

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 21/22 (1893)
Heft: 8

Wettbewerbe

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: 23.02.2026

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

formiger Verteilung und zwar im Verhältnis von $2^2 : \pi^2$ oder von $1 : 2,4674$. Daher würde durch die Wechsel der zweiten Art am Arbeitsvermögen aufgezehrt

$$2,4674 \cdot 0,2545 = 0,6279$$

und durch beide Arten von Wechseln

$$0,3333 + 0,6279 = 0,9612.$$

Es bliebe also vom Arbeitsvermögen nur noch 0,0388, so dass die Achse schon häften brechen müssen, bevor so viel Wechsel eingetreten wären.

Allein weder der eine noch der andere dieser extremen Fälle kommt vor. Die Wahrscheinlichkeit spricht für den mittleren Wert aus 0,2545 und 0,6279, also für 0,4412. Es kann daher angenommen werden, die Erschöpfung betrage für die Wechsel beider Art

$$0,3333 + 0,4412 = 0,7745$$

vom Arbeitsvermögen.

J. Claudel gibt in seinem *Aide-Mémoire* (1872) an, Perdonnet habe angeraten, die Lokomotiven jährlich keine zu grossen Wege durchlaufen zu lassen, um sie nicht zu rasch abzunützen. Nach Vorstehendem ist diese Auffassung unrichtig, weil sich der Einfluss der Spannungswechsel zweiter Art mit der Zeit steigert.

Haltbarkeit des Mantels eines Schiffskessels. Der cylindrische Teil des Kessels habe in der Querrichtung eine Spannung $s = 300 \text{ kg}$ auszuhalten. Diese halte durchschnittlich 11 Stunden im Tage an, so dass $t_1 = 11$ wird. Nachher kühlte sich der Kessel ab und es werde zuletzt $s_1 = 0$. Die Zeit zum Anheizen und Abkühlen betrage $t = 7$ Stunden. Wenn nun noch $A = 5$ und $E = 1800000$ angenommen wird, so gibt Gl. (10)

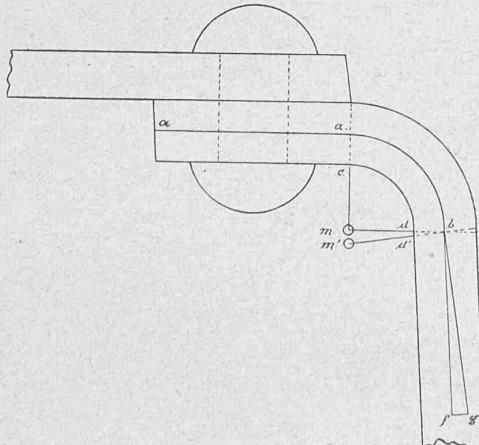
$$n = 6722.$$

Arbeitet dieser Kessel jährlich 250 Tage, so macht er im Jahr ebenso viele Spannungswechsel durch und kann dann $6722 : 250 = 27$ Jahre aushalten, bis das Mantelblech erschöpft ist.

Begreiflich sind hiebei die Einflüsse durch Rosten, Ver- spannungen bei ungleicher Erwärmung der Blechteile etc. nicht in Anschlag gebracht. Der Kessel muss also schon früher entfernt werden.

Haltbarkeit des Mantels eines eingemauerten Dampfkessels. Die Arbeit beginne vormittags 6 Uhr und schliesse abends 7 Uhr, so ist der Kessel, da der Dampfdruck auch über die Mittagsstunde anhält, 13 Stunden in Spannung. Allein auch über die Betriebszeit hinaus hält die Spannung noch an, indem die stark erhitzten Teile des Mauerwerkes Wärme an den Kessel abgeben. Es möge die Spannung auf diese Weise noch 3 Stunden weiter dauern, so wird also $t_1 = 16$ und daher $t = 8$ Stunden. Der Kessel arbeite mit 6 Atm. Ueberdruck, dieser sinkt über Nacht auf 3 Atm. Die Spannung des cylindrischen Mantels in der Querrichtung sei für 6 Atm. $s = 300 \text{ kg}$, so wird sie sinken auf $s_1 = 150 \text{ kg}$.

Fig. 2.



Hier nach erhält man für $A = 5$ folgende Anzahl Spannungswechsel

$$n = 7859.$$

Für 300 Arbeitstage giebt dies eine Dauer von 26,2 Jahren.

