

Biegekapazität von Blechträgern

Autor(en): **Karamuk, Ergun**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **94 (1976)**

Heft 48: **ASIC-Ausgabe**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73203>

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.

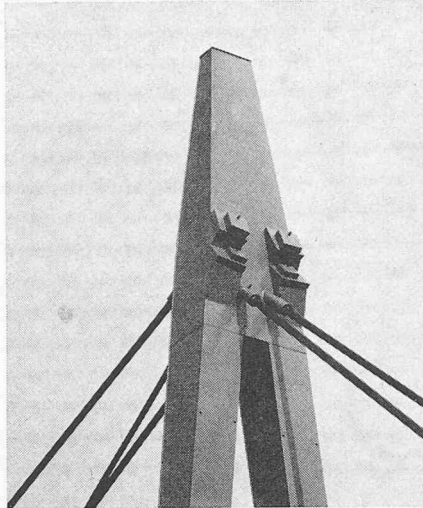
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

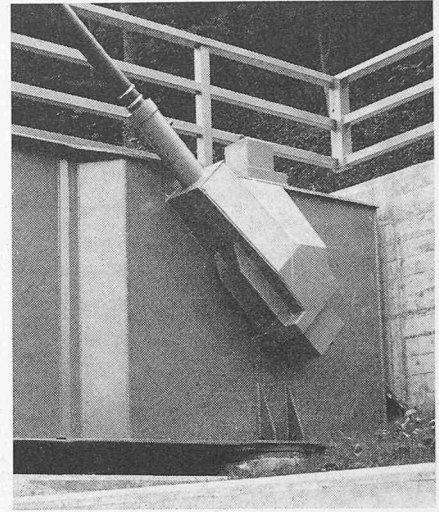
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Kabelverankerung im Feld



Pylonspitze



Kabelverankerung, Widerlager rechts

Konstruktive Probleme und Lösungen

Die Anschlusspunkte, in denen die Seilkräfte in die Hauptträger, den Pylon und die Fundamente eingeleitet werden, gaben recht schwierige Probleme auf. Sie konnten aber zusammen mit der beteiligten Stahlbaufirma gelöst werden. Drei Beispiele mögen dies illustrieren (Bilder 3–8).

Bauvorgang

Nach der Erstellung der Bohrpfähle konnten der Pfeiler und die beiden Widerlager in üblicher Weise gebaut werden. Beim Widerlager rechts wurden die Verankerungskabel von Anfang an einbetoniert. Die Montageplanung sowie die Montage erfolgten durch die Stahlbauunternehmung. Die Hauptträger samt Verbänden wurden auf der linken Flussseite auf einer Rollenzulage zusammengeschweisst. Auf der rechten Flussseite wurde inzwischen das Hauptträgerendstück durch die vertikalen Verankerungskabel eingefahren und provisorisch abgespannt. Dann wurden die beiden Pylonbeine gestellt, die Kabel am Boden in das Kopfstück des Pylons eingezogen, dieses auf die Pylonstiele aufgesetzt und verschweisst. Vom linken Flussufer wurde die querschnittsfertig zusammengebaute Brücke über zwei Absenkböcke in erhöhter Lage eingeschoben. Ein Absenkbock befand sich am linken Uferrand, während der andere auf in Flussmitte gerammten Pfählen aufgesetzt wurde. Nach Beendigung des Einschiebens wurden noch in erhöhter Lage die restlichen Trägerstösse geschweisst, die Ar-

maveronröhren verlegt, das Gegengewicht betoniert und die Schrägkabel in die Aufhängepunkte eingezogen. Durch das Absenken des Hauptträgers wurden die Kabel gespannt. In der Endlage konnten nun die Lager fertig vergossen und die Gehwegkonstruktion versetzt werden. Dann wurden die Höhen der Hauptpunkte und die Kabelkräfte gemessen und ausgeglichen. Am Schluss wurden noch die Kabelhüllen ausinjiziert.

Beteiligte Behörden und Firmen

Bauherrschaft:

Abwasserverband Bremgarten-Mutschellen

Gesamtprojekt, Kanalisationen und Oberbauleitung:

Ingenieurbüro H. Zumbach, dipl. Ing. ETH/ASIC, Aarau

Projekt und Bauleitung Schrägseilbrücke:

Ingenieurbüro E. Studer, dipl. Ing. ETH/ASIC, Zürich

Beratender Geologe:

Dr. H. Jäckli, ASIC, Zürich

Tiefbauarbeiten:

AG für Behälterbau, Bremgarten und Zürich

Stahlbauarbeiten:

Zschokke Wartmann AG, Brugg

Holzbauarbeiten:

Gebrüder Schaufenhühl, Bremgarten

Adresse der Verfasser: H. Zumbach, dipl. Ing. ETH, Segesserweg 6, 5000 Aarau, und E. Studer, dipl. Ing. ETH, Richard Wagner-Strasse 19, 8002 Zürich.

