Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 83 (1965)
Heft: 5

Artikel: Transportbeton
Autor: Stamm, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68082

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 22.11.2024

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

portes darstellt. Am Beispiel eines Laboratoriumsversuches [20] soll die Veränderung der Gerinnesohle und der Sedimentkonzentration dargelegt werden (Tabelle 4).

Es scheint auch, dass die *Froude'sche Zahl* $Fr = v / \sqrt{g \cdot h}$ einen Fingerzeig für den Charakter eines Gerinnes abzugeben vermag. Ergebnisse stehen für Sandmaterialien zur Verfügung. Für folgende Bereiche von *Fr* wurden Gerinne als stabil gefunden[16]):

Laborversuche von P. Ackers [31] (Sand 0,16 mm) $0{,}26 < Fr < 0{,}38$

Laborversuche von R. A. Bagnold [32] $0{,}40 < Fr < 0{,}60$

Naturbeobachtungen und Laborversuche von D. B. Simons und M. L. Albertson [20] (Fein- bis Grobsand) $Fr \leqq 0{,}30$

Für *Fr* grösser als die angegebenen Werte sind für solche Materialien vor allem Ufererosionen zu erwarten. Auch müssen dann Flusskrümmungen gesichert werden. Für kleinere Werte ist mit Auflandungen und einer Verwilderung des Gerinnes zu rechnen. Angaben für grobkörnige Materialien stehen bis heute keine zur Verfügung. Auch scheint, dass die Regime-Gleichungen von T. Blench bzw. dessen Koeffizienten nur Geltung haben für Reynoldszahlen $Re < 8 \cdot 10^6$.

Von grosser Bedeutung ist auch der Nachweis von F. M. Henderson [33], wonach die Regime-Gleichungen (wie in der Einleitung vorausgesetzt) nur für Gerinne mit *voll ausgebildetem Geschiebetrieb* Geltung haben, d. h. dass diejenigen stabilen Gerinne, die sich abgepflästert haben oder bei denen die Schleppkraft nicht genügt, überhaupt Geschiebe zu transportieren, nicht zu den Regime-Gerinnen gezählt werden dürfen [29]. Ebenso zählen an sich stabile Flüsse mit sehr grobkörnigem Geschiebe, bei denen nicht nur die Geschiebeführung, sondern auch der max. Korndurchmesser des transportierten Geschiebes eine Funktion von *Q* ist, nicht zu den eigentlichen Regime-Gerinnen (Wildbäche, z. T. Hochgebirgsflüsse usw.). Für solche Flüsse sind die Koeffizienten und Exponenten der Regime-Gleichungen neu zu bestimmen.

Auf *Materialart und Materialbeschaffenheit* von Gerinnesohle und Ufer ist speziell zu achten. Für den Fall des selben Materials für Sohle und Ufer gelten die Regime-Gleichungen. Ist das Ufermaterial leicht kohärent, das Sohlenmaterial dagegen nicht, so stellen sich geänderte Koeffizienten *A* ein. Sind die Verhältnisse umgekehrt, oder ist gar die Sohle nicht beweglich (erodierbar), so neigt der Fluss zu Mäanderbildung, d. h. die Kurvenerosion wird ausgeprägt und der Fluss verliert den typischen Regime-Charakter. In diese Richtung wiesen auch die Beobachtungen von M. G. Wolman und L. M. Brush [35], die feststellten, dass für Sand oder grobkörnigeres Gerinnematerial (Korndurchmesser $\geqq$ 2,0 mm) jedem Sohlengefälle (Regime-Gleichung für J_s) ein eindeutig bestimmtes Querprofil zugeordnet ist, wohingegen mit zunehmender Feinheit des Sandes sich ein gewisser «Kohäsionseffekt» auszuwirken beginnt, der eine wachsende Unbestimmtheit des Querprofils zur Folge hat; d. h. einem gegebenen Sohlengefälle ist ein Querprofil-*Bereich* zugeordnet[17]).