Schwächung des Materials in der Krümmung einer gebogenen Schiene. Es stelle Fig. 2 eine solche Schiene dar; die Radien $a m$ und $b m$ schliessen die Biegung ein und es sei Bogen $a b$ die Länge der neutralen Schicht und Bogen $c d$ die Länge der Schicht auf der konkaven Seite. Die Schiene verlängere sich geradlinig in der Richtung $a a'$ und $b b'$.

Nun werde auf einmal der Winkel dieser zwei Geraden etwas vergrössert, indem $b f$ in $b g$ und Radius $b m$ in $b m'$ übergehe. Dadurch entstehen zwei ähnliche Dreiecke $b d d'$ und $b f g$. Es sei Bogen $c d = L$; die Zunahme desselben $d d' = \Delta L$ und die halbe Schienendicke $b d = h$, so ist

$$\Delta L = h \cdot \frac{f g}{f b};$$

daher auch

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{h}{L} \cdot \frac{f g}{f b}.$$

Allein dieser Wert ist nach Gl. (2) $= \frac{s}{E}$, wenn mit s die specifische Spannung bezeichnet wird, welche die Länge um ΔL vergrössert; daher

$$s = E \frac{h}{L} \cdot \frac{f g}{f b}.$$

Nun erfolge die Bewegung aus $b f$ in $b g$ und umgekehrt in stetiger und regelmässiger Weise, so entstehen Spannungswechsel in bisherigem Sinne und das Bogenstück muss schliesslich zwischen c und d zerriissen und auf der konvexen, gegenüberliegenden Seite zerdrückt werden.

Anwendung auf den Boden eines Dampfkessels. Es sei $a b f$, Fig. 2, dieser Boden. Während des Anheizens gehe die Linie $b f$ auf eine Länge von 1000 mm am äussern Ende um $f g = 0,6 \text{ mm}$ auswärts; ferner sei $b : L = 1 : 4$, so entsteht die Spannung

$$s = 1800000 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{0,6}{1000} = 270 \text{ kg}.$$

Dazu komme noch eine Spannung $s_{11} = 150 \text{ kg}$, welche das Stück $a b$ in der Längerrichtung und zwar in der Nähe von a , wegen des Druckes auf den Boden auszuhalten hat, so wird die Gesamtspannung $270 + 150 = 420 \text{ kg}$. Die Zeit zum Anheizen und Abkühlen sei $t = 7$ und während der Dauer der Spannung $t_1 = 11$ Stunden. Nun sei noch $A = 6$, so wird nach Gl. (10)

$$n = 4116.$$

Arbeitet der Kessel, wie der weiter oben erwähnte Schiffskessel, 250 Tage im Jahr, so hält dieser Boden $4116 : 250 = 16,4$ Jahre aus.

Man erkennt, dass ein Riss in der Gegend zwischen c und d , in der Nähe von c , entstehen wird, und zwar rings um den Boden herum, infolgedessen der Bruch schon vor 4116 Tagen des Gebrauches entstehen mus. Es folgt aber auch ferner, dass Kesselböden von grösserem Durchmesser verstieft werden sollten, um selbst die kleinsten Ausbauchungen zu verhindern.

Es scheint uns nicht nötig, die Zahl der Beispiele einstweilen zu vermehren. Das kann immer noch geschehen, wenn der Grundgedanke dieser Arbeit Zustimmung findet.

Wettbewerb für ein Kantonsschulgebäude und Gewerbemuseum in Aarau.

III.

Indem wir unsere Berichterstattung über diesen Wettbewerb zum Abschluss bringen, lassen wir auf Seite 49, 50 und 51 unserer heutigen Nummer Darstellungen des zweiten Entwurfes von Architekt Karl Moser in Karlsruhe folgen, der mit dem dritten Preise ausgezeichnet worden ist.

weit länger gedauert als andere, z. B. 50, 100 mal länger, so hätten sich auch bei den Wechseln von langer Dauer grössere bleibende Ausdehnungen einstellen müssen und von der erwähnten Proportion könnte dann nicht die Rede sein.