Biegekapazität von Blechträgern

Von Ergun Karamuk, Zürich

DK 624.072.2:539.413

In der künftigen Norm SIA 161 (Stahlbauten) wird das bisherige Konzept des Spannungsnachweises unter Gebrauchslasten aufgegeben, da es nicht imstande ist, eine Aussage über die Tragsicherheit zu machen (Vgl. «Schweiz. Bauzeitung», Heft 47, 1976, S. 706–709). Die Methoden zur Ermittlung der Tragkapazität gewinnen dadurch an Bedeutung.

Unter Tragkapazität versteht man die statische Beanspruchung, der ein Bauteil oder die gesamte Konstruktion gerade noch widerstehen kann. Bei Blechträgern wird zwischen *Biege- und Schubkapazität* unterschieden. Wird ein Trägerquerschnitt gleichzeitig durch grosse Biegemomente und Querkräfte beansprucht, so ist eine *Interaktion* zwischen Biegung und Querkraft notwendig. Die Ermittlung der Schub-

kapazität und die Interaktion erfolgen in der neuen Norm SIA 161 nach den bekannten Methoden, wie sie in [1] dargestellt sind. Die Biegekapazität, die entweder durch die Erreichung der Fließspannung im Flanschschwerpunkt oder durch die Instabilität des Druckgurtes begrenzt ist, soll hingegen an einem Bemessungsquerschnitt ermittelt werden.

Bemessungsquerschnitt

Übersteigt die Tragkraft eines biegebeanspruchten Blechträgers die rechnerisch ermittelte Beullast des Steges, so entzieht sich dieser durch seitliches Ausweichen der Beanspruchung. Die Folge davon ist eine *Zunahme der Druckflanschspannungen*. Diesem Umstand wird in [1] dadurch Rechnung

getragen, dass die zulässigen Druckflanschspannungen im Bereich hoher Stegshlankeiten reduziert werden. Die Reduktion erfolgt mit Hilfe von Abminderungsformeln, die für symmetrische Träger genügend genaue Resultate liefern. Die Anwendung eines Bemessungsquerschnittes nach der neuen Norm SIA 161 mit der Einführung von mitwirkenden Breiten b_e in der gedrückten Stegzone und die Berechnung der Biegekapazität an diesem neuen Querschnitt stellt eine allgemeinere Methode dar.

Wird der Druckflansch aus konstruktiven Gründen schlank ausgebildet, so kann auch hier eine mitwirkende Flanschbreite c_e eingeführt werden, um dem lokalen Beulen, bzw. Verdrehen des Flansches Rechnung zu tragen (Bild 1).

Mitwirkende Breiten

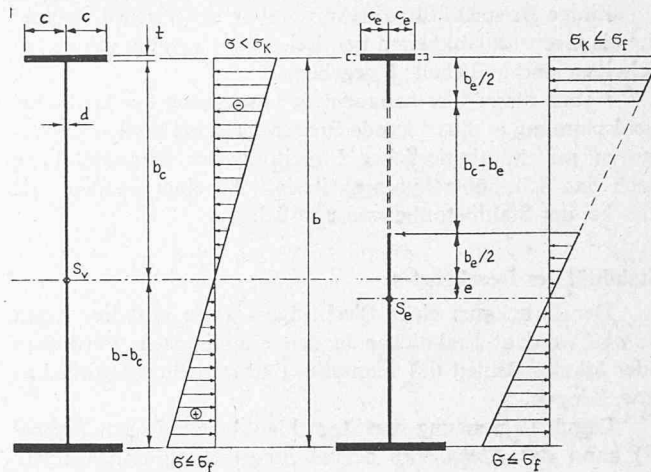
In der neuen Norm SIA 161 wird die mitwirkende Breite b_e einer langen, an den Enden durch Normalkräfte oder Momente beanspruchten, drei- oder vierseitig gelagerten Blechscheibe mit der Breite b als Funktion der bezogenen Schlankheit $\lambda_B = \sqrt{\sigma_f / \sigma_{crB}}$ und der Breite b_c der gedrückten Scheibenzone gegeben:

$$(1) \quad \frac{b_e}{b_c} = \frac{0,9}{\lambda_B}$$

Dabei bedeutet σ_f die Fließspannung und $\sigma_{crB} = \kappa \cdot \sigma_E$ die ideale Beulspannung des Scheibenelementes mit dem Beulwert κ und der Scheibestärke t . Die Breite b wird als Abstand zwischen den theoretischen Schnittgraden der sich stützenden Blechebenen definiert, um die Formel (1) auch bei kaltgeformten, dünnen Blechprofilen mit genügender Genauigkeit anwenden zu können.

