

# Zur Festigkeitslehre

Autor(en): **Potterat, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75/76 (1920)**

Heft 18

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-36543>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bericht und Urteil werden sämtlichen Bewerbern, sowie der „Schweizerischen Bauzeitung“ und dem „Werk“ übermittelt. Die sämtlichen Entwürfe, nebst Bericht und Urteil, werden vom 13. bis 26. September im Rathaus am Kornmarkt, I. Stock, öffentlich ausgestellt.

Luzern, den 9. September 1920.

Namens des Preisgerichtes

Der Präsident: Dr. G. Schaller. Der Sekretär: J. J. Kiener.

Nachschrift der Redaktion. Ende letzter Woche erhielten wir vom Sekretär des Preisgerichts die Mitteilung, dass am Bericht des Preisgerichtes möglicherweise eine „redaktionelle Aenderung“ beschlossen würde, dass aber die bezügliche Sitzung des Preisgerichts erst heute stattfinde. Da wir zu jenem Zeitpunkt unsere Dispositionen nicht mehr ändern konnten, werden wir gegebenenfalls diese Aenderung in nächster Nummer mit dem Schluss der Berichterstattung mitteilen; da übrigens der Bericht im hier veröffentlichten Wortlaut bereits im Besitz aller Beteiligten ist, wird durch seine erst nachträgliche eventuelle Korrektur in der „S. B. Z.“ die Rechtslage nicht berührt.

Zur Festigkeitslehre.

Zu dem unter diesem Titel in Nr. 13 unserer Zeitschrift (vom 25. Sept. d. J.) von Prof. L. Poterat veröffentlichten Aufsatz erhalten wir aus Schaffhausen eine Zuschrift von Ing. A. Eggenschwyler, die wir samt der Rückäusserung des ersten Autors, in Anbetracht des allgemeinen Interesses, das den aufgeworfenen Fragen entgegengebracht wird, unter dem gleichen Titel und unter Wiederholung der zwei Abbildungen (auf S. 208) hier unsern Lesern zur Kenntnis bringen. Ing. Eggenschwyler schreibt:

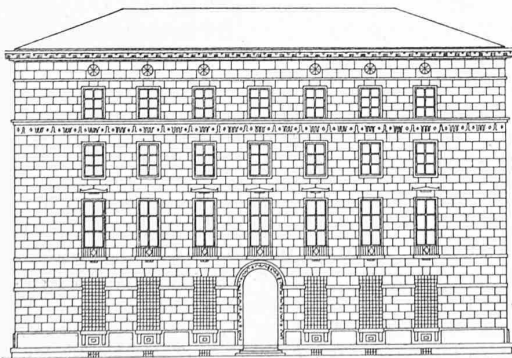
„Die unter dem Titel „Zur Festigkeitslehre“ in Nr. 13 Ihrer Zeitschrift erschienenen Ausführungen des Herrn Prof. L. Poterat möchte ich nicht ganz unwidersprochen lassen, da sie grundlegende Irrtümer enthalten und die Gefahr besteht, da sie doch aus der Feder eines Professors der E.T.H. stammen, dass dadurch bei weniger aufmerksamen oder mit der Materie weniger vertrauten Lesern ein unberechtigtes Misstrauen gegen den Genauigkeitsgrad unserer heutigen Festigkeitsberechnungen geweckt werde, was in einer Zeit, in der das Bauen durch die hohen Preise ohnehin ausserordentlich erschwert ist und jeder unnötige Sicherheitsgrad noch ängstlicher als sonst vermieden werden sollte, besonders bedenklich wäre.

Herr Prof. Poterat behauptet, dass die rechnermässigen Beanspruchungen eines Querschnittes verschieden seien, je nachdem, ob man sie aus der Resultierenden oder aus dem „Kräfte-System“ bestimme; dass das erstgenannte, allgemein bekannte und übliche Verfahren unzuverlässig sei und man vom „Kräfte-system“ ausgehen müsse; dass die neutrale Axe nicht durch die Lage der Resultierenden und die Zentralellipse gegeben sei, sondern gemäss seiner Abbildung 1 durch den Schnittpunkt B zweier Begrenzungsgeraden a und b des „Kräftesystems“ gehen müsse, usw.

