

Zur Frage des Schubmittelpunktes

Autor(en): **Maillart, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83/84 (1924)**

Heft 15

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82776>

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.

Von eigenartigem Reiz ist die Strasse „Hagelkreuz“: ohne alle gesuchte Romantik und malerische Mätzchen-Architektur ergeben sich bei jeder Wendung neue, interessante Gruppierungen (z. B. Abb. 3). Allerdings war anderseits auch nicht die vielfach so beliebte Baukasten-Symmetrie angestrebt, bei der der Bewohner erst die Häuser abzählen muss, bis er das Seine findet. Hier, wie bei der in Nr. 5 (2. Februar d. J.) besprochenen Basler Siedlung „Gartenfreund“ (von Bercher & Tamm), kommt einem wieder deutlich zum Bewusstsein, dass unsere Zeit auch ästhetisch da die besten Leistungen zeitigt, wo sie kein Geld für Ornament und andern Aufwand hat, der vom Wesentlichen ablenkt, und so gezwungen ist, einfach das Nötige so sorgfältig als möglich durchzuarbeiten. P. M.

Zur Frage des Schubmittelpunktes.

Meine Abhandlung über den Schubmittelpunkt (in „S. B. Z.“ vom 8. März d. J.) veranlasst Herrn Professor A. Rohn zu Erörterungen („S. B. Z.“ 22. März), die einer Antwort rufen.

Prof. Rohn findet es verdienstlich, dass ich dieses Gebiet behandelt habe. Zum Lob berechtigt dies allein wohl kaum, indem ein Verdienst noch nicht dadurch entsteht, dass man eine Frage behandelt; oft ist das Gegenteil der Fall. Es kommt eben darauf an, *wie* man sie behandelt und ob man sie der Lösung näher bringt. In dieser Beziehung versagt mir aber Prof. Rohn die Anerkennung, indem er die allgemeine Bedeutung meiner Darlegungen bestreitet und ihnen gossenteils widerspricht, allerdings ohne sich näher mit ihnen zu befassen oder sie zu widerlegen.

Ueber Grundirrtümer, die sich in Lehrbüchern finden und wohl auch noch an Hochschulen vorgetragen werden, habe ich nicht *allgemein* geurteilt, sondern die betreffenden Irrtümer umschrieben. Nur wenn mir nachgewiesen wird, dass irgend eine der beanstandeten Anschauungen *kein Irrtum* ist, kann ich den Vorwurf „zu weit gegangen zu sein“ annehmen. Damit, dass Prof. Rohn Bach'sche Irrtümer unterschreibt, kann dieser Nachweis nicht als geleistet gelten. Ich habe bewiesen, dass die Beschränkung der Biegungstheorie auf symmetrische Querschnitte und die „Korrektur“ bei der Verwendung unsymmetrischer Querschnitte (durch Annahme kleinerer zulässiger Beanspruchungen) nicht berechtigt sind.¹⁾

Dann sagt Prof. Rohn, „dass dieser Schubmittelpunkt im allgemeinen kein Querschnittsfestpunkt“ sei, wie etwa der Schwerpunkt. Damit tritt mir Prof. Rohn im Hauptpunkt entgegen; denn gerade *die Tatsache, dass der Schubmittelpunkt ein Querschnittsfestpunkt ist, stellt eine neue und wichtige Erkenntnis von grosser und allgemeiner Bedeutung dar.* Für diese Tatsache habe ich den Beweis erbracht²⁾ und es müsste in erster Linie dieser Beweis widerlegt werden, um die Anschauung von Prof. Rohn zu begründen. Jedenfalls könnte dann von einem Schubmittelpunkt gar nicht mehr die Rede sein und Prof. Rohn müsste folgerichtig die „Biegungsaxe“ Dr. Eggenschwylers annehmen und meinen „Schubmittelpunkt“ verwerfen.

Prof. Rohn erblickt in einer allgemeinen Behandlung der Beanspruchung prismatischer Körper Schwierigkeiten, die nicht bestehen. Die Verallgemeinerung erblickt er lediglich im *Hinzutreten einer Normalkraft*. Dass dies eine unwesentliche Zugabe ist, sei nachstehend dargetan.