Wird ein Draht an einem Ende festgehalten und am andern verdreht, jedoch innerhalb der Grenze der Elasticität, so zeigt er, wenn die Verdrehung bald aufhört, eine so kleine bleibende Verdrehung, dass sie möglicherweise ihrer Kleinheit wegen nicht bemerkt werden kann. Dauert aber die Spannung lange an, so macht sich die bleibende Verdrehung bemerkbar; sie wird grösser, je länger die Spannung andauert.

Diese und andere Beispiele zeigen, dass bei Versuchen über Spannungswechsel die Zeitdauer derselben mit beobachtet werden muss. Spannungswechsel von kurzer Dauer ändern den Molekularzustand des Körpers wenig; dieser kann daher, unter sonst gleichen Umständen, eine grosse Zahl von Spannungswechseln aushalten. Anders verhält es sich mit Spannungswechseln von langer Dauer; hier fällt die Anzahl möglicher Wechsel klein aus.

Bei dem Umbau eines etwa 60 Jahre alten *Gutfens* in der *Porzellanfabrik in Nymphenburg* mussten die Reifen der schmiedeisenen Rüstung, die aus drei Teilen bestehen, auf den grössern Durchmesser des neu zu errichtenden Ofens aufgebogen werden.

Beim Abfahren der

Reife nach der Schmiede fiel ein Stück vom Wagen auf den Rasen des Hofes und — zerbrach. Bei näherer Untersuchung fand es sich, dass der ganze Bestand des Schmiedeisens der Ofenrüstung durch und durch in krystallinisches Eisen verwandelt war, das bei jedem Hammerschlag zerbrach (Dingler, 1858, S. 157). Die Erklärung ist folgende: Man

spannt den Reif mittelst Schraube oder Keil vor dem Brande so, dass er gerade leicht anliegt; während des Brandes dehnt sich der Ofen fühlbar aus und spannt den Reif so straff, dass derselbe beim Anschlagen tönt. Nach dem Erkalten des Ofens zieht sich alles wieder zusammen. In einem 60-jährigen Ofen haben ungefähr 3000 Brände stattgefunden; es haben sich also 3000 Spannungswechsel wiederholt, wodurch die vollständige Erschöpfung des Materials eingetreten ist.

Eine *hydraulische Presse*, welche in Annonay zum Pressen von Papier gebraucht wurde, hatte vier Stangen von gutem Schmiedeisen, welche beim Pressen auf etwa 800 kg per cm^2 gespannt wurden. Diese Stangen hielten fünf bis sechs Monate aus, sie brachen unter jenem Zuge, nachdem sie 4000 bis 5000 mal dieser Spannung ausgesetzt waren. So berichtet Poncetet (*Introduction à la mécanique*, S. 341).

Eine *arbeitende Lokomotivachse* wird gebogen und verdreht. Die Torsion ist jedoch so gering, dass sie ausser Betracht fallen kann. Die Biegung, infolge des Rahmendruckes, ruft in der Achse eine Verstreckung auf der konvexen, eine Verkürzung auf der konkaven Seite hervor. Die untere Seite ist also auf Zug, die obere auf Druck in Anspruch genommen. Macht die Achse eine Vierteldrehung, so sinkt dieser Zug auf Null; das Material verkürzt sich

daher auf die ursprüngliche Länge. Geht die Drehung um ein weiteres Viertel vor sich, so macht sich der Druck geltend und es verkürzt sich die Schicht um ebenso viel, als sie sich vorher ausgedehnt hat. Dieses Ausdehnen und Verkürzen tritt je ein Mal ein bei jeder Umdrehung. Hat das Rad 4 m Umfang und durchläuft der Wagen 500 000 km, bis die Achse ausgewechselt werden muss, so macht diese Achse $500\,000 \cdot 1000 : 4 = 125$ Millionen Umdrehungen; also hat jede Schicht zweimal so viel Spannungswechsel ertragen. Allerdings kommen zu diesen Spannungswechseln noch andere hinzu, die später erwähnt werden, die aber den Zusammenhang der Teile mit lockern helfen und ohne welche die Achse weit mehr als 125 Millionen Umdrehungen aushielte.

Bei der Lokomotivachse wird, wie man sieht, die Zahl der Spannungswechsel sehr gross, weil sie nur kurze Zeit dauern; bei den Stangen der hydraulischen Presse und den Reifen des Gutfens dagegen wird diese Zahl weit kleiner, weil sie länger dauern.