Dazu ist zu bemerken, dass das beanstandete Verfahren zur Bestimmung der Beanspruchungen eines Querschnittes lediglich eben bleibende Querschnitte und ein unveränderliches Elastizitäts-mass annimmt, Annahmen, die sich bei näherem Zusehen meistens als durchaus zulässig erweisen und auf denen auch das durch Abbildung 1 gekennzeichnete Poterat'sche Verfahren fusst; das übrige ist völlig einwandfreie, rein mathematische Ableitung. An ihre Stelle möchte Herr Prof. Poterat die Annahme setzen, dass die neutrale Axe durch den Schnittpunkt B der Begrenzungsgeraden a und b seines „Kräftesystems“ gehe. Man erkennt das Widersinnige dieser Annahme, wenn man sich vorstellt, dass das „Kräftesystem“ um die Resultierende gedreht werde. Dann bewegt sich bei feststehender Resultierender und gegebenem Querschnitt der Punkt B auf einem Kreise. Durch Veränderung des von a und b eingeschlossenen Winkels kann man diesem Kreis jeden beliebigen Radius geben. Man kann also bei gegebenem Querschnitt und gegebener Resultierender nach dem von Herrn Prof. Poterat angegebenen Verfahren jedes beliebige Ergebnis ausrechnen. Ausserdem kommt ein Kräftesystem gemäss der Poterat'schen Abbildung 1 natürlich praktisch gar nicht vor, weil man durch Zusammensetzung der äusseren Kräfte stets nur die Resultierende und kein auf einer Linie angreifendes Kräftesystem erhält.

Auch die Behauptung des Herrn Prof. Poterat, „die Erfahrung zeige, dass das Ebenbleiben der Querschnitte nur für einen symmetrischen, in der Symmetrieaxe belasteten Balken gelte“, ist unrichtig. Die Berechtigung der Annahme eben bleibender Querschnitte ist nicht im geringsten davon abhängig, ob der Querschnitt symmetrisch oder unsymmetrisch sei, sowie ob die Kraft-richtung in die Symmetrieaxe falle oder nicht.

Besonders bezeichnend für die Begriffsverwirrung der Poterat'schen Ausführungen ist auch der unter II, erster Absatz, enthaltene Hinweis, dass es „bei der Bestimmung der Stabkräfte des gewöhnlichen Fachwerkes nicht angängig“ sei, „die im obern und im untern Knotenpunkt desselben Pfostens wirkenden Lasten durch ihre Resultierende zu ersetzen, obwohl hier diese Kräfte dieselbe Wirkungslinie besitzen“, mit dem Prof. Poterat die Unzuverlässigkeit der Verwendung von Resultierenden beweisen möchte. In Wirklichkeit dürfte aber allgemein bekannt sein, dass die Trennung der beiden Knotenlasten hier deshalb erforderlich ist, weil nur eine davon auf den zu untersuchenden Pfostenquerschnitt einwirkt, und dass die erste Aufgabe jeder Festigkeitsberechnung darin besteht, dass die auf den zu untersuchenden Bauwerkteil einwirkenden Kräfte von den andern abgegrenzt werden. Die Gültigkeit des Verfahrens der Zusammensetzung von Kräften zu Resultierenden wird dadurch nicht berührt, weil man selbstverständlich immer nur solche Kräfte zusammensetzen darf, die auf den zu untersuchenden Bauwerkteil einwirken. Man wird aus dem gleichen Grunde z. B. bei Berechnung eines Brückenlagers auch nicht damit anfangen, dass man die über dem Lager angreifenden Kräfte mit dem Gewicht des unter dem Lager liegenden Mauerwerkes zu einer Resultierenden zusammensetzt, selbst dann nicht, wenn diese Kräfte genau senkrecht übereinanderliegen, oder, um mit Herrn Prof. Poterat zu reden, „dieselbe Wirkungslinie besitzen“.



