

In Obigem ist der Wechsel der Spannungen zwar als ein plötzlicher, aber als ein nicht mit Erschütterungen und Stößen verbundener in Betracht gezogen. Die Verkehrsbelastungen sind aber immer mit Erschütterungen verbunden, welchen in genügendem Maasse Rechnung getragen werden muss.

Nach Gerber's Beobachtungen soll in ungünstigen Fällen die Einsenkung einer Brücke unter einer bewegten Verkehrslast (Militär-Colonne im Marsch) 1,5 mal so gross werden können, als bei derselben ruhenden Belastung. Er stellt hienach die Regel auf, dass in den Berechnungen die Verkehrslasten oder ihre Wirkungen in ruhendem Zustande mit 1,5 zu multipliciren sind, dass also F aus der Gleichung

$$F = 1,5 \cdot \sigma \cdot \frac{\hat{S}_k}{\hat{\alpha}_g} \dots \dots \dots (15)$$

zu berechnen ist.

Man gibt allen Zugkräften das positive, allen Druckkräften das negative Vorzeichen, und hat also φ als negativ zu betrachten, wenn die Vorzeichen ungleich sind.

Die Berechnung von F mag an den folgenden zwei Beispielen erläutert werden:

Gegeben sei $S_p = +7,0^T$, $1,5 \hat{S}_k = -16,2^T$; sonach wird $\varphi = -0,432$; hiefür gibt die Tabelle $\sigma = 1,5$, und es ist

$$F = -16,2 \cdot \frac{1,5}{160} = -0,152 \square^{dm}.$$

Gegeben sei ferner $\hat{S}_p = -5,9^T$, $1,5 \hat{S}_k = -28,1^T$; somit $\varphi = +0,210$; hiefür gibt die Tabelle $\sigma = 1,78$, und es ist

$$F = -28,1 \cdot \frac{1,78}{160} = -0,31 \square^{dm}.$$

In den nachfolgenden Berechnungen der durch die Vorlegeblätter gebotenen Beispiele werden wir die zulässigen Spannungen bald in der einen, bald in der anderen Weise annehmen und gelegentlich auf die Unterschiede in den Schlussresultaten aufmerksam machen.

Blatt 19.

Schienenüberbrückungen.

Seit dem Jahre 1846 werden zur Ueberdeckung von Eisenbahn-Durchlässen häufig Schienen verwendet. Auf Blatt 19 sind mehrere Anordnungen solcher Schienenüberbrückungen, wie sie in Bayern ausgeführt wurden, dargestellt.

Fig. 8 gibt die Ansicht und den Querschnitt eines Durchlasses von $0,73^m$ lichter Weite und den einfachsten Fall, dass nämlich die Fahrschienen an sich die genügende Tragfähigkeit zur Ueberdeckung der Oeffnung zwischen den aus Steinen hergestellten Auflagern bieten. Die Schienen ruhen mittelst hölzerner Mauerschwellen (k), die durch Bolzen (l) mit dem Mauerwerke verbunden sind, auf letzterem und sind auf beiden Mauerschwellen wie an den Stössen mit Winkellaschen und Hakennägeln zur besseren Sicherung gegen seitliche Verschiebung befestigt.

Durch aufgelegte Dielen ist zwischen den beiden Fahrschienen eine Dienstbahn gebildet.

Fig. 9 gibt Ansicht und Querschnitt eines Durchlasses von $1,32^m$ lichter Weite, bei welchem zwei mit ihrem Fusse auf einander gelegte und mit eisernen Zwingen (m) und Bolzen in geringen Abständen verbundene Schienen zu einem Träger vereinigt sind, der zugleich als Fahrschiene dient. Zur Auflagerung ist ein besonderer Stuhl erforderlich, der nach Fig. 10 durch Bolzen auf der Mauerschwelle befestigt ist; die obere Schiene wird auf einer etwas höher liegenden, hölzernen Schwelle noch besonders durch Hakennägel gegen Verschiebung gesichert.

Durch die in den Figuren 1 bis 5 dargestellte Anordnung wird die Ueberdeckung eines Bahndurchlasses von $1,75^m$ lichter Weite mittelst Schienen ermöglicht. Es sind hier drei Schienen (c, d, e) zu einem Träger durch Schraubenbolzen (n) unter Verwendung von Füllstücken (o) vereinigt; die mittlere Schiene (d) dient als Fahrschiene. Zwischen der Mauerschwelle (a) (Fig. 2) und dem Fusse der Schienen befindet sich eine Eisenplatte p, durch welche die Hakennägel (q) (Fig. 4) hindurchgreifen, damit sie selbst möglichst sicher stehen.