Die *Geologie* bzw. *Gesteinsart* der Sedimente ist ebenfalls von Bedeutung. L. M. Brush [36] zeigt mit Hilfe von Messungen über das Längenprofil von Flüssen in Pennsylvania, USA, dass der Abrieb je nach Gesteinsart verschieden ist und sich das Sohlengefälle entsprechend einstellt. Seine Gleichungen für das Längenprofil dieser Flüsse lauten:

E	Sandstein	$J_s = 0{,}046 \cdot L^{-0{,}67}$	(d. h. steil)
E	Kalk/Dolomit	$J_s = 0{,}019 \cdot L^{-0{,}71}$	(etwas flacher)
E	Tonschiefer	$J_s = 0{,}034 \cdot L^{-0{,}81}$	(flach)

Die Koeffizienten sind dimensionsgebunden (pound – foot – second, L = Flusslänge in stat-miles; siehe Fussnote [5]).

Zusammenfassend wollen wir festhalten, dass Rücksicht zu nehmen ist auf:

- schwache bzw. starke Sedimentführung. Die Regime-Gleichungen gelten in erster Linie für Sedimentkonzentrationen kleiner 0,5 g/l. Ihre Anwendung auf wesentlich grössere Werte ist vorläufig als Extrapolation zu betrachten (wenig Messdaten) und ist für den zu untersuchenden Fall zu überprüfen.
- die geotechnischen Eigenschaften der Gerinnematerialien (beschränkt auf leicht bis nichtkohärente Materialien).
- die Art des Geschiebetriebes und die Gesteinsart der Geschiebe (Abrieb).
- die Sohlenform, d. h. die Sedimentwellen und die Kornrauhigkeit, welche von Bedeutung sind für die Energieverluste und dadurch für J_s.
- die Froude'sche Zahl, welche Hinweise vermittelt über Fliesscharakter und evtl. Auflandungs- oder Erosionstendenz (Ufer).

Diese Vielfalt der Einflüsse führt dazu, dass im einzelnen Fall die Koeffizienten und Exponenten der Regime-Gleichungen spürbar von den später wiedergegebenen Mittelwerten abweichen können.

(Schluss folgt)

[16]) Neueste Untersuchungen zeigen, dass *Fr* nur im Zusammenhang mit der Sohlenschleppspannung brauchbare Aussagen ergibt.

[17]) Diese Resultate wurden aus Modellversuchen erhalten und gelten sinngemäss für die Natur (die obengenannte Korndurchmessergrenze $\geqq$ 2,0 mm kann sich noch etwas verschieben).

Transportbeton

DK 666.972.002.71

Von **Hans Stamm**, dipl. Ing. ETH, Leiter der Techn. Forschungs- und Beratungsstelle der Schweiz. Zementindustrie, Wildegg

Im Zuge der Rationalisierungsbestrebungen im Bauwesen sind im Laufe der letzten Jahre auch in unserem Lande neue Betonfabriken entstanden. Es handelt sich dabei um vollautomatische Werke, mit Stundenleistung bis zu 120 m³ Fertigbeton, welche auch hohen Qualitätsansprüchen zu genügen vermögen. In letzter Zeit sind folgende Werke eröffnet worden: Kies- und Fertigbetonwerk «Ennerberg» bei Stans, Werk Schlieren der Fertigbeton AG Zürich, Betonfabrik der Kibag AG in Zürich-Wollishofen, Fertigbeton-Fabrik der Beton AG in Volketswil ZH, Werk St. Gallen der Fertigbeton AG St. Gallen. Eine vollständige Liste aller Transportbetonwerke ist als Sonderdruck der Zeitschrift «Hoch- und Tiefbau» erschienen und kann bei der AG Verlag Hoch- und Tiefbau, 8023 Zürich, zum Preise von 3 Franken pro Stück bezogen werden.

Wir legen Wert darauf, die folgenden Ausführungen noch vor der morgen stattfindenden *Transportbeton-Tagung des SVMT* (s. SBZ 1964, H. 49, S. 871) zu veröffentlichen, um nachher auf die gegenüber dem durch Ing. Stamm festgehaltenen heutigen Stand der Frage eventuell von der Tagung zu erwartenden neuen Gesichtspunkte einzugehen. *Red.*

Bei der heutigen Hochkonjunktur, dem damit verbundenen Personalmangel und den rasch ansteigenden Lohnkosten dürfte es jedem klar werden, dass eine Rationalisierung und Automatisierung der Betriebe zur Lebensnotwendigkeit geworden ist. Im Bauwesen bietet die Anwendung des Transportbetons sicher eine hervorragende Möglichkeit zur Einsparung von Personal und zur Begrenzung des Maschinenparks.

