

Ein wenig beachtetes Stabilitätsproblem

Autor(en): **Schneider, Jörg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **82 (1964)**

Heft 42

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67594>

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.

Ein wenig beachtetes Stabilitätsproblem

DK 624.075

Von **Jörg Schneider**, dipl. Ing. ETH, Zürich

Das in Bild 1 dargestellte System (beispielsweise) bricht zusammen, obwohl jede Stütze so bemessen wurde, dass sie die jeweils auf sie entfallende Last mit dreifacher Knicksicherheit tragen könnte. Die Ursache für dieses unerwünschte Verhalten wird nachfolgend in den Grundzügen dargestellt.

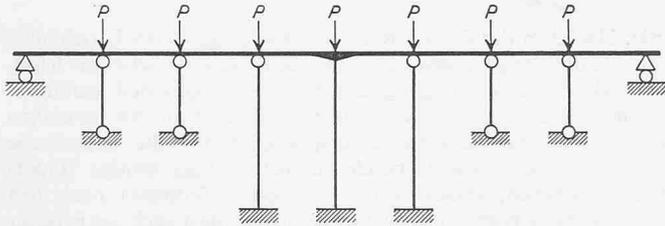


Bild 1

Eine Anzahl von n Pendelstützen der Länge L , sämtliche je mit der Last P belastet, werde durch eine Feder mit der Federkonstanten C am oberen Ende gehalten (Bild 2). Eine Erweiterung des Folgenden auf ungleiche Längen und verschiedene Lasten ist leicht möglich; das Resultat einer solchen Erweiterung wird am Schluss des Aufsatzes mitgeteilt. Im unbelasteten Zustand stehen alle Stützen senkrecht und die in der Feder wirkende Kraft ist null.

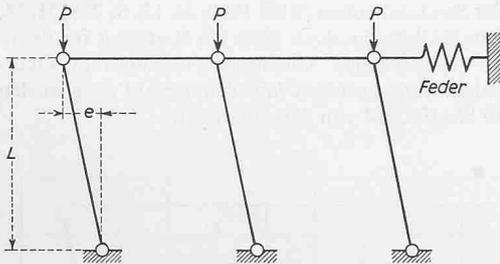


Bild 2

Infolge einer willkürlich angebrachten Stützenkopfauslenkung e (Bild 2) tritt eine Federkraft (rein elastisch)

$$F = C \cdot e$$

auf. Demgegenüber erfordert die Gleichgewichtsbedingung für horizontale Kräfte eine stabilisierende Kraft der Grösse

$$F' = n \cdot P \cdot e / L$$

Solange $F' < F$ ist, kehren die Stützenköpfe nach der Auslenkung in die Ausgangslage zurück, das Gleichgewicht ist stabil. $F' = F$ charakterisiert das indifferente Gleichgewicht. Es muss also $F' \leq F$ sein, damit kein Zusammenbruch des Systems stattfindet. Die Grösse der willkürlich angenommenen Auslenkung fällt heraus (typisch für Eigenwert) und es ergibt sich

$$n \cdot P \leq C \cdot L$$

Die kritische Gesamtlast hängt also von der Steifigkeit der stabilisierenden Konstruktion ab.

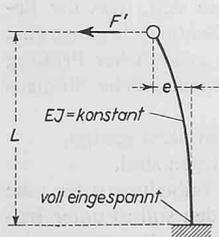


Bild 3

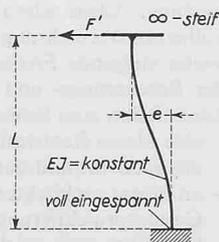


Bild 4

Die Feder wird nun baupraktisch häufig durch eine Anzahl k im Fundament voll eingespannter Stützen der Biegesteifigkeit EJ und der Länge L realisiert (Bild 3). Die Federkonstante dieser k aussteifenden Stützen ist — wie sich leicht angeben lässt — gesamtthaft

$$C = k \cdot \frac{3 EJ}{L^3}$$

Dieser Ausdruck hat formelle Ähnlichkeit mit der *Eulerschen* Knicklast der unten eingespannten Stützen. Diese beträgt für die oben freie Stütze bekanntlich

$$P_E = \frac{\pi^2 EJ}{4 \cdot L^2}$$

Mit diesem Wert wird die Federkonstante

$$C = \frac{k}{L} \cdot \frac{12}{\pi^2} \cdot P_E$$

und wenn man diese in die Stabilitätsbedingung einsetzt

$$n \cdot P \leq \frac{12}{\pi^2} \cdot k \cdot P_E$$

Bemerkenswert ist, dass sich das genau gleiche Resultat ergibt, wenn als versteifende Konstruktion oben und unten gegen Verdrehen gehaltene Stützen (Bild 4) eingeführt werden. Die Belastbarkeit des Systems hängt also von der Summe der *Eulerschen* Knicklasten der k aussteifenden Stützen allein ab.

