

# Auflager-Bewegungen bei Brücken

Autor(en): **Menn, Christian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 46

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70813>

## **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.

# Auflager-Bewegungen bei Brücken

DK 624.21.094

Von Dr. Christian Menn, dipl. Bau-Ing., Chur

Auflager-Bewegungen entstehen bei der Verformung oder Verschiebung des Brückenträgers infolge äusserer Lasten, Vorspannungen, Schwinden und Temperaturänderung. In der vorliegenden Untersuchung werden nur horizontale Auflager-Verschiebungen betrachtet, die bei längeren, mehrfach gestützten und im Grundriss gekrümmten Brücken erhebliche Kräfte in den Lagern und Stützen auslösen können.

Zur Aufnahme des Querwindes werden die Lager im allgemeinen bei beiden Brückenwiderlagern in einer bestimmten Bewegungsrichtung geführt. Diese Führung hat bei gekrümmten Durchlaufträgern immer Zwängungen zur Folge, die – je nach der Lageranordnung bzw. deren Verschiebungsrichtung – grösser oder kleiner sein können. Das Problem des Konstrukteurs besteht somit darin, die Bewegungsrichtungen der Lager so festzulegen, dass die Zwängungskräfte möglichst klein werden. Die Voraussetzung für die Lösung dieses Problems ist die Kenntnis des Verformungsmechanismus. Obwohl diese Aufgabe relativ einfach und durchaus nicht neu ist, soll sie im folgenden kurz dargestellt werden, da es sich bei der Prüfung von Brückenprojekten immer wieder zeigt, dass der Verformungsmechanismus falsch beurteilt wird.

Die Einflüsse, die die horizontalen Auflager-Verschiebungen verursachen, lassen sich in drei Gruppen zusammenfassen:

1. äussere Lasten, insbesondere Wind und Bremskräfte
2. Vorspannung mit elastischer und plastischer Verformung (Kriechen)
3. gleichmässige Temperaturänderungen und Schwinden.

Betrachtet man ein Element eines im Grundriss gekrümmten Brückenträgers von der Achslänge  $s_o$  und der Breite  $2b_o$  (Bild 1), dann können für Verkürzung und Krümmungsradius folgende Formeln abgeleitet werden:

$$s_{ao} = (R_o + b_o) \varphi_o,$$

$$s_{io} = (R_o - b_o) \varphi_o.$$

Durch Elimination von  $\varphi_o$  folgt hieraus

$$(1) \quad R_o = \frac{s_{ao} + s_{io}}{s_{ao} - s_{io}} \cdot b_o$$

Unter achssymmetrischer Vorspannung beträgt nun die Länge des äusseren Randes

$$s_a = s_{ao} (1 - \epsilon_v)$$

und jene des inneren Randes

$$s_i = s_{io} (1 - \epsilon_v),$$

während die Breite  $b_o$ , von der Querkontraktion abgesehen, keine Änderung erfährt. Damit folgt für den Krümmungsradius

$$(2) \quad R = \frac{(s_{ao} + s_{io})(1 - \epsilon_v)}{(s_{ao} - s_{io})(1 - \epsilon_v)} b_o = \frac{s_{ao} + s_{io}}{s_{ao} - s_{io}} \cdot b_o = R_o.$$

Bei gleichmässiger Temperaturänderung oder Schwinden ergeben sich folgende Werte:

$$s_a = s_{ao} (1 - \omega t),$$

$$s_i = s_{io} (1 - \omega t)$$

und

$$b = b_o (1 - \omega t).$$

Am verformten Element beträgt somit der Krümmungsradius

$$(3) \quad R = R_o (1 - \omega t).$$

Aus dieser Berechnung lässt sich folgende Feststellung über den Verformungsmechanismus ableiten:

1. Äussere Lasten:
  - keine primäre Änderung der Trägerlänge
  - keine primäre Änderung des Krümmungsradius

2. Achssymmetrische Vorspannung, elastische und plastische Verformung (Kriechen):
  - Änderung der Trägerlänge
  - keine Änderung des Krümmungsradius (Querkontraktion = 0)
3. Gleichmässige Temperaturänderung und Schwinden:
  - Änderung der Trägerlänge
  - Änderung des Krümmungsradius (im gleichen Verhältnis wie die Trägerlänge).

Auf Grund der Verformungen der einzelnen Trägerelemente kann nun die Verformung des gesamten Trägers bzw. der Verschiebungsvektor an jedem beliebigen Punkt ohne weiteres bestimmt werden.