In Dänemark errichtete der Bauunternehmer Hindhede 1926 das erste Werk in Kopenhagen. Fast gleichzeitig erfolgte die Einführung des Transportbetons in den USA, wo 1959 rund 45% der gesamten Zementproduktion an Transportbetonwerke geliefert wurden. In England bestanden zu dieser Zeit über 200 Transportbetonwerke und in Schweden etwa 150. In der Schweiz wurde 1934 die Betonfabrik Zürich (nach dänisch-amerikanischem Muster) eröffnet. Bis 1949, als in Basel die Firma Gebr. Stamm ein Transportbetonwerk eröffnete, blieb die Betonfabrik Zürich allein. Seit der Einführung in Basel machte der Transportbeton in der Schweiz verhältnismässig rasche Fortschritte.

Wir unterscheiden bei den Transportbetonwerken grundsätzlich drei Typen:

1. Das sogenannte trockene Verfahren, bei welchem eine Dosieranlage Kies/Sand und Zement in einen Transportmischer abgibt, in welchem entweder bei der Abfahrt des Transportfahrzeuges, meist aber erst auf der Baustelle, das Wasser zugegeben wird und die Mischung auf dem Transportfahrzeug erfolgt.

2. Der Transport mit Agitatoren, bei welchem der Beton im Werk fertiggemacht wird und dann mit birnenförmigen Behältern unter ständigem in Bewegung halten auf die Baustelle gebracht wird.

3. Der Transportbeton mit Kippfahrzeugen, bei welchem der Beton in der Mischanlage fertiggemacht und mit einem normalen Kipplastwagen auf die Baustelle gebracht wird.

Bei der Beurteilung dieser Systeme muss man für den Kunden, d. h. den Bauherrn, die Bauleitung und den Bauunternehmer, zwei Hauptforderungen stellen: 1. Einwandfreie Qualität des angelieferten Frischbetons. 2. Günstige Lieferpreise.

Wenn wir bei den Qualitätsanforderungen davon ausgehen, dass eine exakte Einhaltung der Sieblinie des Kies/Sand-Gemenges und der Zementmenge gewährleistet ist, dann spitzt sich das ganze Problem auf die Einhaltung des geforderten Wasser-Zement-Faktors und einer möglichst guten Homogenität der Betonmischung zu. Beim Transport mit offenem Lastwagen kann die Wasserzugabe nur im Lieferwerk erfolgen, und sie wird daher sicher exakter eingehalten, als wenn sie durch den Chauffeur des Transportmischers bei der Baustelle, wohl gar noch unter Beeinflussung durch Polier oder Maurer, erfolgt. Durch den Einblick in das offene Fahrzeug ist die Steifigkeit des Frischbetons zudem viel besser kontrollierbar. Ein Vorteil des offenen Transportfahrzeuges bietet sich auch in besserer Kontrolle der angelieferten Menge.