Bei der vorstehenden Ableitung wurde angenommen, dass die stabilisierenden Stützen nicht belastet seien. Nun sind jedoch auch diese im allgemeinen belastet, z.B. je mit der Last P . Es steht also — in dieser Formulierung verblüffend einfach, doch mit der genauen Theorie vollkommen im Einklang — nicht die ganze rechte Seite der obenstehenden Bedingung als stabilisierend zur Verfügung, sondern, falls das *Hookesche* Gesetz gültig ist, nur die zwischen P und P_E noch verbleibende Spanne, also

$$n \cdot P \leq \frac{12}{\pi^2} \cdot k \cdot (P_E - P)$$

oder

$$\left(n + k \cdot \frac{12}{\pi^2} \right) \cdot P \leq \frac{12}{\pi^2} \cdot k \cdot P_E$$

Um das Ergebnis deutlich hervorzuheben, sei noch $12/\pi^2 \approx 1$ gesetzt, womit sich die letzte Gleichung in einfache Worte kleiden lässt:

In einem aus Pendelstützen und versteifenden Stützen gleicher Länge bestehenden System ist die zum Zusammenbruch führende Gesamtlast gleich der Summe der *Eulerschen* Knicklasten der versteifenden Stützen allein.

Oder, von der anderen Seite her beleuchtet:

Die versteifenden Stützen des Systems müssen so bemessen werden, dass die Summe der *Eulerschen* Knicklasten derselben um den üblichen Sicherheitsgrad grösser ist als die Summe aller am System angreifenden Lasten.

Falls das System ungleiche Stützenlängen und verschiedene Lasten aufweist, dividiert man zunächst die Lasten durch die jeweiligen Stützenlängen, bildet also die Werte

$$p_i = \frac{P_i}{L_i} \quad \text{und} \quad p_{Ej} = \frac{P_{Ej}}{L_j}$$

Hierbei bezieht sich der Index i auf die Pendelstützen und der Index j auf die versteifenden Stützen des Systems. Mit diesen Werten schreibt sich die Stabilitätsbedingung wie folgt:

$$\sum_{i=1}^n p_i + \frac{12}{\pi^2} \cdot \sum_{j=1}^k p_{Ej} \leq \frac{12}{\pi^2} \cdot \sum_{j=1}^k p_{Ej}$$

Wie man hieraus erkennt, sind die häufigeren Systeme mit kurzen Pendelstützen und längeren versteifenden Stützen besonders kritisch.

Erwähnt sei, dass der Faktor $12/\pi^2$ vor den Summen vom Grad der Einspannung der versteifenden Stützen im Fundament (hier volle Einspannung) und vom gegebenenfalls variierenden Trägheitsmoment derselben beeinflusst wird, und dass beim Fallenlassen der Voraussetzung von Stützenkopfgelenken bzw. unendlich-steifen Riegeln, also bei elastischer Einspannung der versteifenden Stützen im Riegel, die Werte p_{E1} der rechten Seite nicht mehr ohne weiteres bestimmbar sind. Auch kann eine anfängliche, unvermeidliche Schrägstellung der Stützen zu einer merklichen Verminderung der Gesamttragfähigkeit des Systems führen.

Dass bisher keine Einstürze aus Missachtung des dargestellten Problems bekanntgeworden sind, liegt wohl insbesondere daran, dass die effektiv aufgetretenen Lasten noch innerhalb der Knicksicherheit der versteifenden Stützen aufgefangen werden konnten. Die Knicksicherheitsmarge ist hierfür aber nicht vorgesehen.

Für den Hinweis auf das behandelte Problem danke ich R. Wolfensberger, Dr. sc. techn., Zürich, herzlich.

