

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	115/116 (1940)
<b>Heft:</b>	17
<b>Artikel:</b>	Zur Berücksichtigung der Reibungskräfte in Brückenauflagerungen
<b>Autor:</b>	Perl, H.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-51267">https://doi.org/10.5169/seals-51267</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

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

**INHALT:** Zur Berücksichtigung der Reibungskräfte in Brückenauflagerungen. — LANCIA-ARDEA, ein neuer Kleinwagen. — Ist der Zürichsee noch ein Trinkwasser-Reservoir? — Die Meinung des Werkbundes. — Gemeindehaus in Zollikon (Zürich). — Mitteilungen: Zellwolle, Lanital und Nylon. Luftbremsen an Flugzeugen. LA-Plastiken in der Stadt Zürich.

Bernische Gartenbauschule Oeschberg-Koppigen. 75 Jahre Dickerhoff & Widmann K.G. Berlin. Dieselelektr. Lokomotive Am<sup>4</sup> der SBB. — Wettbewerbe: Gewerbeschulhaus auf dem Sandgrubenareal in Basel. Sgraffito an der östlichen Giebelwand der kant. Turnhallen in Zürich. — Nekrolog: Paul Niethammer. — Mitteilungen der Vereine. — Vortrags-Kalender.

Der S.I.A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 17

## Zur Berücksichtigung der Reibungskräfte in Brückenauflagerungen

Von Dipl. Ing. H. PERL, Ingenieurbureau Simmen & Hunger, Chur

In den Normen vom 14. Mai 1935 (S.I.A. Nr. 112) ist gemäss Art. 23 die Reibungskraft  $R$  der Rollenlager in Prozenten des ohne Stosszuschlag ermittelten Auflagerdruckes  $A$  zu setzen:

$$R = 6000 \frac{A_0}{H_b d} \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

$A_0$  den in  $t$  auf den cm der Rolle entfallenden Auflagerdruck  
 $d$  den Rollendurchmesser in cm  
 $H_b$  die Brinellhärte in kg/mm<sup>2</sup>

Nach Art. 47 der Normen ist für normalen Flusstahl die Mindesthärte  $H_b = 100$  kg/mm<sup>2</sup>, nach Art. 49 für Stahlguss  $H_b = 110$  und nach Art. 52 für hochwertigen Stahlguss und für geschmiedeten Stahl  $H_b = 180$  kg/mm<sup>2</sup>.

Bei Linienlagerung ist die Pressung nach der Formel

$$\bar{\sigma} = 0,59 \sqrt{\frac{A \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)}{l \left( \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)}} \quad (2)$$

zu rechnen (Art. 69).

Bei gewöhnlicher Ausbildung der Stahlager (Abb. 1) ist  
 $r_1 = r$  und  $r_2 = \infty$ ,  $E_1 = E_2 = E$

Damit wird

$$\bar{\sigma} = 0,59 \sqrt{\frac{A E}{2 l r}} = 0,59 \sqrt{\frac{A E}{l d}}$$

und daraus:

$$d = \frac{0,59^2 A E}{l \bar{\sigma}^2} = 0,3481 \frac{A E}{l \bar{\sigma}^2} \quad (3)$$

Setzt man den Wert (3) in (1) ein, so folgt

$$R = 17200 \frac{\bar{\sigma}^2}{H_b E} \quad (4)$$

und da für Stahlguss zulässig:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma} &= 7,0 \text{ t/cm}^2 \\ E &= 2150 \text{ t/cm}^2 \\ H_b &= 110 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

so ist

$$R = 17200 \frac{49}{110 \cdot 2150} = 3,6 \%$$

Als Horizontalkraft  $H$  ist demnach bei Stahlgussrollenlager zu setzen

$$H = 0,036 A \quad (5)$$

Bei Verwendung von Betonquadern mit Bleizwischenlagen (Abb. 2) wird die Reibung wesentlich grösser. Bei einer sehr kleinen Verschiebung schon, z.B. nach rechts in Richtung der Brückennaxe, muss sich das Pendel drehen, sodass sich der Durchgangspunkt der Auflagerkraft  $A$  bei der oberen Bleiplatte nach links, bei der unteren nach rechts verschiebt.

Dadurch entsteht ein Moment und aus Gleichgewichtsgründen eine Horizontalkraft  $H$ . Diese kann je nach der Höhe des Pendels und je nach der Breite der Zentrierplatten sehr wohl 5 bis 7% von  $A$  betragen.