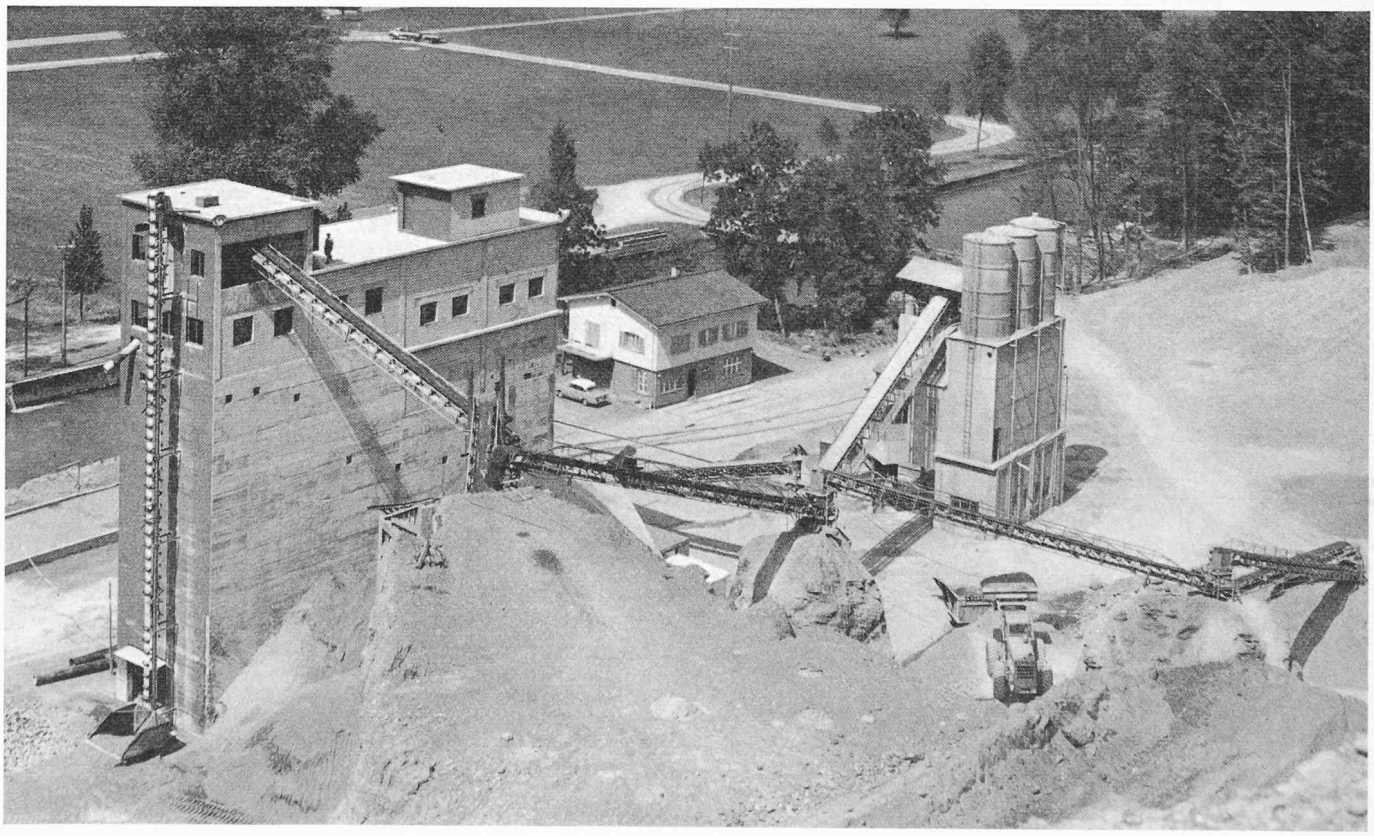
Die Homogenität des Frischbetons bei steifplastischer Konsistenz und Transport mit dem Kipplastwagen ist besser als beim System mit Transportmischern. Das Mischen von trockenem Beton erfolgt durch einen Zwangsmischer viel besser als durch einen Freifallmischer. Die Transportmischer sind aber durchwegs Freifallmischer von 2 bis 4 m³ Inhalt. Auf der Baustelle verwenden wir Transportkübel und Transportgeräte, welche $^1/_{10}$ bis $^1/_2$ m³ Beton fassen. Jeder Fachmann weiss, dass bei der Entleerung eines Freifallmischers in 10 bis 40 Portionen ein wesentlicher Unterschied zwischen den ersten, den mittleren und den letzten Portionen besteht. Versuche haben eindeutig gezeigt, dass beim Transport mit normalem Lastwagen eine Entmischung auch bei 30 km Transportdistanz nicht eintritt und dass Probewürfel nach einem halbstündigen Lastwagentransport durchschnittlich bessere Resultate ergeben haben als Proben, die unmittelbar beim Mischer entnommen wurden. Es ist dies leicht dadurch zu erklären, dass die Gelbildung des Zementes weiter fortgeschritten und daher die Verarbeitbarkeit besser geworden ist, dass aber auch eine kleine Vorverdichtung stattgefunden hat. Diese Erscheinungen sind vom Problem der sogenannten Nachvibration her bekannt.