Es ist gewagt, den Einfluss der Zeit in Rechnung zu ziehen, da das benötigte Beobachtungsmaterial fehlt. Gleichwohl mag es angezeigt sein, eine Abschätzung zu versuchen.

Der Uebergang von der niedern Spannung zur höhern erfordert eine bestimmte Zeit, ebenso der von der höhern zur niedern. Dann kann zwischen beiden eine Pause von kürzerer oder längerer Dauer liegen. Die letztere Zeit fällt ganz aus bei einer arbeitenden Welle, ist dagegen gross bei einem Dampfkessel, dessen Material den ganzen Tag hindurch in Spannung erhalten wird, welche nur während der Nacht nachlässt. Jede dieser drei Zeiten haben ihren besondern Einfluss.

Gleichwohl ziehen wir, der Einfachheit wegen,

die beiden Zeiten für das Anspannen und Nachlassen zusammen und nehmen an, es sei die abschwächende Wirkung auf das Arbeitsvermögen dieser Zeit proportional.

Ohne Zweifel schwächer ist die Wirkung des Gespanntseins oder der Pausezeit. Ist diese gross, so wird der Einfluss aufeinander folgender gleicher Zeitteile, aus welchen die gesamte Dauer besteht, wohl ungleich sein; allein zu der Abschätzung, um welche es sich hier handelt, mag er als gleich vorausgesetzt werden. Dann kann man annehmen, es sei die Pausezeit die Grundzahl einer Potenz, deren Exponent zu bestimmen ist.

Nun sei t die Zeit zum Anspannen und Nachlassen und t_1 die des Gespanntseins, so wird die Wirkung auf das Arbeitsvermögen proportional der Grösse $t + t_1^x$.

Führt man diese Zeitfunktion statt des Faktors 1 in den Ausdruck (8), so erhält man als Arbeitsverlust während der Dauer von n Spannungswechseln

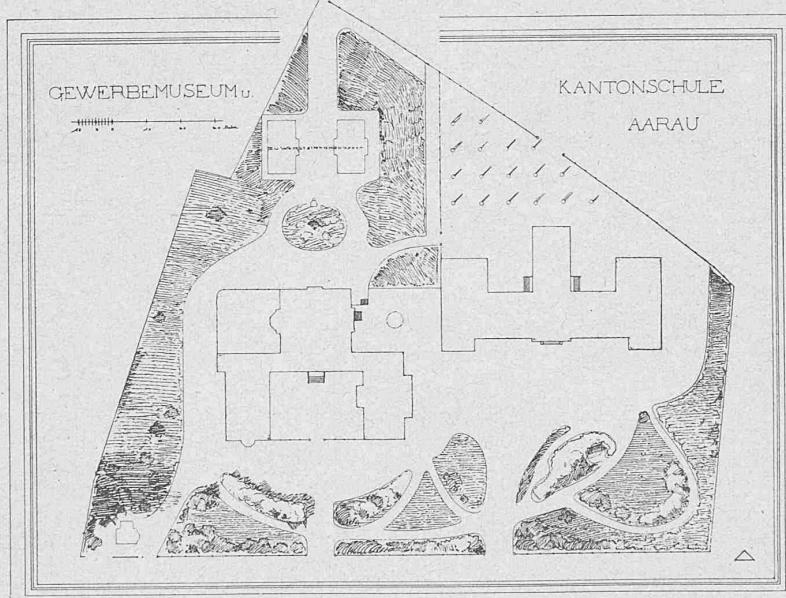
$$c_1 n \frac{s^2 - s_1^2}{E} (t + t_1^x) \dots \quad (9)$$

Als Zeiteinheit kann die Sekunde, Minute, Stunde etc. angenommen werden. Im folgenden wird die Stunde zu Grunde gelegt.

Anzahl Spannungswechsel. Bezeichnet A den Teil des Arbeitsvermögens, der bereits durch n Spannungswechsel ver-

Wettbewerb für ein Kantonsschulgebäude und Gewerbemuseum in Aarau.