Die je nach Trägerform sehr unterschiedliche Verformung infolge achssymmetrischer Vorspannung oder gleichmässiger Temperaturänderung soll an drei Beispielen (Bilder 2, 3 und 4) veranschaulicht werden (Trägerform im Grundriss; Widerlager links fest eingespannt, Widerlager rechts frei verschieblich;  $v$  = Verschiebungsvektor).

Am Beispiel der Bilder 5 bis 8 wird der Berechnungsvorgang an einem einfachen System (im Grundriss gekrümmter Dreifeld-Träger) dargestellt.

Als Grundsystem wird am besten der auf zwei Stützen gelagerte und auf den Widerlagern frei verschiebliche Träger gewählt (Bild 5). Zur Lösung dieses Systems dienen die Gleichgewichtsbedingungen

$$\Sigma H_x = 0; \text{ bzw. } = K_x$$

$$\Sigma H_y = 0; \text{ bzw. } = K_y$$

$$\Sigma M = 0; \text{ bzw. } = M_k$$

( $K_x, K_y$  = äussere Kräfte, zum Beispiel Wind oder Bremskräfte) und die Verformungsbedingung für die Sehne zwischen den beiden Stützpunkten 2 und 3

$$\Delta S = \Delta S_o (1 + \epsilon).$$

Für dieses System (mit der entsprechenden Primärverformung) kann nun der Verschiebungsvektor bei den Widerlagern genau berechnet werden. Die Abweichungen senkrecht zu den Verschieberichtungen betragen  $\delta_1$  und  $\delta_4$ . Im allgemeinen wird die Verschiebung

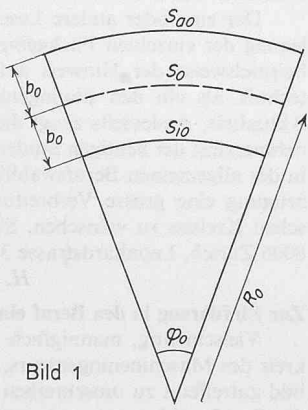
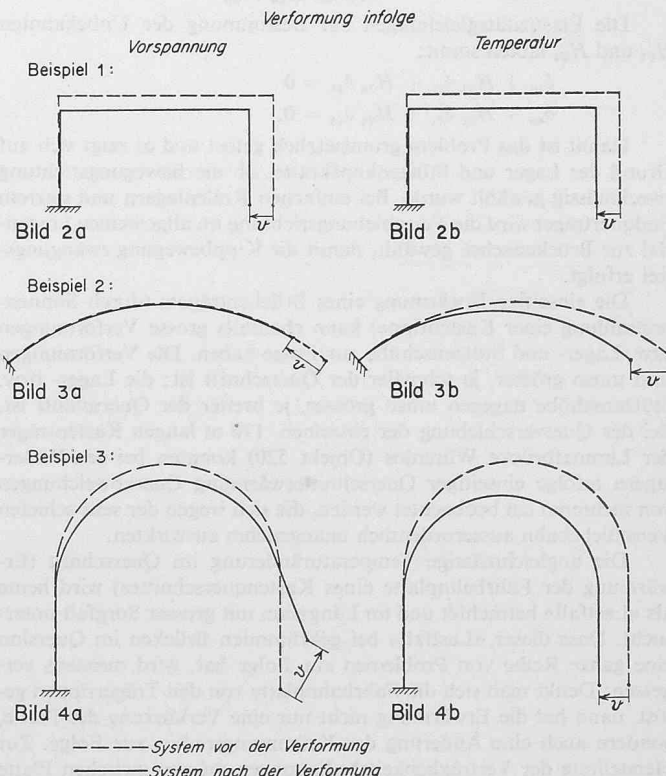