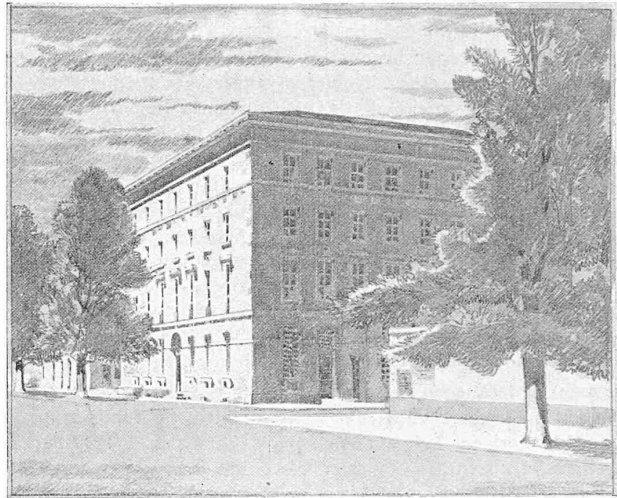
IV. Rang, Entwurf „Ein Bagedanke“. Verfasser: Klausner & Streit, Architekten in Bern. Hauptfassade. — Masstab 1:400. — Untergeschoss.



Es entbehrt auch nicht einer gewissen Komik, wenn Herr Prof. Potterat vor den Türen Anderer kehren zu müssen glaubt, indem er ihnen vorhält, „man ziehe es vor, die gemachten Annahmen als Axiome zu betrachten“ usw., in einem Falle, wo in Wirklichkeit gerade „man“ nach einem streng wissenschaftlichen Verfahren vorgeht, von dessen Richtigkeit „man“ sich überzeugt hat, während Herr Prof. Potterat die ganz unmögliche und unbegründete Annahme, dass die neutrale Axe durch den Punkt B seiner Abbildung 1 gehe, an ihre Stelle setzen möchte und ausserdem seinerseits geneigt scheint, die fragwürdigsten Meldungen über Versuchsergebnisse als Axiome zu betrachten, um damit einen Angriff gegen einwandfreie und genau nachprüfbar mathematische Ableitungen zu unternehmen.

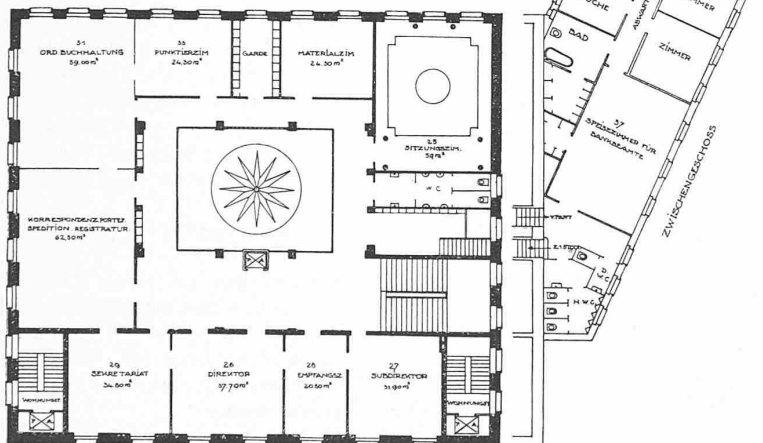
Die schlechte Uebereinstimmung zwischen den von Herrn Prof. Potterat mehrfach zitierten Bach'schen Biegungsversuchen mit  $\square$ -Eisen und dem üblichen Rechnungsverfahren sind nämlich durchaus nicht auf einen Mangel der letztgenannten zurückzuführen, wie Herr Prof. Potterat annimmt, sondern auf die unsachgemässe Versuchsanordnung und auf die bei Auswertung der Ablesungen gemachten fragwürdigen Annahmen. Wer die Beschreibung dieser Versuche aufmerksam und mit der nötigen Fachkenntnis durchliest, wird sich kaum wundern, dass dabei keine bessere Uebereinstimmung mit der Rechnung gefunden wurde. Die Ergebnisse lassen sich auch gar nicht nachprüfen, weil die Beanspruchungen lediglich aus den Durchbiegungen gefolgert wurden und nirgends angegeben ist, wo sich die beobachteten Marken befanden, sodass sich nicht feststellen lässt, inwieweit ihre Bewegungen durch die Verdrehung des Trägers, durch das Ausknicken des Druckflansches, durch Ausbiegungen und senkrechte Druckbeanspruchungen des Steges usw. mit beeinflusst war. Jedenfalls waren bedeutende Drehungsbeanspruchungen vorhanden, denn das auch von Prof. Potterat