III. Preis. Motto: Δ . Verf.: Arch. Karl Moser in Karlsruhe (II. Entwurf).



Lageplan 1 : 2000.

braucht ist, so wird A nichts anderes sein als der Wert (9). Daher durch Gleichsetzen beider Grössen die gesuchte Anzahl Spannungswechsel

$$n = c \frac{E}{s^2 - s_1^2} \cdot \frac{A}{t + t_1 x}, \dots \dots \quad (10)$$

worin c statt $1 : c_1$ gesetzt wurde.

Ueber die Grössen E und A dieser Schlussgleichung möge noch folgendes beigefügt werden.

Der *Modul* E kann für dieselbe Materialsorte als Konstant angesehen werden, da die Aenderungen, welche er bei der Steigerung der Spannung und bei der Schwächung des Arbeitsvermögens erfährt, nicht erheblich sind.

Bei Berechnung des *Arbeitsvermögens* wurde der Vorgang der Ausdehnung benutzt.

Das bezügliche Verfahren findet Anwendung sowohl auf solche Stäbe, welche schon durch Spannungswechsel gelitten haben, wie auf neue Stäbe. In Fig. 1 stellt die Diagrammfläche I das Arbeitsvermögen eines

neuen Stabes dar, Fläche II dasjenige eines Stabes, der schon lange gearbeitet hat, dessen

Festigkeit indessen gleich geblieben ist und Fläche III das eines Stabes, dessen Arbeitsvermögen so sehr abgenommen hat, dass sein Bruch bald eintreten muss; bei allen drei Stäben sonstige Umstände gleich vorausgesetzt.

Die allmähliche Abnahme der Diagrammfläche kann so erfolgen, dass die ursprüngliche Länge des Stabes zunimmt oder abnimmt, oder gleich bleibt. Das erstere tritt z. B. ein bei den Stangen einer hydraulischen Presse, das letztere bei einer schmiedeisernen Achse, deren Material abwechselnd gleich stark auf Zug und Druck in Anspruch genommen wird.

Die Gleichung (10) soll nun auf schmiedeiserne Konstruktionsteile angewendet werden, die unter den verschiedensten Umständen arbeiten. Zuerst müssen aber die Konstanten c und x bestimmt werden.

Konstante c. Zur Bestimmung derselben benutzen wir die oben erwähnte arbeitende Lokomotivachse, setzen diese aber von Schmiedeisen voraus, aus dem sie früher erstellt worden, da uns über das nunmehr verwendete Material, den Stahl, die nötigen Daten fehlen.

Die Achse macht zweierlei Spannungswechsel durch: solche erster Art, wenn sie sich dreht und solche zweiter Art, wenn sie ruht. Wird nämlich die Achse zur Ruhe gebracht, so gehen bei der letzten Viertelsdrehung in ihrem Material zwei halbe Spannungswechsel vor; das Material,

das gänzlich entlastet war, wird auf der untern Seite verstrekt, auf der obern verkürzt. Dieses Gespanntsein dauert so lange, bis wieder eine erste Viertelsdrehung erfolgt, während dieser vollzieht sich das Nachlassen der Spannung. Solche Wechsel der zweiten Art kommen vor an den Haltestellen während des Dienstes und ausserhalb der Betriebszeit, z. B. während die Lokomotive in der Remise steht. Wir werden sehen, dass diese Wechsel die Achse an nähernd ebenso sehr erschöpfen wie die der ersten Art.

Um in Gleichung (10) nur c als Unbekannte zu haben, lassen wir einstweilen die Spannungswechsel der zweiten Art ausser Betracht. Dann wird $t_1 = 0$.

Wenn der Umfang des Rades zu $4 m$ und die mittlere Geschwindigkeit der Lokomotive zu $10 m$ angenommen wird, so ergibt sich als Zeit zu einer halben Umdrehung $\frac{1}{5}$ Sek.; daher $t = 1 : 5 \cdot 3600$ Stunden.

Die Spannung s_1 wird immer $= 0$; die höchste, von der Last herrührende Spannung s sei $= 220 kg$.

Allein beim Fahren entstehen heftige Stöße auf die Achse, namentlich an den Schienenstössen, die rasch auf einander folgen; ferner durch das Zucken, Schlingern, Nicken, Wanken, Wogen etc. Wir nehmen daher $s = 400 kg$ an.