Eine für noch grössere Oeffnungen verwendbare Verbindung von Schienen zu Trägern zeigt Fig. 6 durch den Längenschnitt eines Bahndurchlasses von $2,63^m$ lichter Weite und Fig. 7 durch die Querschnitte desselben am Auflager und in der Mitte. Es sind hier je 4 Schienen (g, g'), von denen zwei mit einander durch schräge und gegen einander versetzte Bolzen vernietet sind, so vereinigt, dass sie mittelst aufgelegter Querschwellen (i) eine Fahrschiene tragen. Die unteren Schienen liegen in entsprechenden Einschnitten der Mauerschwellen (h), in welche sie durch hölzerne Keile eingespannt sind; die oberen Schienen sind durch geeignet geformte eiserne Beilagplättchen und Schraubenbolzen mit den Querschwellen verbunden und ausserdem an ihren Enden durch Hakennägel auf den Mauerschwellen befestigt. —

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit einer auf gleich hohen Stützen aufliegenden Eisenbahnschiene, welche durch lothrecht abwärts wirkende Kräfte auf Biegung beansprucht wird, hat man das grösst-zulässige Widerstandsmoment aufzusuchen und hienach das Maximalangriffsmoment der äusseren Kräfte zu bestimmen, für welche das Gesetz der Vertheilung oder die Lage der Angriffspunkte entweder gegeben sein muss, oder auch die ungünstigste Stellung bei wechselnden Angriffen erst aufzufinden ist.

Bezeichnet

- M_m das Maximalmoment, welches bei der ungünstigsten Stellung der Lasten erhalten wird,
- $\Sigma \hat{X} y$ das Widerstandsmoment im gefährlichen Querschnitte,
- $\hat{\alpha}$ die grösst-zulässige Spannung und
- $\hat{\beta}$ die grösst-zulässige Pressung pr. Flächeneinheit,

m den Abstand der meist-gespannten, also äussersten Faser von der neutralen — bzw. Schwerpunktsaxe,
 n den Abstand der meist-gepressten Faser von der neutralen Axe und

Θ das Trägheitsmoment des Querschnitts, bezogen auf die zum Auflager der Schiene parallele Schwerpunktsaxe,

so hat man zur Beantwortung der Fragen, welche für die oben angenommene Unterstützungs- und Belastungsweise gestellt werden, die Relation

$$\Sigma \dot{X}y = \frac{\dot{\alpha}}{m} \Theta = \dot{M}_m \text{ oder auch}$$

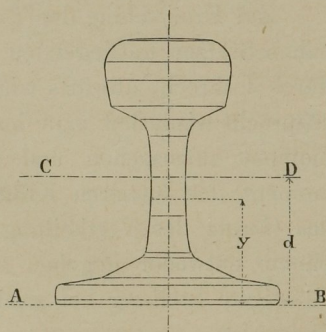
$$\Sigma \dot{X}y = \frac{\dot{\beta}}{n} \Theta = \dot{M}_m, \text{ von welchen Alternativwerthen für } \Sigma \dot{X}y \text{ immer nur der kleinere zur Festsetzung des Werthes von } \dot{M}_m \text{ verwendet werden darf. —}$$

Auf Seite 15 und 16 sind die Auflagerdrücke für verschiedene Arten der Belastungen und Unterstützungen, wie sie bei kleineren Spannweiten und Trägern meist vorkommen, angegeben.

Bei bekanntem Auflagerdrucke bietet aber die Bestimmung des Maximalmomentes keinerlei Schwierigkeiten. Etwas umständlicher ist es, das Trägheitsmoment Θ auf rechnerischem oder graphischem Wege aufzusuchen; sehr einfach dagegen gestaltet sich die Bestimmung des Trägheitsmomentes und des statischen Momentes bezüglich irgend einer Axe auf mechanischem Wege durch Verwendung des Amsler'schen Momentenplanimeters, welches sinnreiche Instrument die Lösung der genannten Aufgaben durch einfaches Umfahren des Querschnittsumrisses bei entsprechender Einstellung und Ablesung ermöglicht. —

In Nachstehendem zeigen wir, wie das Trägheitsmoment des Querschnittes einer breitbasigen Schiene in einfacher Weise auf rechnerischem Wege ermittelt werden kann.

Um möglichst genaue Resultate zu erzielen, trägt man das Schienenprofil in natürlicher Grösse oder besser noch im Maasse von 2:1 auf; wir haben dagegen für den vorliegenden Zweck das Profil im Maassstabe 1:3 nur deshalb beigefügt, um die nachfolgenden Erklärungen hinreichend deutlich geben zu können.



