (Launhardt, Weyrauch u. s. f.) aufgestellten Gesetze für die practische Anwendung hinreichende Genauigkeit gewähren.

2. Mussten die Dauerversuche auf weitere, neuere Materialien und hauptsächlich auf solche ausgedehnt werden, die im Brückenbau Anwendung finden; dabei konnte man sich auf die Aufsuchung zweier Punkte der Parabel beschränken, von denen sich der eine, der Durchschnittspunkt der Parabel mit der Abscissenachse, der Zugfestigkeit bei ruhender Belastung entsprechend, von selbst darbietet, während der zweite beliebig gewählt werden konnte. Redner wählte, als es ihm durch besondere Unterstützung der bayerischen Staatsregierung ermöglicht wurde, wenigstens eine der Wöhlerschen Maschinen für sein Laboratorium anzuschaffen, den Punkt, welcher den Schwingungen zwischen der Span-

nung 0 und einer oberen Zugspannung entspricht, und zwar aus zwei Gründen: erstens, weil dieser als ein Hauptpunkt jedenfalls immer zu suchen war und zweitens, weil die bei seiner Aufsuchung bestehenden einfachsten Verhältnisse Hoffnung zur Lösung der

3. Aufgabe gaben, nämlich zur Erklärung der Erscheinungen, zur Aufdeckung ihres Zusammenhanges mit den schon bekannten Veränderungen der Elasticitätsgrenze durch-zudringen und auf diese Weise zu dem Endziel zu gelangen, die Dauerversuche durch solche mit ruhender Belastung zu ersetzen, wodurch die Wöhlerschen Versuche und Gesetze für die Technik des Maschinen- und Brückenbaus erst recht verwendbar gemacht werden würden.

Die im Laboratorium in München angestellten Dauerversuche erstreckten sich bisher auf folgende sieben Materialien: Schweisseisenblech, Bessemer Flusseisenblech, Flacheisen $80/10$ mm, Flacheisen $40/10$ mm, Achswelle aus Thomasstahl, Eisenbahnschiene aus Thomasstahl, Thomasflusseisenblech. Die im Hinblick auf den obigen Punkt 2 gewonnenen Ergebnisse lassen sich in Gestalt von Parabeln auf einer zweiten Zeichnung darstellen. Um auch mit Rücksicht auf den Punkt 3 vorwärts zu kommen, wurde den Versuchen folgender Plan zu Grunde gelegt: Aus ein und demselben grösseren Stück wurden mehrere, mindestens vier Versuchsstäbchen in solcher Form ausgeschnitten, dass sie ebensowol in die Wöhlersche Dauerversuchsmaschine als auch in die Werdersche Prüfungsmaschine eingespannt werden konnten. Von dem ersten dieser Stäbchen wurde die ursprüngliche Elasticitätsgrenze, der Elasticitätsmodul, die Streckgrenze, die Zugfestigkeit u. s. f. bestimmt, die anderen wurden in die Dauerversuchsmaschine so eingespannt, dass sie Schwingungen zwischen der Spannung 0 und oberen Grenzspannungen anzuhalten hatten, welche von der Elasticitätsgrenze bis nahe zur Bruchgrenze reichten. Von diesen letzteren Stäbchen wurde von Zeit zu Zeit, nachdem sie Hunderttausende oder Millionen von Schwingungen ausgehalten hatten, die Elasticitätsgrenze aufs neue wiederholt bestimmt. Die so erhaltenen Ergebnisse waren folgende:

1. Durch Schwingungen zwischen 0 und einer oberen Grenze, welche mit der Elasticitätsgrenze zusammenfällt oder nächst derselben liegt, wird kein Bruch herbeigeführt. Bei Anwendung dieses Satzes sind zwei Punkte nicht zu übersehen:

a) Es dürfen Fehler im Material nicht vorkommen. In dieser Hinsicht ist besonders das homogene Material, Flusseisen und Flusstahl, empfindlich, vor allem Kesselblech mit seiner äusseren Verletzungen leicht ausgesetzten grossen Oberfläche; von dem obengenannten Bessemer Flusseisenblech rissen drei Stäbchen nach 6, 3 und bezw. 7 Millionen Anstrengungen zwischen 0 und 2440 at (kg f. d. cm^2), während die Elasticitätsgrenze bei 2400 at lag; alle aber zeigten Fehler, wenn auch nur ganz kleine, am Rand des Bruchquerschnittes. Ein viertes allseitig blank polirtes solches Stäbchen aus derselben Tafel hielt 17 Millionen Anstrengungen zwischen 0 und 2440 at aus, ohne zu brechen. — Drei Stäbchen aus Thomasflusseisenblech brachen nach 4,8; 6,3; 0,4 Mill. Anstrengungen zwischen 0 und 2800, 2500, 2850 at, während ihre Elasticitätsgrenze zwischen 2580 und 2800 at lag, und zeigten Fehler wie oben. Zwei ebensolche Stäbchen mit allseitig blank polirter Oberfläche hielten, das eine 2,8 Mill. Anstrengungen zwischen 0 und 2500, das andere 11,1 Mill. Anstrengungen zwischen 0 und 2850 at aus, ohne zu brechen.

b) Es darf die Elasticitätsgrenze nicht künstlich erhöht sein, wie es durch Strecken, Kaltwalzen und dergl. geschehen kann.

2. Durch Schwingungen zwischen 0 und einer oberen Spannungsgrenze, die mit der Elasticitätsgrenze zusammenfällt oder auch mehr oder weniger über derselben gelegen ist, wird die Elasticitätsgrenze gehoben, um so höher, je grösser die Anzahl der Schwingungen war, doch nicht über eine gewisse Höhe hinaus.

3. Wird dabei die Elasticitätsgrenze über die obere Spannungsgrenze hinausgehoben, so erfolgt kein Bruch; wenn