**Wettbewerb Schweizer. Nationalbank Luzern.**  
IV. Rang, „Ein Bagedanke“. — Arch. Klauser & Streit in Bern.

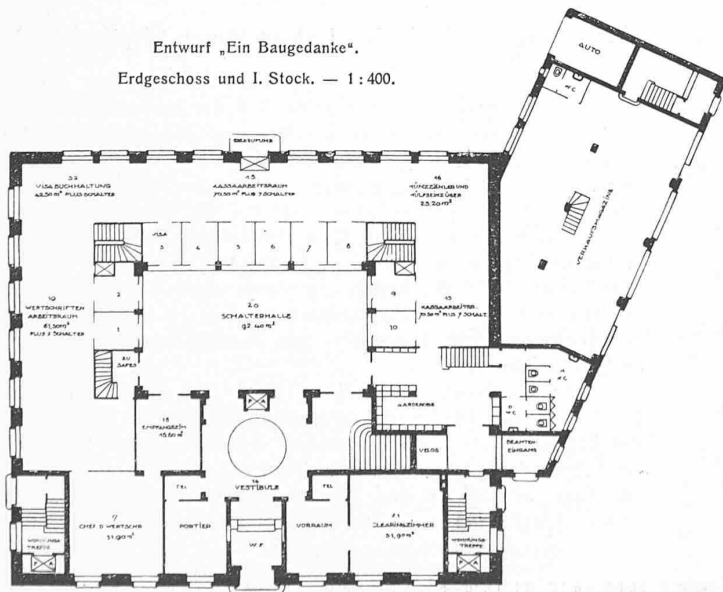


zitierte Auffinden von Punkten mit  $\sigma = 0$  in den Flanschen ist nur durch Drehungsbeanspruchung zu erklären. Ein solcher Träger kann je nach der Stellung der Last im Querschnitt rechts oder links herum auf Drehung beansprucht sein und dazwischen muss es eine Laststellung geben, bei der sich der Träger weder nach rechts noch nach links verdreht, bei der also die Flanschen weder nach rechts noch nach links ausbiegen.

Das ist nur möglich, wenn die Biegungsspannungen gleichmässig über die ganze Flanscbreite verteilt sind, weil eine ungleichmässige Verteilung sofort eine verhältnismässig starke Ausbiegung zur Folge hätte. Diesen Fall nimmt die übliche Biegungsberechnung an, nach der die Biegungsspannung in irgend einem Punkt ( $y, z$ ) des Querschnittes  $\sigma = \frac{M}{J} y$  und die Schubspannung  $\tau = \frac{Q S}{J d}$  ist, woraus sich im Steg die Schubkräfte  $\tau \cdot d \cdot dh = \frac{Q S}{J} dh$  und in den Flanschen  $\tau \cdot d \cdot db = \frac{Q S}{J} db$  ergeben, die nach Lage und Richtung in die Mittellinie der Eisenstärke fallen. Ihre Resultierende ist die Querkraft und liegt auf der Rückseite des Steges und zwar für jedes  $\square$ -Profil in einer ganz bestimmten Ebene, die sich zeichnerisch durch ein Kraft- und Seileck aus  $\tau \cdot d \cdot dh$  und  $\tau \cdot d \cdot db$ , oder, da  $\frac{Q}{S}$  für den ganzen Querschnitt unveränderlich ist, aus den Werten  $S \cdot dh$  und  $S \cdot db$  bestimmen lässt, sofern diese als in der Mittellinie der Eisenstärke wirkende Kräfte angenommen werden. Sobald die Belastung in dieser Ebene angreift, ist der Träger genau so auf Biegung (und Schub) beansprucht, wie die normale Biegungsberechnung es ergibt. Liegen die Lasten aber in einer andern Parallelebene, dann kommt ein Drehmoment hinzu, das in  $\square$ -förmigen Querschnitten ausser Schubspannungen stets auch Längsspannungen erzeugt. Praktisch liegt die Sache so, dass die  $\square$ -Eisen fast immer mit andern Bauwerkteilen, z. B. Sparren, derart verbunden sind, dass ihre Verdrehung verhindert wird und die Querkräfte und damit die Belastung sich selbsttätig in jene Ebene einstellen, die der drehungslosen Biegungsbeanspruchung und damit der üblichen Berechnung entspricht.