Alle denkbaren auf einen Querschnitt wirkenden äusseren Kräfte lassen sich, wie bekannt, auf zwei Kräfte zurückführen, nämlich eine Normalkraft, die den Querschnitt in irgend einem Punkte trifft und eine Schubkraft³⁾ die irgendwo in der Schnittebene angreift. Diesen Fall nennt

Prof. Rohn den „allgemeinsten“, beschäftigt sich jedoch in seinen Ausführungen mit dem Spezialfall, wo die beiden Kräfte in der selben Ebene liegen, sich also zu einer Resultierenden zusammensetzen lassen. Der Grund für diese unter dem Ruf nach allgemeiner Behandlung vorgenommene Spezialisierung ist nicht ersichtlich; es findet dadurch nicht einmal im weiteren Spezialfall, wo der Schubmittelpunkt mit dem Schwerpunkt zusammenfällt, eine Vereinfachung statt. Vielmehr hat in jedem Falle eine weitere Zerlegung der beiden Kräfte in je eine Kraft von gleicher Grösse und je ein Moment zu erfolgen, sodass folgende vier Komponenten entstehen:

1. Die Normalkraft N , im Schwerpunkt angreifend;
2. Das Biegemoment M , senkrecht zum Querschnitt gelegen;
3. Die Schubkraft S , im Schubmittelpunkt angreifend;
4. Das Torsionsmoment T , parallel zum Querschnitt liegend.

Bei dieser im übrigen bekannten Behandlung¹⁾ ist neu die Einführung des Schubmittelpunktes an Stelle des Schwerpunktes.

Von diesen vier Einflüssen habe ich die drei letztgenannten behandelt, und zwar, mit einer unwesentlichen, noch zu berührenden Einschränkung, ganz allgemein²⁾, während — nach Prof. Rohn mit Recht — die Lehrbücher sich meist auf den Spezialfall beschränken, wo der Querschnitt symmetrisch ist und auch symmetrisch beansprucht wird. Sobald man aus diesem Spezialfall hinaustrat, tauchten die bekannten Widersprüche mit den Versuchsergebnissen auf, weil eben der Begriff des Schubmittelpunktes unbekannt war und man fälschlicherweise auch bezüglich S mit dem Schwerpunkt operierte.

Besagte Einschränkung besteht darin, dass ich eine einzige Querkraft voraussetzte, sodass die Lage des Momentes mit der Querkraftebene übereinstimmte. Selbstverständlich können beliebig viele in beliebiger, beispielsweise auch unendlich grosser Entfernung, und dabei in allen möglichen Lagen wirkende Querkräfte vorhanden sein, die sich wohl zu zwei Querkraften, nicht aber zu *einer* resultierenden Querkraft vereinigen lassen. Das Gesamtergebnis ergibt sich dann einfach durch Superposition sämtlicher oder der auf zwei reduzierten Einzelfälle. Diese Verallgemeinerung bietet also weder Neues noch Schwieriges. Als Ergebnis aller Querkraftwirkungen entsteht stets *eine* Schubkraft mit *einem* Biegemoment, wobei nun dessen Stellung im allgemeinen von der Querkraftebene abweicht. Es läuft schliesslich Alles darauf hinaus, dass dem von mir behandelten allgemeineren Falle der darin schon enthaltene Spezialfall eines reinen Biegemomentes von abweichender Lage superponiert wird, was wohl eine Drehung der Nullaxe, jedoch keine Aenderung in der Schubspannungsverteilung und kein abnormales Diagramm der Längsspannungen bewirkt.

Wenn ich nun die Normalkraft nicht auch in Betracht zog, so geschah das nicht, weil dies die Schwierigkeiten darbietet, die Prof. Rohn in längeren Darlegungen plausibel zu machen sucht, sondern weil ihre Behandlung ganz einfach und auch schon mangels Zusammenhang mit den drei übrigen Komponenten erlässlich ist. Sie hat in durchaus selbständiger Weise zu erfolgen, wobei die aus N sich ergebenden Spannungen einfach den aus M , Q und T erfolgenden superponiert werden. Nun bildet aber die Behandlung einer im Schwerpunkt wirkenden Normalkraft mit der Spannungsbestimmung

$$\sigma = \frac{N}{F}$$

den ersten Schritt auf dem Gebiete der Festigkeitslehre und es erscheint kaum angebracht, daran zu rütteln. Wenn also die von Prof. Rohn in Aussicht gestellte Behandlung des allgemeinen oder allgemeinsten Falles ausserhalb des Rahmens meiner Erörterungen etwas Neues bringen soll,

¹⁾ Siehe z. B. Résal, „Résistance des Matériaux“, Paris 1922, S. 207 ff.

²⁾ Z. B. „S. B. Z.“, Bd. 78, S. 19 (9. VII. 1921).

¹⁾ Bd. 77, S. 197 (30. IV. 1921) und Bd. 79, S. 254 (20. V. 1922).

²⁾ Bd. 83, S. 111 (8. III. 1924).