Für Gleitlager endlich ist nach Art. 23 der Normen zu setzen:

$$H = 0,20 A \quad (6)$$

Im Folgenden soll nachgewiesen werden, dass bei verhältnismässig schlanken Pfeilern und auch bei Widerlagern bei Berücksichtigung des elastischen Verhaltens von Pfeiler und Baugrund, selbst bei Einbau von nur festen Lagern die Horizontalkraft nicht grösser wird als die vorschriftmässige Reibungskraft der Lager.

Zur Ermittlung des elastischen Verhaltens eines Pfeilers ist die Nachgiebigkeit des Schaftes und des Baugrundes infolge des Kraftangriffes zu berücksichtigen. Das Fundament selbst kann als starr vorausgesetzt werden. Beachtet man die in Abb. 3 eingeführten Bezeichnungen, so ergibt sich die Horizontalverschiebung des Pfeilerkopfes infolge einer Horizontalkraft  $H$  wie folgt:

a) infolge der Elastizität des Schaftes:

$$\delta' = \frac{1}{E J 3} H \quad (7)$$

$E$  = Elastizitätsmodul des Materials,  
 $J$  = Trägheitsmoment des Pfeilerquerschnittes.

b) infolge der Elastizität des Baugrundes: Bezeichnet man mit  $p$  die vom Fundament auf den Baugrund ausgeübte Pressung, mit  $y$  die infolge dieser Pressung entstehende elastische Eindrückung des Baugrundes, so wird

$$k = \frac{p}{y} \quad (8)$$

allgemein als Bettungsziffer ( $t/m^3$ ) bezeichnet. Es ist dann

$$p = k y, \quad y = \frac{p}{k}$$

Eine Horizontalkraft  $H$  ergibt im Schwerpunkt der rechteckigen Grundrissfläche

$$M = H h$$

Die Pressung an der Fundamentkante ist

$$p = \frac{3}{2} \frac{H h}{b a^2}$$

Die Eindrückung an der Fundamentkante ist

$$y_a = \frac{p}{k} = \frac{3 H h}{2 b a^2 k}$$

Daraus folgt der Drehwinkel des Fundamentes

$$\gamma = \frac{y_a}{a} = \frac{3}{2} \frac{H h}{b a^3 k}$$

und die Verschiebung des Pfeilerkopfes

$$\delta'' = \gamma h = \frac{3}{2} \frac{H h^2}{b a^3 k} \quad (9)$$

Die Gesamthorizontalverschiebung des Pfeilerkopfes ist

$$\delta = \delta' + \delta'' = \frac{1}{3 E J} H h^3 + \frac{3}{2} \frac{H h^2}{b a^3 k} = H \left( \frac{h^3}{3 E J} + \frac{3}{2} \frac{h^2}{b a^3 k} \right)$$

daraus

$$H = \frac{\delta}{\frac{h^3}{3 E J} + \frac{3}{2} \frac{h^2}{b a^3 k}}$$

Setzt man  $h = c h'$ , so wird

$$\delta'' = \frac{3}{2} \frac{H c^2 h'^2}{b a^3 k} = \frac{1}{3} \frac{H h'^3}{2 b a^3 k h'} = \frac{1}{3} \frac{H h^3}{E J'}$$

Damit ist der Ausdruck für  $\delta''$  auf die gleiche Form wie jener für  $\delta'$  gebracht. Für das ideelle Trägheitsmoment  $J'$  ist dabei zu setzen:

$$J' = \frac{2}{9} \frac{b a^3 k h'}{c^2 E} \quad (10)$$

Die Gesamtverschiebung wird somit:

$$\delta = \frac{1}{3} \frac{H h^3}{E} \left( \frac{1}{J} + \frac{1}{J'} \right)$$

Da anderseits die Verschiebung  $\delta$  die bei symmetrischer Ausbildung der Brücke von der Mitte aus erfolgende Ausdehnung oder Verkürzung infolge von Temperaturänderung und Schwinden (bei Beton) ist,  $\delta = \varepsilon t \frac{L}{2}$  folgt aus der Gleichsetzung der

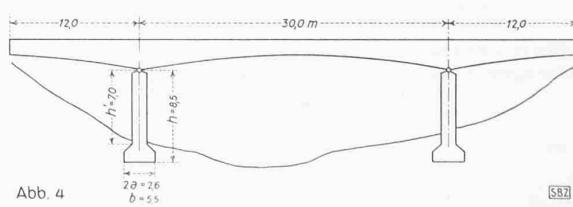


Abb. 4

beiden Ausdrücke für  $\delta$  schliesslich:

$$H = \frac{3 E \varepsilon t L}{2 h^3 \left( \frac{1}{J} + \frac{1}{J'} \right)} \quad (11)$$

Hierbei ist vorausgesetzt, dass zwischen Ober- und Unterbau keine gegenseitige Verschiebung auftreten kann.