Entwurf „Ein Bagedanke“.  
Erdgeschoss und I. Stock. — 1:400.



Ausserdem griffen bei den Versuchsbalken die Lasten konzentriert nur am oberen und die Auflagerdrücke nur am untern Flansch an, mussten also zunächst durch sekundäre, senkrecht zur Trägeraxe gerichtete Druck- und Biegungsbeanspruchungen über den Trägerquerschnitt verteilt werden, wodurch sehr starke Formänderungen und baldige Ueberschreitungen der Streckgrenze eintreten konnten, da die Quer-

schnitte, in denen die Lasten und Auflagerdrücke angriffen, in keiner Weise ausgesteift waren. Bei der Auswertung der Versuchsablesungen wurden aber scheinbar alle diese Einflüsse vernachlässigt und die ganze beobachtete Bewegung der Messmarken lediglich der Biegungsbeanspruchung in die Schuhe geschoben.

Die ungünstigen Ergebnisse der Bach'schen Versuche lassen deshalb nicht auf eine allgemeine verminderte Biegefestigkeit der  $\square$ -Eisen schliessen, wie das von manchen Seiten irrtümlicherweise geschehen ist. Sie zeigen höchstens, dass in solchen besonderen und praktisch kaum vorkommenden Fällen, wo ausser Biegung noch verschiedenes andere hinzukommt, die Tragfähigkeit geringer sein kann, was den meisten Eisenkonstruktoren wohl ohnehin klar sein dürfte, und sie zeigen ferner, dass Mitteilungen über Versuchsergebnisse oft mit ebensoviel Vorsicht zu geniessen sind wie Rechnungsergebnisse, selbst wenn sie den Namen eines berühmten Mannes tragen und in seinem weitverbreiteten Buche mehrere Seiten füllen. Bezeichnenderweise ist auch die in der Versuchsbeschreibung angekündigte eingehendere Veröffentlichung dieser Versuche unterblieben, woraus sich vermuten lässt, dass man nachträglich in Stuttgart selbst der Sache nicht mehr richtig traute.

Im übrigen sei auf meine im „Eisenbau“ 1920 (Nr. 15) erschienene Zuschrift verwiesen, die durch eine von anderer Seite erfolgte ähnliche Zitierung der genannten Versuche veranlasst war.“  
Schaffhausen, den 5. Oktober 1920. A. Eggenschwyler.

\*

Hierauf schreibt uns Prof. L. Poterat:

„An die Redaktion der „Schweizerischen Bauzeitung“ Zürich.

Meine Ausführungen über Festigkeitslehre in Nr. 13 der „S. B. Z.“ scheinen Herrn A. Eggenschwyler sehr aufgebracht zu haben, was einem erst begreiflich wird, wenn man erfährt, dass sich derselbe eigentlich die Leugnung der geringen Biegefestigkeit des  $\square$ -Eisens zur Aufgabe gestellt hat (siehe die von ihm zitierte Zuschrift im „Eisenbau“ 1920, Nr. 15).