Die zweite Forderung an den Transportbeton, den *Lieferpreis* betreffend, spricht ganz entschieden zugunsten des Transportes im offenen Fahrzeug. Ein Transportmischer ist ein wesentlich teureres Fahrzeug als ein Kipplastwagen, zudem ist er anfälliger für Betriebsstörungen. Ein Lieferwerk mit Transportmischern muss für die Spitzenkapazität ausgerüstet sein. Erfahrungsgemäss können bei dem wechselnden Ausstoss diese Fahrzeuge daher nur zu rund 30% ausgenützt werden. Der Bauunternehmer oder der Transportunternehmer kann aber seine Lastwagen und damit auch die Chauffeure, wenn er sie nicht für den Betontransport braucht, für andere Arbeiten einsetzen. Im günstigsten Falle ist der Transportpreis pro m³, bei einer mittleren Distanz von rund 5 km, um etwa 6 Fr./m³ billiger als im Transportmischer.

Fertigbetonfabrik St. Gallen, Kommandoraum. Ueberwachung des Betriebsablaufes durch einen einzigen Mann. Links Wasser- und Zementwaagen

Es scheint mir notwendig, auf die wesentlichen Vorteile des Transport- und Qualitätsbetons hinzuweisen, wobei vorausgesetzt wird, dass wir unter Qualitätsbeton einen solchen verstehen, der richtig zusammengesetzt ist und als ganz wesentliches Merkmal eine steifplastische bis erdfeuchte Konsistenz aufweist. Bei diesem niedrigen Wasser-Zement-Faktor erhalten wir eine ausgezeichnete Festigkeit, Wasserdichtigkeit und Frostbeständigkeit. Die Ausschalfristen können wesentlich verkürzt werden, Schwinden und das Kriechen bleiben viel

Kies- und Fertigbetonwerk Ennerberg bei Stans. Links die vollautomatische Kiesaufbereitungsanlage, in der Mitte das Arbeitsgebäude mit automatischer Waage für Lastfahrzeuge, rechts die Beton-Aufbereitungsanlage mit den drei Zementsilos



kleiner, die Sichtflächen werden schöner und die Entmischungsgefahr ist auch bei den kurzen Transporten und Manipulationen auf der Baustelle viel kleiner. Das Vibrieren ergibt eine gute Verdichtung und keine Entmischung wie beim weichplastischen Beton.

Es ist selbstverständlich, dass die Schalungen die nötige Steifheit aufweisen und Vibratoren von guter Leistungsfähigkeit vorhanden sein müssen. Für feingliedrige, stark armierte Konstruktionen sind heute Vibratoren bis zu 25 mm ⌀ und über 20000 Schwingungen pro Minute vorhanden, und diese dünnen Vibratoren sollen auch für die Spezialarbeiten eingesetzt werden. Es ist viel besser, bei einer dichten Armierung einen steifplastischen Beton vom Grösstkorn 15 mm zu verwenden als eine «Suppe» von 30 mm Grösstkorn. Ein Kieskorn von 30 mm ⌀ geht auch mit viel Wasser nicht durch einen 20 mm breiten Spalt zwischen den Armierungseisen hindurch. Im Gegensatz dazu sollen da, wo es mit Rücksicht auf die Abmessungen und weit auseinanderliegende Armierung möglich ist, Korngrössen bis 60 oder 70 mm verwendet werden. Dadurch wird die Qualität des Betons verbessert.