Theilt man das Schienenprofil parallel zur horizontalen Kante AB durch eine grössere Anzahl von horizontalen in einzelne Lamellen von geringer Höhe und achtet bei dieser Theilung darauf, dass diese Lamellen als einfach begrenzte Figuren, wie Trapeze, Dreiecke, Parabelsegmente etc. erhalten werden, bezeichnet sodann nach einander mit

$F_1, F_2, F_3 \dots$ den Inhalt der 1., 2., 3., ... Lamelle und $y_1, y_2, y_3 \dots$ den Abstand der horizontalen Schwerpunktslinie für die 1., 2., 3., ... Lamelle von der Axe AB,

F_0 den Flächeninhalt des ganzen Schienenquerschnittes, und

d den Abstand der horizontalen Schwerpunktsaxe CD des ganzen Querschnittes von der Axe AB,

Θ_1 das auf diese Axe AB bezogene Trägheitsmoment, so hat man die Gleichungen:

$$F_0 = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = \Sigma F \dots \dots \dots 1),$$

$$F_0 \cdot d = F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + \dots + F_n y_n = \Sigma F y \dots \dots 2),$$

$$d = \frac{\Sigma F y}{F_0} \dots \dots \dots 3),$$

$$\Theta_1 = F_1 y_1^2 + F_2 y_2^2 + F_3 y_3^2 + \dots + F_n y_n^2 = \Sigma F y^2 \dots \dots 4).$$

Da nun nach dem Satze von dem Uebersetzen der Trägheitsmomente von einer in der Ebene des Querschnitts gelegenen Axe auf eine andere zu dieser parallele

$$\Theta = \Theta_1 - F_0 \cdot d^2 \dots \dots \dots 5)$$

ist, so wird Θ , welches gesucht wurde, erhalten und zwar ausgedrückt durch Biquadratdecimeter, wenn die Werthe von F in Quadratdecimetern und von y in Decimetern eingesetzt wurden. —

Das in der obigen Figur dargestellte Schienenprofil entspricht dem jetzt bei den königl. bayerischen Staatsbahnen angenommenen.

Mit dem Momentenplanimeter haben wir das Trägheitsmoment Θ zu $0,094 \text{ dm}^4$, durch obiges Rechnungsvorgehen zu $0,093 \text{ dm}^4$ aufgefunden.

Die ganze Höhe der Schiene, in der mittleren Verticalen gemessen, beträgt $1,25 \text{ dm}$, der Abstand d wurde zu $0,6 \text{ dm}$ gefunden. Hienach berechnet sich, wenn der erste Werth von Θ zu Grunde gelegt wird, das grösste Widerstandsmoment aus

$$\Sigma \dot{X}y = \frac{\dot{\beta}}{n} \cdot \Theta = \frac{60}{0,65} \cdot 0,094$$

zu 868 auf Tonnen und Decimeter bezogen, wenn die zulässige Pressung pr. $\square \text{ dm}$ zu 60^T angenommen wird.

Die gleichmässig vertheilte Last, welche eine solche frei aufliegende Schiene bei 10 dm Stützweite mit Sicherheit tragen könnte, findet sich aus

$$\dot{M}_m = \frac{\dot{q} l^2}{8} = 868$$

$$\dot{q} = 6,944^T.$$

Die concentrirte Last, welche unter denselben Voraussetzungen in der Mitte aufgelegt werden dürfte, ergibt sich aus

$$\frac{\dot{P} \cdot l}{4} = 868, \text{ nämlich zu}$$

$$\dot{P} = 3,472^T.$$

Ist die Schiene an beiden Enden fest eingespannt, so darf dieselbe in der Mitte mit einer concentrirten Last beansprucht werden, welche doppelt so gross ist als die eben berechnete, nämlich mit $6,944^T$. Beträgt somit die

grösste auf eine Locomotivaxe treffende Belastung z. B. $13,2^T$, so trifft auf 1 Rad $6,6^T$, und man ersieht hieraus, dass das verwendete Schienenprofil um so mehr genügt, als der Abstand der durch die Schwellen gebotenen Stützpunkte kleiner ist, als die oben zu 10^{dm} angenommene Entfernung der Auflager.

Blatt 20.

Barrenbrücken.

Mit den Fortschritten in der Fabrication der Doppel-T-Eisen Hand in Hand geht die ausgedehntere Verwendung dieser Träger, deren Vorzüge in zweckmässiger Vertheilung des Materials über den Querschnitt und desshalb bei mässigen Kosten in grosser Tragfähigkeit, ausserdem aber auch in Einfachheit der Ausführung der mit ihnen hergestellten Brücken zu suchen sind.

Bei Eisenbahnbrücken werden Doppel-T-Träger gewöhnlich bis zu 4^{m} , bei Strassenbrücken bis zu 8^{m} Stützweite in Anwendung gebracht.