³⁾ Zur grösseren Klarheit sei die im Querschnitt wirkende Kraft als „Schubkraft“ S bezeichnet zum Unterschied der im allgemeinen ausserhalb des Schnittes gelegenen „Querkraft“ Q .

so kann es nur geschehen, indem er entweder diese Formel umstürzt oder aber die Gültigkeit des Superpositionsgesetzes anzweifelt; beides Dinge, die die Autorität der Lehrbücher und Lehrstühle in bedenklicheres Wanken bringen müssten, als es meine Darlegungen im Stande sind.

Wie leicht sich die Dinge behandeln lassen, wenn man meinem Gedankengang folgen will, kann an dem Beispiel, das Prof. Rohn zur Illustrierung der angeblichen Schwierigkeiten anführt, gezeigt werden. Es handelt sich um einen Winkelquerschnitt (Abb. 3, Seite 132). Dabei macht Prof. Rohn folgende spezielle Annahmen:

1. Die Querkraftebene ist parallel zu einem (nämlich dem vertikalen gezeichneten) Schenkel.

2. Die Normalkraft wirkt in der Querkraftebene.

3. Die Querkraftebene geht zunächst durch den Schwerpunkt.

4. Die Resultierende geht zunächst ebenfalls durch den Schwerpunkt, d. h. der Schnitt ist in einem Inflexionspunkt geführt.

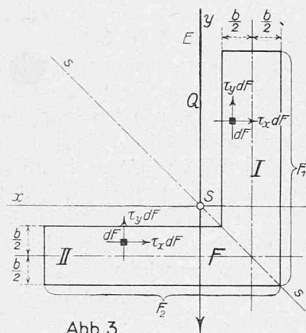


Abb. 3

Dabei steht für Prof. Rohn die Frage im Vordergrund, ob eine Verschiebung der Resultierenden parallel zum horizontalen Schenkel und zwar soweit, dass die Querkraftebene durch den Schubmittelpunkt geht, empfehlenswert sei.

Ohne weiteres ergibt sich, dass nach erfolgter Zerlegung bei beiden Alternativen die erste und die dritte Komponente, nämlich Normal- und Schubkraft, identisch sind und somit bei dem besagten Vergleich nicht in Betracht kommen. Bei der ersten Alternative wird das Biegemoment zu Null, dagegen besteht ein Torsionsmoment

$$T = Q \cdot a$$

wo a den Abstand des Schubmittelpunktes von der Schubkraft bezeichnet. Bei der zweiten Alternative verschwindet das Torsionsmoment, wogegen wir es nun zu tun haben mit einem Biegemoment

$$M = N \cdot a$$

(Der Hebelarm, nämlich der Abstand vom Schwerpunkt zum Kraft-Angriffspunkt, ist dank der speziellen Annahmen zufällig der selbe wie vorhin).

Diese einfache Darlegung genügt, um zu erkennen, dass der Schluss Prof. Rohns, „zweifellos werde man es hier — im Gegensatz zum Fall der reinen Biegung — vorziehen, die sog. zentrische Belastung beizubehalten“, kaum überzeugen kann. Denn man braucht nur Q genügend gross zu wählen, damit die resultierenden Spannungen bei der ersten Alternative grösser werden, als bei der zweiten.

Wenn es nach Vorstehendem keinem Zweifel unterliegen kann, dass die durch Herbeiziehung einer Normalkraft erfolgende Verallgemeinerung für die Erforschung des Fragenkomplexes der Biegung keine Ausbeute verspricht, so gibt es innerhalb des Rahmens meiner Betrachtungen noch der Fragen viele, die zu untersuchen wären und Prof. Rohn geht mit mir¹⁾ ganz einig, wenn er das Experiment zu Hilfe ruft. Um aber zu klaren Resultaten zu gelangen und schwierige Versuchsanordnungen zu vermeiden, müssen die Einflüsse der Komponenten vorerst getrennt behandelt werden.

Was die Wirkung des Biegemomentes anbetrifft, so findet sich die Theorie durch die Versuche schon jetzt soweit bestätigt, dass hier viel Neues nicht zu erwarten ist.

Bezüglich der Querkraft wäre in erster Linie der Schubmittelpunkt gewisser Querschnitte experimentell zu ermitteln, indem man die Stellungen der Belastungsebenen aufsucht, die keine Torsion ergeben. Alsdann wird in den

meisten Fällen die theoretische Behandlung befriedigende Resultate zeitigen. Sie scheidet zwar, wenn man einen einzigen Querschnitt betrachtet; dagegen wird sie bekanntlich möglich, wenn man in Betracht zieht, dass in einem Nachbarschnitt ein Moment

$$dM = S \cdot dx$$

auftritt, mit entsprechenden Biegungsspannungen, die den zu ermittelnden Schubspannungen Gleichgewicht halten. Man soll sich nicht etwa dadurch stören lassen, dass M im allgemeinen eine von der Schubkraft abweichende Lage hat. Denn M ist von S ganz unabhängig und nur dM kommt in Betracht, das natürlich in der Lage der Schubkraft wirkt.