Eine Transportbetonanlage kann heute voll automatisiert mit einem Bedienungsmann betrieben werden. Man kann wohl sagen, dass sie narrensicher funktioniert. Die Einsparung an Investition und Personal ist offensichtlich. Ganz wesentlich ist die Gleichmässigkeit und die sichere Qualität des Betons. Daraus ergibt sich die Gewissheit für den Unternehmer und die Bauleitung, dass die geforderten Betonfestigkeiten unter allen Umständen erreicht werden. Wenn wir offen sind, müssen wir zugeben, dass jeder aus unseren Kreisen schon sorgenvolle Stunden gehabt hat, weil entgegen unseren Weisungen «Suppe» verarbeitet und daher unzureichende Festigkeit erreicht wurde. Beim Transportbeton überlassen wir die Betonherstellung wenigen zuverlässigen Maschinisten und entgehen mit dem Transport durch Lastwagen auch der Gefahr, dass irgend ein Fahrer beim Transportmischer den Wasserhahn zuviel öffnet.

Wenn, wie ich anfangs erklärt habe, in der Schweiz der Transportbeton spät eingeführt wurde, so haben wir das heute nicht zu bedauern, sondern wir sind durch die Beobachtungen im Ausland und durch die fortgeschrittenen Erkenntnisse vor Fehlinvestitionen bewahrt worden. Es ist das dem schweizerischen Qualitätsprinzip entsprechende System eingeführt worden.

Zur Torsion von Stäben mit offenem dünnwandigem Querschnitt

DK 624.07:539.385

Die kürzlich erschienene Schrift von *C. F. Kollbrunner* und *K. Basler* über die Torsion von Stäben mit offenem dünnwandigem Querschnitt[1]) enthält einen grundsätzlichen Fehler, der korrigiert werden muss. Auf Seite 17 steht: «Ferner hat die Dünnwandigkeit zur Folge, dass der St.-Venantsche Torsionsanteil bei der Bestimmung der Torsionsmomente und Stabverdrehungen vernachlässigt werden kann. (Die St.-Venantsche Torsionskonstante K ist proportional der dritten Potenz der Wandstärke)».

Vor etwas über 50 Jahren hat S. Timoshenko erstmals das Problem der gemischten Torsion für Stäbe mit symmetrischem I-Querschnitt gelöst. Diese gemischte Torsion wird denn auch häufig als Timoshenko-Torsion bezeichnet. Ihre Grundform lässt sich in der Form schreiben

$$T = G \cdot J_d \cdot \varphi' - E \cdot C_w \cdot \varphi''',$$

wobei T das Torsionsmoment, $G \cdot J_d$ den Torsionswiderstand nach de St.-Venant, $E \cdot C_w$ den Verwölbungswiderstand und φ den Verdrehungswinkel bedeuten. Wohl ist der Torsionswiderstand an sich klein gegenüber dem Verwölbungswiderstand; da diese beiden Werte aber in der Grundgleichung auf zwei verschiedenen Differentiationsstufen vorkommen, darf der Torsionswiderstand nach de St.-Venant nicht vernachlässigt werden. Die Nichtbeachtung dieses wesentlichen Umstandes ist die Ursache für den Trugschluss Kollbrunner–Basler.

In Bild 1 sind die Normalspannungen aus Biegung und Verdrehung für das in der Schrift Kollbrunner–Basler untersuchte Beispiel (Abb. 6.1 und 6.2) dargestellt[2]), für eine angenommene Länge des Stabes von $l = 8b$ und für den aus der Zeichnung Abb. 6.1 herausgelesenen Wert $F_0 = 0{,}40 \cdot a^2$. Bei diesem durchaus normalen Beispiel werden somit die Grösstspannungen nach Kollbrunner–Basler um rund 95% zu gross erhalten. Eine Methode, die in normalen Anwendungsfällen auf derartig grosse Fehler führt, ist abzulehnen und damit erübrigt es sich auch, auf weitere Einzelheiten der vorliegenden Schrift einzutreten.

F. Stüssi

[1]) *C. F. Kollbrunner* und *K. Basler:* «Sektorielle Grössen und Spannungen bei offenen, dünnwandigen Querschnitten», Mitteilungen der Technischen Kommission, Schweizer Stahlbau-Vereinigung, Heft 28.