Durch Einsetzen von $\sigma_E = \pi^2 E (t/b)^2 / 12 (1 - \nu^2)$ in die Gleichung (1) wird die mitwirkende Breite als Funktion der Scheibenschlankheit b/t angeschrieben. Sie darf bis zur Fließspannung beansprucht werden.

$$(2) \quad b_e = b_c \cdot 0,9 \sqrt{\frac{\kappa \pi^2 E}{12 (1 - \nu^2) \sigma_f} \cdot \frac{t}{b}} = \sqrt{0,73 \kappa} \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_f} \cdot \frac{b_c}{b} \cdot t} \leq b_c$$



Vollquerschnitt Bemessungsquerschnitt

Querschnittsfläche = A_V $A = A_V - (b_c - b_e)d - 2(c - c_e)t$

Trägheitsmoment = I_V $I = I_V - \frac{b_c^2}{4} \frac{A_V (b_c - b_e) d}{A_V - (b_c - b_e) d} - \frac{(b_c - b_e)^2 t}{12}$

$e = \frac{b_c}{2} \frac{(b_c - b_e) d}{A_V - (b_c - b_e) d}$

Bild 1. Bemessungsquerschnitt eines Blechträgers

Bei allseitig gelagerten Scheiben kann die mitwirkende Breite zu gleichen Teilen auf die beiden Seiten der Druckzone verteilt werden.

Wird $b_e = b_c$ gesetzt, so wird aus Gleichung (2) die Grenزشlankheit bestimmt; d.h. diejenige Schlankheit, bei der die ganze Scheibe bis zur Fließspannung als voll wirksam angenommen wird.

$$(3) \quad \frac{b}{t} = \sqrt{0,73 \cdot \kappa} \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}}$$

Ist für die Biegekapazität nicht die Festigkeit, sondern die Instabilität des Flansches massgebend, kann die mitwirkende Breite vergrößert werden, indem in der Gleichung (2) anstelle der Fließspannung σ_f die massgebende kritische Spannung σ_k eingesetzt wird.

Tabelle 1. Mitwirkende Breiten und Grenزشlankheiten

Lagerung und Beanspruchung der Scheibe mit Anwendungsbeispielen	Reduzierter Querschnitt	Beulwert κ	Mitwirkende Breite b_e	Grenزشlankheit b/t für σ_f	St 24/37 (Fe 340)	St 36/52 (Fe 510)
		0,426	$b_e = 0,56 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}} t$	$0,56 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}}$	16	13
		4,0	$b_e = 1,7 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}} t$	$1,7 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}}$	50	40
		7,81	$b_e = 2,4 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}} t$	$2,4 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}}$	70	58
		23,9	$b_e = 2,1 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}} t$	$4,2 \sqrt{\frac{E}{\sigma_f}}$	124	100

Einige Beispiele für die Anwendung der Formel (2) und für die Grenزشlankheiten bei drei- oder vierseitig gelagerten Scheiben sind in Tabelle 1 gegeben.

Neben dieser hier behandelten Umsetzung der kritischen Beulspannung in mitwirkende Breiten muss bei breiten Druckgurten mit kontinuierlicher Einleitung der Stegshubflüsse auch das Schubübertragungskriterium beachtet werden, wie dies bei der Stahlbetonbauweise üblich ist.

Stabilität des Druckgurtes

Der Druckgurt eines Blechträgers kann auf drei Arten *instabil* werden: Einknicken in den dünnen Steg, Verdrehen oder lokales Beulen des Flansches und seitliches Ausknicken bzw. Kippen.

Durch Begrenzung der Stegslankheit b/d nach Formel (4) kann das *Einknicken* des in Stegichtung unbelasteten, geraden Druckflansches in den Steg ausgeschlossen werden.

$$(4) \quad \frac{b}{d} \leq 0,4 \frac{E}{\sigma_f}$$

Das ergibt für St24/37 (Fe360) den Wert $b/d = 360$ und für St36/52 (Fe510) den Wert $b/d = 240$ als maximal zulässige Stegslankheiten. Meistens erfordern Gebrauchsfähigkeits- und Herstellungskriterien kleinere Slankheiten. Gebogene Druckgurte und die Einleitung äusserer Kräfte müssen speziell untersucht werden.