Bild 1



----- System vor der Verformung  
 ——— System nach der Verformung

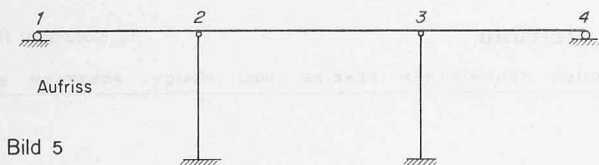


Bild 5

Grundriss



Bild 6

$v$  = Bewegungs-Richtung der Lager auf den Widerlagern

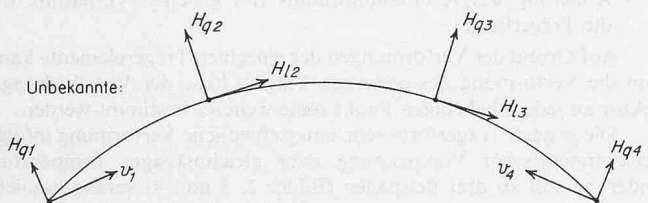


Bild 7

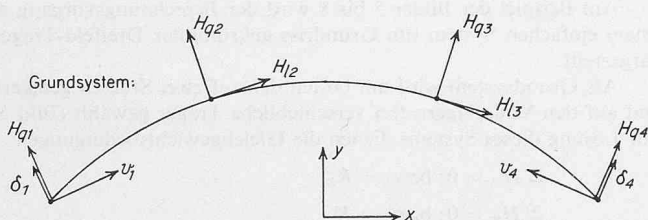


Bild 8

(Überzählige Grössen  $H_{q1}$  und  $H_{q4}$ )

nicht auf den vorgegebenen Verschiebelinien verlaufen, und es sind deshalb bei den Widerlagern die beiden senkrecht zu den Verschiebelinien wirkenden Unbekannten  $H_{q1}$  und  $H_{q4}$  so anzubringen, dass die Verschiebung auf den Widerlagern keine Abweichung von der Verschiebelinie aufweist.

Abweichung am Widerlager 1 infolge  $H_{q1}$  :  $\delta_{11}$   
 infolge  $H_{q4}$  :  $\delta_{14}$

Abweichung am Widerlager 4 infolge  $H_{q1}$  :  $\delta_{41}$   
 infolge  $H_{q4}$  :  $\delta_{44}$

Die Elastizitätsgleichungen zur Bestimmung der Unbekannten  $H_{q1}$  und  $H_{q4}$  lauten somit:

$$\begin{aligned} \delta_{10} + H_{q1} \delta_{11} + H_{q4} \delta_{14} &= 0 \\ \delta_{40} + H_{q1} \delta_{41} + H_{q4} \delta_{44} &= 0. \end{aligned}$$

Damit ist das Problem grundsätzlich gelöst und es zeigt sich auf Grund der Lager und Stützenschubkräfte, ob die Bewegungsrichtung zweckmässig gewählt wurde. Bei einfachen Rollenlagern und starrem Endquerträger wird die Verschiebungsrichtung im allgemeinen tangential zur Brückenachse gewählt, damit die Kippbewegung zwangungsfrei erfolgt.

Die einseitige Erwärmung eines Brückenträgers (durch Sonnenbestrahlung einer Kastenrippe) kann ebenfalls grosse Verformungen bzw. Lager- und Stützenschübe zur Folge haben. Die Verformungen sind umso grösser, je schmaler der Querschnitt ist; die Lager- bzw. Stützenschübe dagegen umso grösser, je breiter der Querschnitt ist. Bei der Querverschiebung der einzelnen, 170 m langen Kastenträger der Limmatbrücke Würenlos (Objekt 520) konnten bei den Widerlagern infolge einseitiger Querschnittserwärmung Querabweichungen von mehreren cm beobachtet werden, die sich wegen der sehr schiefen Verschiebebahn ausserordentlich unangenehm auswirkten.

Die ungleichmässige Temperaturänderung im Querschnitt (Erwärmung der Fahrbahnplatte eines Kastenquerschnittes) wird heute als «Lastfall» betrachtet und im Längssinn mit grosser Sorgfalt untersucht. Dass dieser «Lastfall» bei gekrümmten Brücken im Quersinn eine ganze Reihe von Problemen zur Folge hat, wird meistens vergessen: Denkt man sich die Fahrbahnplatte von den Trägerrippen gelöst, dann hat die Erwärmung nicht nur eine Verkürzung der Platte, sondern auch eine Änderung des Krümmungsradius zur Folge. Zur Herstellung der Verträglichkeitsbedingungen müssen zwischen Platte

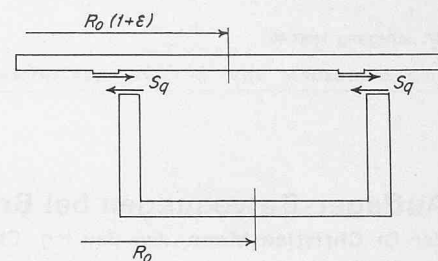


Bild 9

und Rippen Querschubkräfte  $S_q$  wirken, die im Querschnitt Quermomente und im Träger Torsionsmomente auslösen (Bild 9). Analoge Probleme entstehen natürlich auch bei quervorgespannten Fahrbahnplatten gekrümmter Brücken, da die Quervorspannung eine Reduktion der Krümmung der Fahrbahnplatte bewirkt.