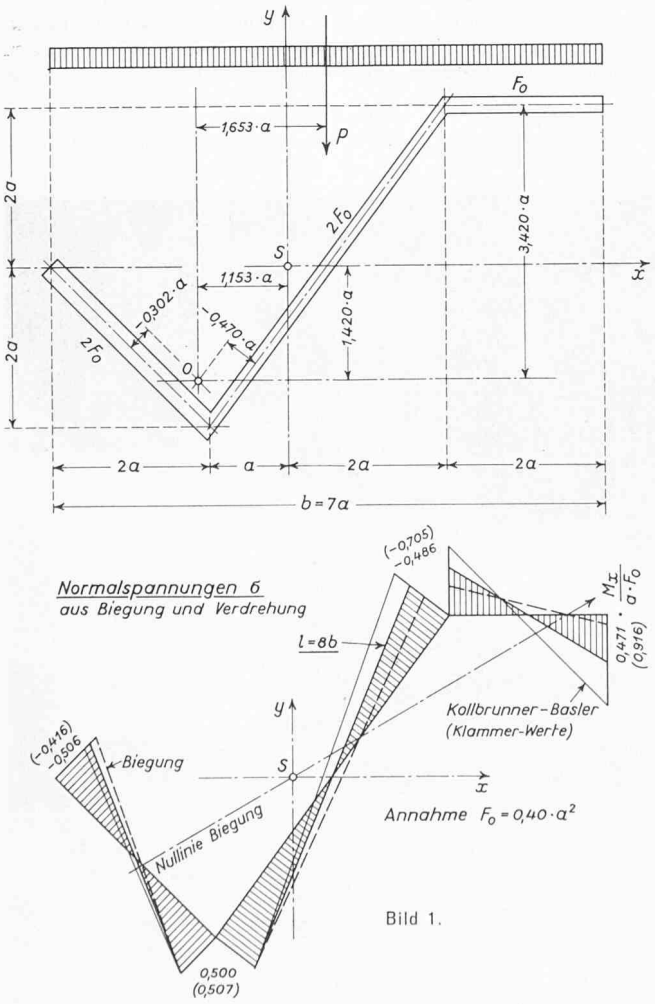


Bild 1.

Replik

a) Die Mitteilungen der Technischen Kommission der Schweizer Stahlbau-Vereinigung

Die Schweizer Stahlbau-Vereinigung hat seit 1962 jährlich ein Heft über Torsionsprobleme von C. F. Kollbrunner und K. Basler herausgegeben (Hefte Nr. 23, 27 und 28). Ein viertes Heft ist in Vorbereitung. Diese vier Publikationen werden eine Einheit bilden. Ihre Gliederung in vier Hefte erklärt sich wie folgt:

Es gibt zwei Torsionsanteile, die hier mit *St.-Venantscher Torsion* (T_s) und *Wölbkrafttorsion* (T_ω) bezeichnet werden. Der erste Anteil am Torsionsmoment ist proportional der ersten Ableitung des Stabdrehwinkels φ nach der Koordinate in Stablängsrichtung, $T_s = GK\varphi'$, der zweite ist proportional der dritten Ableitung, $T_\omega = -EI_{\omega\omega}\varphi'''$. Zusammen halten sie dem angreifenden Drehmoment m_D das Gleichgewicht, was zu nachstehender Differentialgleichung führt:

$$GK\varphi'' - EI_{\omega\omega}\varphi'''' = -m_D$$

Im Heft Nr. 23 ist die Bestimmung der St.-Venantschen Torsionskonstanten K, sowie die Schubspannungsverteilung über den Stabquerschnitt behandelt. Diese Arbeit besteht aus zwei Teilen. Der eine befasst sich mit Vollquerschnitten, der andere mit ein- und mehrzelligen Hohlquerschnitten.

[2]) Ich erlaube mir nach wie vor und im Gegensatz zur Bezeichnungsweise Kollbrunner–Basler, beispielsweise ein um die x-Axe drehendes Moment mit M_x zu bezeichnen und nicht mit M_y. Die Durchrechnung des Beispiels brauche ich wohl nicht weiter darzustellen, da ich die Torsionsberechnung für Stäbe mit offenem Querschnitt seit rund einem Vierteljahrhundert in einer Vorlesung an der Abteilung für Bauingenieurwesen an der Eidg. Technischen Hochschule behandle.