Für Herrn A. Eggenschwyler ist die Gültigkeit der Annahme eben bleibender Querschnitte „nicht im geringsten davon abhängig, ob der Querschnitt symmetrisch oder unsymmetrisch sei oder ob die Krafttrichtung in die Symmetrieaxe falle oder nicht.“ Das nenne ich ein klares Glaubensbekenntnis an die Unfehlbarkeit der Bernoulli'schen Annahme! Herr A. Eggenschwyler wird somit nichts dagegen einzuwenden haben, wenn ich künftighin seinen Namen an Stelle des sonst von mir gebrauchten, aber von ihm verpönten, unbestimmten „man“ verwende.

Ich habe behauptet, dass bei Festigkeitsberechnungen eine gegebene Belastung nicht durch ihre Resultierende ersetzt werden kann, ohne dass ihre Wirkung mehr oder weniger geändert wird. Als ein sofort ins Auge springendes und allgemein bekanntes Beispiel dafür nannte ich das Fachwerk mit vertikalen Pfosten, was aber Herrn A. Eggenschwyler nicht zu passen scheint. Ich hätte wohl als zugehöriges Beispiel besser auf die von ihm vorgeschlagene Versuchsmethode für  $\square$ -Eisen (siehe die bereits zitierte Zuschrift im „Eisenbau“) verweisen sollen. Dort sagt er nämlich, dass man beim Biegungsversuch vermutlich andere Werte erhält, wenn das  $\square$ -Eisen durch eine in der Schwerpunktsvertikalen angebrachte Kraft belastet wird, als wenn man es durch zwei vertikale Seitenkräfte, deren Resultierende genau in den Schwerpunkt fällt, belastet. Das stimmt doch vollständig mit meiner Behauptung überein. Und heute sieht es so aus, als ob Herr A. Eggenschwyler dies als unrichtig betrachte. Das dürfte aber in Wirklichkeit kaum der Fall sein; seine Auslassungen über „die Begriffsverwirrung der Poterat'schen Ausführungen“ müssen daher eher einem Anfall schlechter Laune zur Last geschrieben werden.

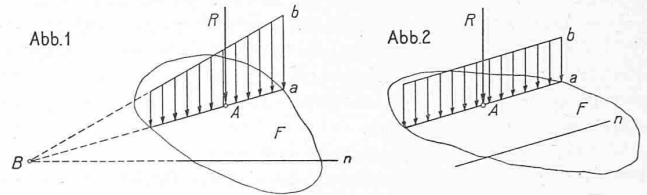
Bei Biegung mit Axialdruck glaubt Herr Eggenschwyler, es sei „widersinnig“, dass bei der Veränderung des von  $a$  und  $b$  (in Abb. 1) eingeschlossenen Winkels — das ist also bei Veränderung der Belastung — und bei Drehung des Kräftesystems die neutrale Axe sich auch drehe und die Querschnittsspannungen sich verändern. Er glaubt daher auch, dass man „jedes beliebige Ergebnis ausrechnen kann.“

Davon ist natürlich keine Rede: es wird nur das dem betreffenden Kräftesystem (Grösse des Winkels zwischen  $a$  und  $b$ ) und dessen Lage zugehörige Ergebnis herauskommen.

Bei der Theorie des Herrn A. Eggenschwyler dagegen, die auf der Allgemeingültigkeit der Bernoulli'schen Annahme fusst, ist dies allerdings nicht der Fall: wie auch das Kräftesystem sei, wie

es auch gedreht werde, solange die Resultierende keine Aenderung erfährt, kommen immer dieselbe neutrale Axe und dieselben Querschnittsspannungen heraus.

Da aber Herr A. Eggenschwyler das Kräftesystem der Abbildung 1 als „praktisch gar nicht“ vorkommend bezeichnet — selten wäre hier richtig — will ich im folgenden das praktisch wichtigere System der Abbildung 2 betrachten.