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. Ch. Menn, dipl. Bau-Ing., 7000 Chur, Quaderstrasse 18.

## Schriften zum Studium an der ETH

DK 378.962:378.14

**Der Bauingenieur.** Führer für das Studium an der ETH und EPUL. Herausgeber: Akad. Ingenieur-Verein an der ETH, Zürich

Es ist das Verdienst zweier Bauingenieurstudenten an der ETH, den in der Öffentlichkeit leider noch immer zu wenig bekannten Beruf des Bauingenieurs durch eine sehr gut redigierte Schrift darzulegen. In erster Linie soll der Studienführer dazu dienen, den frischgebackenen Studenten ihren Weg zum ersehnten Hochschuldiplom durch Ratschläge zu ebnet und sie gleichzeitig auf die Palette der Möglichkeiten aufmerksam zu machen, die der Beruf des Bauingenieurs nach dem Studium bietet.

In einem ersten Teil werden nach einer Einleitung von Bundesrat R. Bonvin seitens namhafter Schweizer Bauingenieure der Hochschule und Praxis Kurzbeiträge über die einzelnen Berufssparten wie Projektierung, Ausführung, Verwaltung, Wissenschaft und Forschung wiedergegeben. Der zweite Teil ist dem Studienweg an der Hochschule gewidmet und gibt einen Überblick über mögliche Gliederung des Studiums und die einzelnen Fachrichtungen.

Der eine oder andere Leser mag eine etwas ausführlichere Darstellung der einzelnen Fachgebiete als wünschenswert halten. So fehlt beispielsweise der Hinweis auf den Wasserbau und die Abwassertechnik als ein den Bauingenieur verpflichtetes Fachgebiet grosser Aktualität. Andererseits zeugt die vorliegende Publikation vom Unternehmensegeist der heutigen Studentengeneration; sie schliesst eine Lücke in der allgemeinen Berufswahl-Literatur und es ist ihr aus voller Überzeugung eine grosse Verbreitung in studentischen und vorstudentischen Kreisen zu wünschen. Sie ist zum Preis von 1 Fr. beim AIV, 8006 Zürich, Leonhardstrasse 33, zu beziehen.

H. Hofacker, dipl. Bau-Ing. ETH, Zürich

## Zur Einführung in den Beruf eines Maschineningenieurs

Vielschichtig, mannigfach und spannungsvoll ist der Aufgabenkreis des Maschineningenieurs, und es ist nicht leicht, dessen Berufsbild zutreffend zu umschreiben. Dieser Umstand erschwert nicht nur die Berufswahl, sondern bereitet auch dem Studierenden, vor allem in den unteren Semestern, oft Mühe bei der Wahl der zu belegenden Fächer und bei der Beurteilung des gebotenen Stoffes hinsichtlich praktischer Verwendbarkeit.

Um diesem Notstand abzuhelfen, hat die Abteilung für Maschineningenieurwesen der ETH Zürich unter der Leitung des Vorstandes, Prof. Dr. P. Profos, und in Zusammenarbeit mit den Fachprofessoren eine sehr schön gestaltete Schrift herausgegeben, die bezweckt, den vor der Wahl eines akademischen Berufes stehenden Maturanden über Ausbildung, Berufstätigkeit und Berufsaussichten des Maschineningenieurs zu unterrichten. Nach einer einführenden Übersicht über Tätigkeit und Stellung des Ingenieurs werden zunächst die Ausbildungsmöglichkeiten an der ETH Zürich und anschliessend die da vertretenen Hauptgebiete besprochen. Am Schluss finden sich Hinweise auf die Weiterbildung nach dem Diplomabschluss an der Hochschule sowie für die Weiterbildung in der Praxis.

Die überaus wertvolle Schrift, zu deren Druckkosten die ETH, der Arbeitgeberverband Schweizerischer Maschinen- und Metallindustrieller sowie der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein namhafte Beiträge geleistet haben, kann kostenlos beim Vorstand der Abteilung für Maschineningenieurwesen (8008 Zürich, Sonneggstrasse 3) bezogen werden.

A. O.