Dem *lokalen Beulen oder Verdrehen des Druckflansches* kann auf zwei Arten begegnet werden, entweder durch die Einführung einer mitwirkenden Flanschbreite $2c_e$ oder mittels Begrenzung der Druckflanschspannung durch die Beulspannung des Flansches.

Meistens ist der dritte Instabilitätsfall, d.h. das *seitliche Ausknicken* bzw. *Kippen des Druckgurtes*, massgebend. In der neuen Norm SIA 161 ist die Tragkapazitätsberechnung von zentrisch belasteten Druckgliedern mit Hilfe der *Europäischen*

Knickspannungskurven durchzuführen. Je nach der Eigenspannungsverteilung über den Querschnitt werden die kritischen Spannungen einer der drei angegebenen Kurven a , b und c entnommen. Dabei gilt die Kurve a für die günstigen Eigenspannungsverteilungen und für eigenspannungsfreie Querschnitte, die Kurve c für die ungünstigen Fälle, wo die Extremfasern unter Druckeigenspannungen stehen, und die Kurve b für die übrigen Fälle. Für das Kippen wird die in [1] angegebene Darstellung gewählt, die die Kippspannung als Funktion von zwei voneinander unabhängigen Anteilen angibt: St.Venantscher Anteil und Wölbanteil.

Ist die Slankheit des Steges *grösser* als die Grenزشlankheit, so wird das seitliche Ausknicken des Druckgurtes als Knicknachweis eines zentrisch gedrückten Stabes durchgeführt. Dabei wird die Gurtslankheit λ am Druckflansch mit dem mitwirkenden Stegstreifen $b_e/2$, jedoch höchstens einem Drittel des gedrückten Stegbereichs $b_e/3$, errechnet. Die kritische Knickspannung σ_K darf der Europäischen Knickspannungskurve a entnommen werden. Bei kleineren Slankheiten als die Grenزشlankheit des Steges kann der St.Venantsche Torsionswiderstand ebenfalls berücksichtigt werden, d.h. der Stabilitätsnachweis wird als Kippnachweis durchgeführt. Ist in der Kapazitätsberechnung die Druckflanschspannung durch die Beulspannung des Flansches begrenzt, darf für das seitliche Ausknicken bzw. Kippen mit der gesamten Flanschbreite gerechnet werden. Wird hingegen eine mitwirkende Flanschbreite $2c_e$ eingeführt, um das lokale Beulen zu berücksichtigen, so muss der Knick- bzw. Kippnachweis ebenfalls mit dieser reduzierten Flanschbreite durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

[1] Vollwandträger, Berechnung im überkritischen Bereich, Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau, Zürich, 2. Auflage 1973.

Adresse des Verfassers: Dr. E. Karamuk, dipl. Ing. ETH, c/o Basler und Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich.

Fussgängerüberführungen in Stahl

Von Hansruedi Signer, St. Gallen

DK 625.712.34

Um den Fussgängern das gefahrlose Überqueren von stark befahrenen Strassen zu ermöglichen, werden in vermehrtem Masse Fussgängerüberführungen gebaut. Für diese Bauwerke ist der Baustoff Stahl aus verschiedenen Gründen bestens geeignet. Folgende *Vorteile* können ins Feld geführt werden:

- geringes Gewicht
- geringe Bauhöhe
- leichte Erscheinungsform
- Vorfabrikation in der Werkstatt inkl. Rostschutz
- kurze, von der Witterung unabhängige Montagezeit.

Aus der fast unbeschränkten Fülle von *Konstruktionsmöglichkeiten* seien nur die am häufigsten verwendeten erwähnt:

- Hauptträger unter der Gehbahn
- Längsträger und Geländer als Vierendeelträger zusammenwirkend
- Geländer als Hauptträger ausgebildet.

Für die Ausbildung der *Gehbahn* bietet sich in neuerer Zeit die Verwendung von *Verbundblechen* an. Meistens können diese Bleche bereits vor der Montage am Tragwerk befestigt werden, so dass nach dem Versetzen eine fertige Arbeitsplattform für das Betonieren der Gehbahn vorhanden ist, die zugleich den unter der Überführung ungehindert fliessenden Verkehr schützt. Die Verschleisschicht wird normalerweise durch einen Gussasphalt- oder Asphaltbetonbelag gebildet.

Als *Rostschutz* kommen folgende Möglichkeiten in Frage:

- Feuerverzinkung (Elementgrösse durch zur Verfügung stehende Bäder limitiert)
- konventionelle Anstriche

Bild 1. Fussgängerüberführung über die Bodensee-Toggenburg-Bahn bei Herisau