Die Länge, in welcher dieselben auf Lager gehalten werden, wechselt zwischen 4 bis 12^{m} ; die grösste Höhe, in welcher die Burbacher Hütte solche Eisen auswalzen lässt, beträgt 400^{mm} bei einer Dicke des Steges von 16^{mm} , einer mittleren Flanschdicke von 17^{mm} und einer Flanschenbreite von 140^{mm} . —

Da man sich bei der Berechnung und Bestellung der Träger an die von den Walzwerken angenommenen Formen zu halten hat, so wurden in den Figuren 5 bis 11 der Tafel 20 die beim Brückenbau vorzugsweise benützten T-Eisen mit ihren Maassen und den Gewichten pr. lauf. Meter angegeben.

Die Preise der Eisenstäbe, pr. Tonne oder Kilogramm, wechseln zunächst mit den veränderlichen Grundpreisen, sodann aber auch mit den Profilen, den Längen, ferner mit der Genauigkeit, welche für die Längen und Gewichte verlangt wird.

Die Tragfähigkeit der Doppel-T-Träger lässt sich bei bekannter Stützweite und Querschnittsform, wenn die Art der Vertheilung der Lasten, oder die Kraftangriffe gegeben sind, leicht berechnen.

Für den Fall freier Auflage der Trägerenden auf gleich hohen Stützen und gleichmässiger Vertheilung der Belastung gibt nachstehende Tabelle für verschiedene Stützweiten und Querschnitte der Träger die ganze zulässige Belastung auf die Dauer an. Bei Berechnung dieser Tabelle ist der fünfte Theil der Bruchbelastung, welche sich auf Zug und Druck bei gutem Walzeisen zu 33^k pr. \square^{mm} ergibt, als zulässige Spannung oder Pressung, letztere also zu $6,6^k$ pr. \square^{mm} angenommen, oder nach der gewöhnlichen Bezeichnungsweise fünffache Sicherheit verwendet.

Querschnitt des Trägers.	Querschnitts-Dimensionen in Millimetern.				Bei freier Auflage beträgt die ganze zulässige, gleichmässig vertheilte Belastung für eine Stützweite von									
	Höhe.	Flanschenbreite.	Mittlere Flanschdicke.	Stegdicke.	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
					Kgr	Kgr	Kgr	Kgr	Kgr	Kgr	Kgr	Kgr	Kgr	Kgr
Fig. 11	125	75	8	6	3782	1891	1260	945	756	630	540	472	420	378
„ 10	150	80	9,5	7	6270	3135	2090	1567	1254	1045	895	784	696	627
„ 9	176	92	9	8,5	8610	4305	2870	2152	1722	1435	1230	1076	956	861
„ 8	200	100	11	9	12618	6309	4206	3154	2523	2103	1802	1577	1402	1262
„ 7	235	92	9	8,5	12760	6380	4253	3190	2552	2126	1823	1595	1418	1276
„ 6	250	115	13	11	22112	11056	7370	5528	4422	3685	3159	2764	2457	2211
„ 5	300	125	16	13	35760	17880	11920	8940	7152	5960	5109	4470	3973	3576
—	400	140	17	16	63372	31686	21124	15843	12674	10562	9053	7921	7041	6337

Ist die Last nicht gleichmässig vertheilt, sondern wirkt dieselbe in der Mitte des Trägers, so findet sich deren zulässige Grösse gleich dem halben für die betreffende Entfernung angegebenen vertheilten Gewichte. Sind die Träger an einem Ende fest eingespannt und durch gleichmässig vertheilte Lasten beansprucht, am anderen Ende aber nicht unterstützt, so beträgt die zulässige Belastung ein Viertel der für die betreffende Entfernung berechneten; bei derselben Befestigungsweise tragen die Barren, wenn die Last am anderen, freien Ende angreift, nur ein Achtel der für die bezügliche Entfernung gefundenen. Sind die Träger an beiden Enden fest eingespannt und mit gleich vertheilten Lasten beansprucht, so tragen sie das doppelte, und im Falle der Einwirkung einer concentrirten Kraft

in der Mitte dasselbe Gewicht, welches für die fragliche Entfernung in der vorstehenden Tabelle angegeben ist. —

Die Träger der in Fig. 1 bis 4 dargestellten beiden Strassenbrücken liegen auf eichenen Mauerschwellen (c, c) auf, mit denen jede untere Flansche durch 2 eiserne Bolzen verschraubt ist. Am Auflager sind sämmtliche Strassenträger durch aufgelegte und angenietete Winkelisen (a) zur Sicherung der verticalen Stellung der Mittelrippe verbunden; aus demselben Grunde ist in der Mitte der Träger ein T-Eisen (a) angebracht.

Bei der durch Fig. 1 und 2 im Quer- und Längenschnitt gezeichneten Brücke von $4,38^{\text{m}}$ Lichtweite sind im Ganzen 9 Träger, bei der zweiten Brücke aber 11 Träger verwendet. Die grössere Anzahl der Träger in