Das Arbeitsvermögen der Achse sei $= 6$. Allein es ist zu berücksichtigen, dass die Achse beim Auswechseln noch Arbeitsvermögen besitzen muss und dass vom Gesamtbetrag mindestens ebenso viel von den Wechseln zweiter Art verbraucht wird wie von denen erster Art. Wir nehmen daher $A = 2$ an.

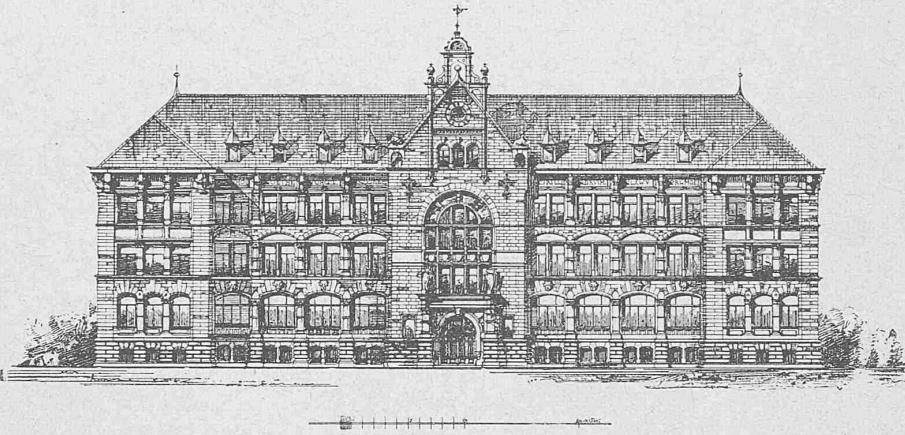
Endlich sei $E = 1800000$ und $n = 25000000$; so folgt aus Gleichung (10) $c = 617,4$, wofür wir annehmen wollen

$$c = 620.$$

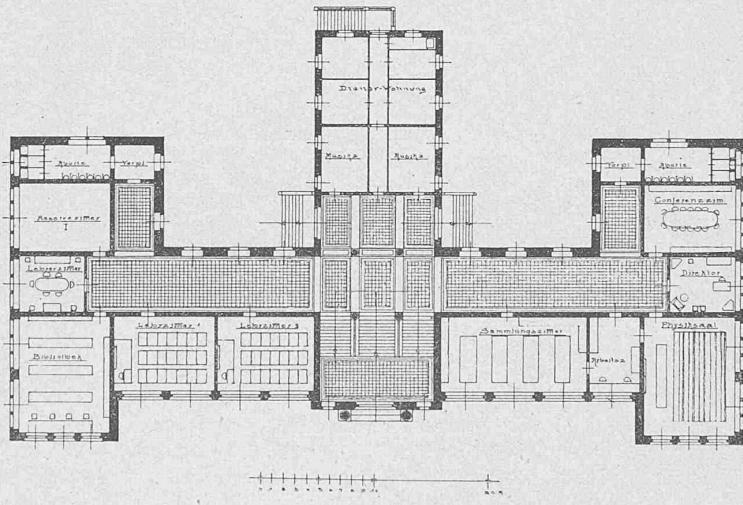
Exponent x. Wir wählen zur Bestimmung dieser Grösse das oben citierte Beispiel der hydraulischen Presse in Annecy. Die Zeit zum Spannen und Nachlassen mag betragen 1 Minute, die des Gespanntseins (zum Abtropfen des Wassers) 4 Minuten; daher $t = \frac{1}{60}$ und $t_1 = \frac{4}{60}$. Während der Spannung ist $s = 800$, nach der Entlastung immer $s_1 = 0$; Mittel aus der Anzahl angegebener Spannungswechseln $n = 4500$. Da diese Zahl klein ist, so muss angenommen werden, das Eisen der Stangen habe keine sehr grosse Dehnungsfähigkeit gehabt; wir nehmen daher $A = 1,1$ an und erhalten mittelst Glchg. (10) $x = 0,3296$; wofür wir in der Folge in Rechnung bringen

$$x = \frac{1}{3}.$$

Wettbewerb für ein Kantonsschulgebäude und Gewerbemuseum in Aarau.
III. Preis. Motto: Δ . Verf.: Arch. Karl Moser in Firma Curjel & Moser in Karlsruhe (II. Entwurf.)



Kantonsschulgebäude. Hauptfassade 1 : 600.



Kantonsschulgebäude. Hauptgrundriss 1 : 600.