Wenn die aus dem Torsionsmoment hervorgerufenen Spannungen bestimmt werden wollen, so ist vor allem zu bemerken, dass die Kenntnis des Torsionsmomentes allein zur eindeutigen Lösung nicht genügt. Es treten nämlich im allgemeinen ausser Schubspannungen auch noch Längsspannungen auf¹⁾ — ihre algebraische Summe ist natürlich gleich Null — deren Grösse von der Art der Belastung längs des Balkens abhängt. Es sind dies die bei den Bach'schen Versuchen zutage getretenen Zusatzspannungen. Ihre Berechnung habe ich versucht²⁾, doch dürfte gerade hier das Experiment allein eine Präzisierung bringen können.

Genf, 3. April 1924.

R. Maillart.

† Wilhelm Schmidt.

In Bethel bei Bielefeld verschied am 16. Februar 1924 Wilhelm Schmidt, der Begründer der Schmidt'schen Heissdampf-Gesellschaft in Kassel, der sich durch die Aufweisung neuer Wege für den Bau verbesserter Dampfmaschinen mit Verwendung von höher überhitztem und über den üblichen Druck gespanntem Dampf um die ganze Menschheit grosse Verdienste erworben in einem reichen Leben voll Kampf und Arbeit.

Am 18. Februar 1858 wurde Wilhelm Schmidt in Wegeleben bei Halberstadt als Sohn einfacher Landleute geboren und erlernte nach dem Besuch der heimatlichen Volksschule zunächst das Schlosser-Handwerk. Zur weiteren Berufsausbildung wanderte er dann nach Dresden, Hamburg und München. Durch ungewöhnliche Geschicklichkeit und Intelligenz bei der Ausführung einiger Arbeiten im Hause des Malers Professor Adolf Ehrhard in Dresden wurde dieser veranlasst, den erst zwanzigjährigen Schlossergehilfen dem damaligen Rektor der Technischen Hochschule, Professor Zeuner zu empfehlen, der ebenso wie sein Kollege Lewicki in freundlichster Weise um die allgemeine und technische Ausbildung Schmidts bemüht war. Aber dieser konnte sich niemals mit komplizierteren Berechnungen und Formeln befreunden und lehnte auch das Anerbieten von wohlgesinnten Freunden ab, die ihm den Besuch einer technischen Schule ermöglichen wollten. Nur durch eigenes Denken erwarb er sich aus den ihm zur Verfügung gestellten Büchern die Fähigkeit, die schwierigsten Probleme auf einfache Faustregeln zu bringen und mit solchen auch die kompliziertesten Aufgaben der Wärmetechnik zu beherrschen.

Mit 25 Jahren machte Schmidt sich in Braunschweig selbständig und stellte sich die Aufgabe, für das notleidende Handwerk einen Kleinmotor zu bauen, der mit einem Gemisch von heisser Luft und Dampf betrieben werden sollte. Es gelang ihm auch, solche Maschinen auszuführen mit einer bis auf 350° gesteigerten Temperatur des Gemisches von Luft und Dampf, dessen Spannung bis auf 80 at erhöht wurde. Die grossen Schwierigkeiten aus mangelhaften Werkseinrichtungen und im Betrieb dieser Motoren steigerten nur seinen Eifer und brachten Schmidt zur Ueberzeugung, dass sich auch reiner Dampf durch hohe Ueberhitzung für den Maschinenbetrieb viel vorteilhafter eignen müsse, weil dabei alle inneren Niederschlagsverluste vermieden werden.

1891 übersiedelte Schmidt nach Kassel, wo nach seinen Vorschlägen die ersten Dampfmaschinen für auf 350° überhitzten „Heissdampf“ von der Maschinenfabrik Beck & Henkel gebaut und durch tüchtige Mitarbeiter so vervollkommen wurden, dass sorgfältige Versuche 1894 bei einer solchen Heissdampf-Verbundmaschine den sehr günstigen Dampfverbrauch von nur 4 1/2 kg/PS.h ergab,

¹⁾ Bd. 77, S. 197, Bd. 78, S. 19, Bd. 79, S. 254, Bd. 83, S. 111.

²⁾ Bd. 79, S. 255 ²⁾ Bd. 77, S. 196.