Nach der Theorie des Herrn A. Eggenschwyler wird hier die neutrale Axe durch die Antipolare des Angriffspunktes der Resultierenden in Bezug auf die Zentralellipse des Querschnittes bestimmt. Das soll, wie er sagt, „streng wissenschaftlich“ sein. Wenn das Kräftesystem gedreht wird, ohne dass die Resultierende eine Aenderung erfährt, bleiben Angriffspunkt, Antipolare und Beanspruchung des Querschnittes ohne jede Aenderung; das ist, wie er sich ausdrückt, „völlig einwandfreie, rein mathematische Ableitung“. Demnach müsste man das Kräftesystem — die Belastung des Querschnittes — auch so drehen können, bis die Belastungslinie  $a$  die neutrale Axe  $n$  schneidet. In diesem Schnittpunkt hätte man dann, direkt unter der Belastung, gar keine Spannung im Querschnitt. Die Belastung würde also hier gar nicht belasten!

Ich denke, dass damit der Beweis der Unhaltbarkeit des „streng wissenschaftlichen Verfahrens“ des Herrn A. Eggenschwyler erbracht ist. Dieser Beweis ist allerdings ein Beweis ab absurdo; ein solcher gilt aber bei den mathematischen Wissenschaften wie ein anderer.

Der Fehler des Verfahrens des Herrn A. Eggenschwyler liegt nicht in der mathematischen Ableitung, sondern in dem falschen Ansatz, auf dem sie fusst. Die Mathematik gleicht einem tadellos und kunstvoll arbeitenden Werkzeug: wenn man mit demselben aber Blei statt Gold verarbeitet, so wird nie ein Kunstwerk aus Gold herauskommen, sondern immer nur ein bleiernes. Wenn man also den Ansatz der Spannungsebene der Bernoulli'schen Annahme:

$$\sigma = ax + by + c$$

der mathematischen Ableitung zu Grunde legt, so ist dies das Blei, das nie zu Gold wird.

Damit glaube ich die Aussetzungen des Herrn A. Eggenschwyler an meinem Aufsatz widerlegt zu haben. Auf seine Theorie der Biegung des  $\square$ -Eisens und auf seine Kritik der Bach'schen Versuche einzugehen, sehe ich mich nicht veranlasst. Wie meine Ausführungen darüber ausfallen würden, mögen sich die Leser der „S. B. Z.“ aus dem Vorangegangenen ableiten.“

Zürich, den 19. Oktober 1920.

Poterat.

## Neue Typen elektrischer Lokomotiven für die S. B. B.

An der Lieferung von elektrischen Lokomotiven für die Schweizerischen Bundesbahnen ist die S. A. des Ateliers de Sécheron in Genf vorderhand mit je sechs Schnellzug-Lokomotiven vom Typ 1B1 + B1 und vom Typ 1C1 beteiligt, die in den Jahren 1921 und 1922 zur Ablieferung gelangen sollen. Zur Vervollständigung unserer bisherigen Mitteilungen über die für die Elektrifizierung der Normalspurlinien der S. B. B. zur Anwendung kommenden Lokomotivtypen<sup>1)</sup> geben wir hier die wichtigsten Daten dieser Lokomotiven, deren elektrische Ausrüstung von der genannten Genfer Firma geliefert wird, während der mechanische Teil in den Werkstätten der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur hergestellt wird.

Die Schnellzug-Lokomotiven 1B1 + B1, deren Bauart aus der Typenskizze Abbildung 1 ersichtlich ist, sind zur Beförderung von Zügen von 300 t Anhängengewicht auf Rampen von 26‰ mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h bestimmt. Mit dieser Last sollen sie innert 24 Stunden drei Hin- und Herfahrten auf der Strecke Luzern-Chiasso mit je 15 Minuten Aufenthalt an den Endstationen

<sup>1)</sup> Vergl. Band LXXI, Seite 213 (18. Mai 1918); Band LXXIII, Seite 110 (8. März 1919) und Seite 152 (29. März 1919); Band LXXIV, Seite 84 (16. Aug. 1919) und Seite 184 (11. Oktober 1919), sowie Band LXXV, Seite 229 (22. Mai 1920).