Anwendung der Hauptgleichung auf die Spannungswchsel zweiter Art bei einer Lokomotivachse. Jede Eisenbahnverwaltung benützt ihre Lokomotiven in besonderer Weise. Auf der einen Strecke giebt es wenig, auf einer andern viel Haltstellen; an der einen Station wird lange, auf einer andern kurze Zeit angehalten; ist eine Endstation erreicht, so kehrt bei der einen Bahn die Lokomotive, nachdem sie Wasser und Kohlen gefasst hat, sogleich um, während sie bei einer andern längere Zeit stehen bleibt. Nachdem die Lokomotive ihre tägliche Fahrt durchlaufen hat, bleibt sie noch kürzere oder längere Zeit auf dem Bahnhof stehen, um dann in die Remise gebracht zu werden etc. Hier bleibt nun nichts anderes übrig, als bestimmte Annahmen zu machen. Diese seien:

Mittlere Geschwindigkeit auf offener Fahrt 10 m ; Dauer der Fahrt, die Zeit für das Anhalten an den Stationen nicht inbegriffen, 6 Stunden; daher durchlaufener Weg pro Tag $10 \cdot 6 \cdot 3600 = 216000\text{ m}$. Da der ganze Weg, den die Lokomotive durchlaufen kann, bevor die Achse ausgewechselt werden soll (wie oben angegeben) 500000 km beträgt, so kann die Achse 2315 Tage im Betrieb stehen.

a) Wechsel an kurzen Haltstellen. Mittlere Entfernung zweier Haltstellen 8000 m ; daher Anzahl Haltstellen täglich 27; mittlere Dauer eines solchen Haltes angenommen zu 2 Minuten. Im ganzen macht also die Lokomotive in den 2315 Tagen $2315 \cdot 27 = 62505$ Halte von je 2 Minuten Dauer, also auch ebenso viele Spannungswchsel mit einer Spannung $s = 220\text{ kg}$, da hier die Stöße ausser Betracht fallen. Da die Zeit für das Anspannen und Nachlassen (für Vierteldrehungen) klein ist, so setzen wir $t = 0$. Endlich sind zu nehmen $t_1 = 2/60$; $c = 620$; $E = 1800000$ und $A = 6$; so giebt Gl. (10)

$$n = 429840,$$

d. h. die Achse könnte 429840 Spannungswchsel dieser Art aushalten, bis ihr ganzes Arbeitsvermögen erschöpft wäre. Da sie aber nur 62505 solcher Wechsel durchmacht, so wird folgender Anteil ihres Arbeitsvermögens dadurch verbraucht

$$62505 : 429840 = 0,1454.$$

b) Halte von längerer Dauer. Wir nehmen täglich 4 solcher an von je 1 Stunde Dauer. Dieser Zeit gegenüber ist $t = 0$; daher nach Gl. (10) die Anzahl möglicher Wechsel, da alle Daten wie unter (a) gelten

$$n = 138347.$$

Allein die Achse macht nur $4 \cdot 2315$ solcher Wechsel durch; daher absorbieren diese Wechsel

$$4 \cdot 2315 : 138347 = 0,0670$$

des ganzen Arbeitsvermögens.

c) Wechsel in der Remise. Die bisherigen in Betracht gezogenen Wechsel beanspruchen folgende Zeit: für die Wechsel erster Art = 6 Stunden; für die 27 Haltstellen zu 2 Minuten = $54/60$ Std. und für die 4 längern Halte = 4 Std.; daher verbleiben für die Remise täglich 13,1 Std. Daher könnte die Achse solcher Wechsel durchmachen, da $t = 0$ angenommen werden kann

$$n = 58687.$$

Die Achse hat nur 2315 solcher Wechsel durchzumachen; daher absorbieren diese $2315 : 58687 = 0,0395$.