Adresse des Verfassers: J. Schneider, dipl. Ing., In der Hub 16, Zürich 6.

Wettbewerb für die Erweiterung der Bündner Kantonsschule in Chur

DK 727.113

Dem Kanton Graubünden und der Stadt Chur stellen sich durch den heutigen Mangel an Schulraum (aber auch infolge teilweisen baulichen Ungenügens) und in Erwartung eines weiteren Anwachsens der Schülerzahl grosse Schulbauaufgaben. Für den Kanton ergab sich die Frage einer Erweiterung der Kantonsschule (Abteilungen Gymnasium, Oberrealschule und Handelsschule) mit oder ohne Beibehaltung des alten Hauptgebäudes. Ferner soll das Konvikt durch einen Neubau ersetzt werden. Darnach verbleibt noch das Problem der zu erweiternden Turnanlagen (Turnhallen). Der Hauptort Chur seinerseits muss nicht nur zwei neue Primarschulanlagen in den äusseren Stadtgebieten erstellen, sondern auch eine neue Gewerbeschule im Daleuquartier (westlich des Bahnhofes). In absehbarer Zeit sollte auch das Projekt einer Töcherschule verwirklicht werden.

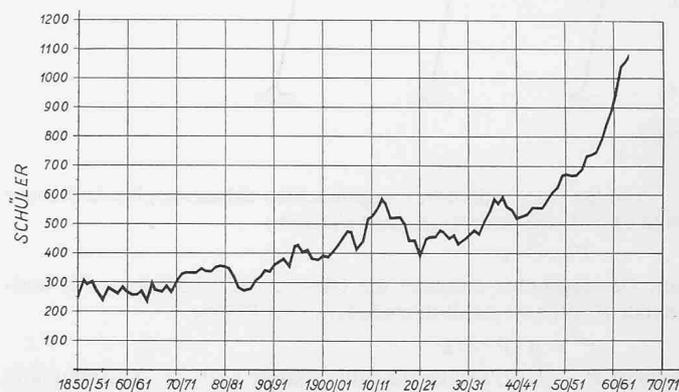
Für die aktuellen Bauvorhaben von Kanton und Stadt wurden allgemeine und beschränkte Wettbewerbe eröffnet und in letzter Zeit teilweise bereits entschieden (Konvikt, Kantonsschule an der Halde, Gewerbeschule). Hinsichtlich der kantonalen Schulbauten hat der Regierungsrat dem Grossen Rat folgende Kreditbegehren beantragt: Konviktneubau 6 700 000 Fr., Kantonsschulneubau 13 800 000 Fr., zusammen 20 500 000 Fr.

Mit dem bereits 1963/64 in Betrieb genommenen Seminarneubau auf dem Areal Cleric «im Sand» (Architekt Andres Liesch, Chur/Zürich) und den auszuführenden neuen Vorhaben wird ein Ausbau der Bündner Kantonsschule erreicht sein, der für diese rühmlich anerkannte Bildungsstätte nach 160 Jahren endlich auch einen würdigen baulichen Rahmen bildet. Er wird auf längere Zeit hinaus den Bedürfnissen der Schule genügen können.

Dieses Bauprogramm nimmt für den finanziell noch nie besonders gesegneten Kanton Graubünden eine Bedeutung an, die eine Rekapitulation der bisherigen Entwicklung (gestützt auf die Botschaft des Kleinen Rates) rechtfertigen mag:

Die Auffassung, dass sich der Staat des Bildungswesens anzunehmen habe, drang erst in der Helvetik durch, in der Zeit, da der Aufgabenkreis des Staates allgemein bedeutend erweitert wurde. Die Schule wurde zum «Politikum». Nach Einführung der Mediationsverfassung für den Kanton Graubünden, welche den Boden für eine neuzeitliche Entwicklung des kulturellen und staatlichen Lebens schuf, wurde neben den Bemühungen um die Förderung der Volksschule der Plan für die Gründung einer allen zugänglichen Landesschule (heute Mittelschule) wieder aktuell, nachdem bereits 1794 Bestrebungen in dieser Richtung bestanden. 1803 genehmigte der Grosse Rat den ihm vorgelegten Kommissionsentwurf für die Errichtung eines «Kantons-Seminariums», d.h. einer kantonalen Mittelschule, «wodurch sowohl zur Erziehung und Bildung öffentlicher Lehrer und Schulmeister für Ortsschulen, als zu sittlicher Bildung und zum Unterricht solcher junger Leute gesorgt würde, die sich dem Handels-, Militär- oder Manufaktur-Stände widmen, oder endlich zu nützlichen Vorstehern ihrer Gemeinden qualifizieren wollen». Nachdem jedoch die katholischen Mitglieder des Rates nicht Hand boten zur Gründung einer paritätischen Schule, kam es schliesslich 1804 zur Schaffung einer evangelischen Lehranstalt in Chur und einer katholischen Kantonsschule im Kloster Disentis. Beide Lehrstätten wurden vom Staat finanziell unterstützt. Die evangelische Kantonsschule fand 1804 Unterkunft im «Buol'schen Haus» (heute Rätisches Museum) und zog 1811 wegen Raumnot in das «Klösterlein Nicolai» in Chur um. Die katholische Kantonsschule wurde 1808 von Disentis nach St. Luzi in Chur verlegt, um 1833 wieder in Disentis weitergeführt zu werden. 1842 zog die Schule erneut nach Chur (St. Luzi), wo 1847 ein Neubau beschlossen

wurde. Nachdem der Grosse Rat dem 1843 eingesetzten Erziehungsrat die Leitung des gesamten kantonalen Schulwesens übertragen hatte, bahnte sich eine Vereinigung der beiden konfessionell geführten Kantonsschulen an. Im Herbst 1850 konnte dann die vereinigte Kantonsschule das neuerbaute, ursprünglich für die katholische Schulfraktion bestimmte Gebäude zu St. Luzi (das heutige Hauptgebäude) beziehen. Dieses wurde zu diesem Zeitpunkt nach den Plänen von Felix Wilhelm Kubli (der wahrscheinlich auch der Erbauer des Churer Zeughauses war) fertiggestellt. Es kostete 77 000 fl., was nach heutiger Währung etwa 130 000 Fr. entspricht. Um die immer wieder entstehende Raumnot zu mildern, erstellte der Kanton 1868 ein Nebengebäude für Chemie- und Physikunterricht und wurde die Bibliothek 1882 in das Rätische Museum verlegt. Schliesslich sollte ein Wettbewerb 1938/1940 eine neue Lösung für die überlastete Kantonsschule erbringen. Das erstprämierte Projekt von Hans Hächler (SBZ, Band 115, H. 10, S. 110, 9. März 1940) rechnete mit Baukosten von $1\frac{1}{4}$ Mio. Franken. Die Ausführung unterblieb wegen des zweiten Weltkrieges. 1955 nahm die stereotype Raumnot alarmierende Formen an. Wohl brachte der Seminarneubau (SBZ 1960, H. 13, S. 228, H. 34, S. 560) eine räumliche Entlastung, doch blieb die Raumnot für die in den alten Gebäuden verbleibenden Abteilungen Gymnasium, Oberrealschule und Handelsschule bestehen (die Schülerzahl stieg in den Schuljahren 1959/60 bis 1963/64 von 859 auf 1092).



Zahl der Schüler an der Bündner Kantonsschule von 1850/51 bis 1963/64

Am 5. November 1962 wählte der Kleine Rat eine Kommission zum Studium der Frage einer Sanierung und des Ausbaus der Kantonsschulgebäude an der Halde. Diese Studienkommission stellte die Dringlichkeit, aber auch den grossen Umfang einer Sanierung eindeutig fest. Besondere Aufmerksamkeit schenkte sie auch der mutmasslichen Entwicklung der Schülerzahl hinsichtlich der Gesamtplanung. Allein schon für die Stadt Chur zeigte sich, dass die Bevölkerungsvermehrung für das nächste Dutzend Schülerjahrgänge eine weiter steigende Frequenz erwarten lässt. Nach gründlicher Prüfung der Erneuerungs- und Ausbaufragen kam die kleinrätliche Studienkommission zum Schluss, dass

- eine blosser Renovation der bestehenden Bauten nicht genügt,
- das Konvikt und das Nebengebäude niederzulegen sind,
- an einem architektonischen Wettbewerb den Teilnehmern für eine Gesamtprojektierung freie Hand geboten werden soll a) unter Beibehaltung (mit gleichzeitiger Renovation), b) unter Beseitigung des Hauptgebäudes,