Vorlesungen über technische Mechanik

Föppl, August

Leipzig, 1900

Versuche mit Haken und Eisenbahnwagen-Kuppelungen.

urn:nbn:de:hbz:466:1-84594

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{Pp}{\Theta} y \tag{116}$$

zu befriedigenden Ergebnissen führt. Diese Gleichung beruht auf der Annahme des Gradliniengesetzes für die Spannungsvertheilung; das zweite Glied gibt die Biegungsspannungen in Uebereinstimmung mit der für den geraden Stab gültigen Gleichung (48) an. Dabei bedeutet hier p den Abstand der Zuglinie vom Schwerpunkte des gefährdetsten Querschnitts, Pp also das Biegungsmoment. Das erste Glied giebt die zu den Biegungsspannungen hinzutretenden Spannungen durch die nach dem Schwerpunkte des Querschnitts verlegt gedachte axiale Belastung P an. Nach der Bernouilli'schen Annahme würde man auf Grund einer sehr viel umständlicheren Rechnung σ erheblich höher finden und dies würde dazu führen, den Haken stärker zu construiren, als wenn man Gl. (116) als gültig ansieht. In der That hat sich aber stets gezeigt, dass die nach Gl. (116) construirten Haken die erwartete Tragfähigkeit nicht nur besassen, sondern sie meist noch überschritten.

Im Jahre 1897 hatte ich für den Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen eine Serie von 22 Eisenbahnwagenkuppelungen auf Festigkeit zu prüfen. Dabei erfolgte der Bruch in 12 Fällen am Haken; in den übrigen Fällen blieb der Haken unbeschädigt und der Versuch wurde durch den Bruch eines anderen Theiles beendigt. Für jene 12 Fälle wurde die Bruchspannung σ nach Gl. (116) berechnet und dabei ergaben sich die folgenden Werthe: 4963; 4390; 4525; 4630; 4624; 5210; 4016; 4430; 4330; 4090; 4280; 4390 atm, oder im Mittel 4490 atm. Vorher waren mit dem Materiale, aus dem die Haken hergestellt wurden, Festigkeitsproben angestellt worden, wonach sich die Zugfestigkeit auf 3610; 3590; 4110; 3326; ? ; ? ; 3735; 4055; 3510; 3610; 3520; 3450 atm stellte. In zwei Fällen fehlen die Angaben; die übrigen 10 liefern im Mittel 3652 atm. Wenn Gl. (116) für den Moment des Bruches genau zuträfe, hätten die Haken demnach schon bei kleineren Lasten brechen müssen, als es thatsächlich der Fall war.

Anstatt, wie es von den Vertheidigern der Berechnung nach der Bernouilli'schen Annahme behauptet wird, zu kleine Werthe, liefert demnach Gl. (116) in Wirklichkeit zu grosse Werthe für die Spannung im Augenblicke des Bruches. Jedenfalls ist aber der Bruch eines Hakens, der nach Gl. (116) unter Zugrundelegung der gewöhnlich als zulässig angesehenen Zugbeanspruchung berechnet wurde, nicht zu befürchten.

Dass die Haken in Wirklichkeit noch etwas grössere Lasten zu tragen vermögen, als sich nach Gl. (116) voraussehen liess, steht übrigens in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, dass auch ein gerader Stab aus Schweisseisen, der auf Biegung beansprucht wird, gewöhnlich etwas grössere Lasten aufzunehmen vermag, als nach der Biegungsformel (48) zu erwarten wäre. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Spannungsvertheilung im Augenblicke des Bruches nicht mehr dem Gradliniengesetze entspricht, sondern etwas günstiger ausfällt, indem sich die weiter nach der Mitte hin liegenden Fasern an der Kraftübertragung stärker betheiligen, wie es durch das Spannungsvertheilungs-Diagramm Abb. 43′ angegeben wird. Man vermag auch leicht einzusehen, was zu einer solchen Spannungsvertheilung Veranlassung gibt. Während nämlich die Belastung des Balkens gesteigert wird, herrscht stets in den äussersten Fasern des gefährdetsten Querschnitts die grösste Spannung. Hier wird daher auch zuerst die Proportionalitätsgrenze und nachher die Fliess- oder Streckgrenze überschritten, während die weiter nach innen zu liegenden Fasern noch unter der Proportionalitätsgrenze belastet sind. Sobald jene Grenze überschritten ist, weichen aber die äussersten Fasern stärker aus, so dass nun die inneren, die noch weniger nachgeben können, mehr zur Lastaufnahme herangezogen werden.

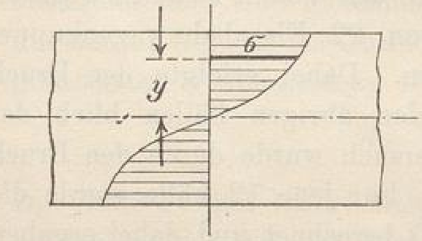

Abb. 43′.

Ueber diese Dinge war man sich wohl von jeher im Klaren. Man hat aber neuerdings in dem von der Stuttgarter Schule gegen mich geführten Kampfe dieselbe Betrachtung nun auch dazu benutzt, die weit stärkere Abweichung der von jener Seite aufgestellten Formel für die Berechnung der Haken von der wirklich beobachteten Bruchlast auf dieselbe Weise zu erklären. Man sagt also, zunächst sei, solange die Proportionalitätsgrenze nicht überschritten ist, die Kantenspannung um etwa 30% grösser, als sie aus der von mir vertheidigten einfachen Formel (116) gefunden wird. Sobald aber bleibende Formänderungen begännen, ändere sich die Spannungsvertheilung ab, so dass nachher die Kantenspannung noch unter den von Gl. (116) gegebenen Werth sinke. Und zwar darf man dann nicht etwa nur dabei stehen bleiben, einen Uebergang der vorher geradlinigen Begrenzung des Spannungsvertheilungs-Diagramms in eine krummlinige nach Abb. 43′ anzunehmen, sondern man muss in diesem Falle, um die Grösse des Unterschiedes zu erklären, zugleich schliessen, dass die Nulllinie des Querschnittes nachträglich sich ebenfalls jener Lage nähert, die aus der linearen Spannungsvertheilung folgt.

Dagegen lässt sich freilich auf Grund der Versuchsresultate kein Einwand erheben. Denn aus einem einfachen Bruchversuche vermag man immer nur auf jene Spannungen zu schliessen, die dem Bruche unmittelbar vorausgingen, und nicht auf jene Spannungsvertheilung, die bei viel niedrigeren Lasten vorgekommen sein mag. Wenn man den Zweck der Festigkeitsberechnungen im Auge behält, darf man aber jedenfalls behaupten, dass es unter allen Umständen genügen muss, die Haken nach der Annahme des Gradliniengesetzes für die Spannungsvertheilung, also nach Formel (116) zu berechnen.

Auf Grund dieser Erwägungen habe ich mich in der ersten Auflage dieses Buches gegen die Berechnung gekrümmter Stäbe auf Grund der Bernouilli'schen Annahme ganz ablehnend verhalten. Inzwischen sind indessen zwei Umstände bekannt geworden, die, wie ich offen bekennen muss, zu Gunsten dieser Annahme sprechen. Zunächst hat Herr v. Bach gusseiserne Bügel von ungefähr der in Abb. 51 (bei der am Schlusse dieses