d) Wechsel an Rasttagen. Die Lokomotive stehe ein Jahr ausser Dienst und zwar zu je 5 Tagen; dafür entfallen 73 Wechsel. Da

$$t = 0 \text{ und}$$

$$t_1 = 5 \cdot 24,$$

so wird

$n = 27984$, folglich der Anteil des Arbeitsvermögens, der durch diese 73

Wechsel verbraucht wird

$$73 : 27984 = 0,0026.$$

Die Wechsel

der ersten Art vollziehen sich so, dass das Material rings um den Umfang der Achse herum gleichmässig erschöpft wird, während dies mit den Wechseln der zweiten Art nicht vorausgesetzt werden kann. Eine und dieselbe Stelle der Oberfläche der Achse, unmittelbar unter dem Rahmen, kann 10 und 100 Mal zu unterst oder zu oberst liegen, also dem höchsten Zug oder Druck ausgesetzt sein, während eine andere, in demselben Querschnitt liegend, nie oder nur wenige Male die höchste Spannung auszuhalten hat. Man kann unendlich viel gegen eins wetten, die grösste Spannung verteile sich nicht gleichförmig über den Umfang des Querschnittes, wie, sie treffe nicht immer dieselbe Stelle.

Immerhin lässt sich hieraus der Schluss ziehen: Hält die Achse lange Stand, so kann, unter sonst gleichen Umständen, angenommen werden, die Erschöpfung des Materials sei relativ sehr gleichförmig eingetreten; geht die Achse bald zu Grunde, so muss auf eine einseitige Schwächung geschlossen werden.

Die gleichförmige Verteilung würde nach obigem für die Wechsel zweiter Art erfordern

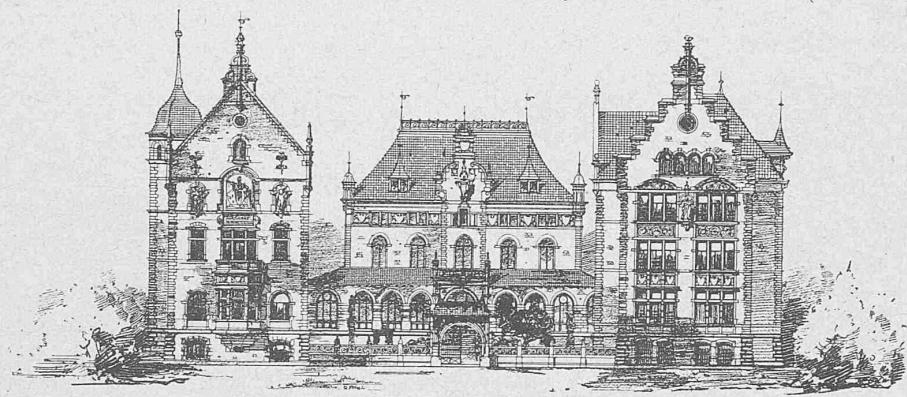
$$0,1454 + 0,0670 + 0,0395 + 0,0026 = 0,2545$$

des gesamten Arbeitsvermögens und für die Wechsel beider Art zusammen

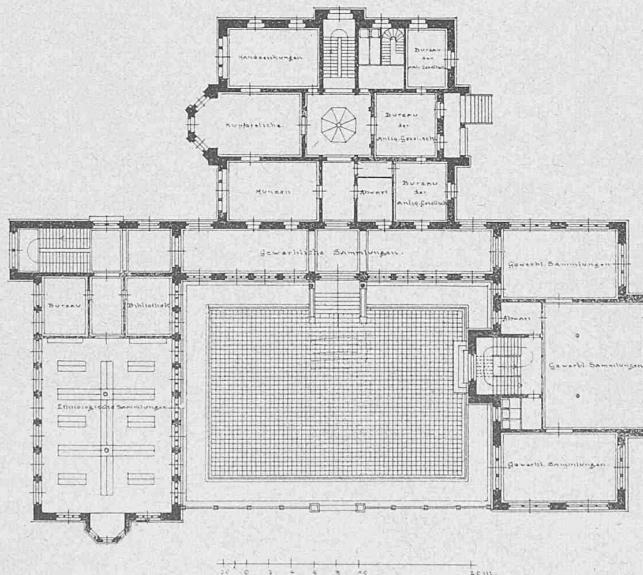
$$0,3333 + 0,2545 = 0,5878.$$

Es bleibt also an Arbeitsvermögen noch vorrätig 0,4122.

Trifft die grösste Spannung immer nur dieselbe Stelle, so ist das Arbeitsvermögen der Achse kleiner als bei gleich-



Gewerbemuseum. Hauptfassade 1 : 600.



Gewerbemuseum. Hauptgrundriss 1 : 600.