Um einen zahlenmässigen Vergleich zwischen der Reibungskraft  $R$  und der aus dem elastischen Verhalten der Fundamente errechneten Horizontalkraft  $H$  zu haben, sind im Folgenden zwei Beispiele durchgerechnet.

**1. Beispiel.** Eisenbetonbrücke mit einem Mittelfeld von 30,0 m und zwei Kragarmen von je 12,0 m Länge (Abb. 4). Auf beiden Pfeilern sind feste Lager vorgesehen.

Auflagerkraft der Brücke ohne Stosszuschlag	$A = 200 \text{ t}$
Pfeilergewicht . . . . .	$= 70 \text{ t}$
Fundamentgewicht . . . . .	$= 50 \text{ t}$
$N = 320 \text{ t}$	

Die Abmessungen des Pfeilers sind entsprechend den in Abb. 3 gewählten Bezeichnungen:

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{2} \cdot 2,60 = 1,30 \text{ m} \\ b &= 5,5 \text{ m} \\ h' &= 7,0 \text{ m}, h = 8,5 \text{ m} \\ c &= 8,5 : 7,0 = 1,22 \\ E \text{ des Pfeilerbetons} &= 1500000 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Als Bettungsziffer werden in der Literatur Werte von 1000 bis 16000 t/m<sup>3</sup> angegeben. Der niedrige Wert gilt für sehr nachgiebigen, schlechten Baugrund, der hohe für festen Fels. Für normalen Baugrund kann 4000 bis 10000 t/m<sup>3</sup> gesetzt werden; für das Beispiel soll  $k = 6000 \text{ t/m}^3$  gewählt werden.

Pfeilerquerschnitt 1,0/4,8 m

$$J = \frac{1}{12} 4,8 \cdot 1,0^3 = 0,300 \text{ m}^4, \frac{1}{J} = 3,33$$

$J'$  nach Formel (10)

$$J' = \frac{2 \cdot 5,5 \cdot 1,3^3 \cdot 6000 \cdot 7,0}{9 \cdot 1,22^2 \cdot 1500000} = 0,0505 \text{ m}^4, \frac{1}{J'} = 19,80$$

$$\frac{1}{J} + \frac{1}{J'} = 23,13$$

Damit folgt nach Formel (11)

$$H = \frac{3 \cdot 1500000 \cdot 0,00001 \cdot 30,0}{2 \cdot 343 \cdot 23,13} = 0,085 \cdot t$$

Für Temperatur ist im Maximum zu setzen  $20^\circ$   
für Schwinden . . . . .  $20^\circ$   
zusammen  $t = 40^\circ$

Damit wird  $H = 0,085 \cdot 40 = 3,4 \text{ t}$ .

Die auftretende Horizontalkraft ist demnach kleiner als die selbst für Stahlager einzusetzende Reibungskraft  $R$ . Bei einem Untergrund mit der Bettungsziffer  $k = 10000 \text{ t/m}^3$  würde  $H$  erst den Wert 5,2 t erreichen, während die vorschriftsmässige Reibungskraft nach (5) 7,2 t beträgt.

**2. Beispiel.** Widerlager einer mittels Gleitlager auf ihm ruhenden Brücke von 10,0 m Stützweite (Abb. 5). Aus den in Abb. 5 eingetragenen Gewichten, Lasten und Seitenkräften errechnet man:

$$\begin{aligned} N &= 122 \text{ t} \\ M &= 34,1 \text{ mt} \end{aligned}$$

Bodenpressung: max  $p = 18,7 \text{ t/m}^2$   
min  $p = 0,7 \text{ t/m}^2$

Setzt man voraus, dass auf beiden Widerlagern feste Lager angeordnet werden, und dass die Widerlager als starre Körper aufgefasst werden können, so ergibt sich bei Berücksichtigung der Nachgiebigkeit des Untergrundes nach (9):

$$\delta = \frac{3}{2} \frac{H h^2}{b a^3 k}$$

und daraus

$$H = \frac{1}{3} \frac{b a^3 k \varepsilon t L}{h^2}$$

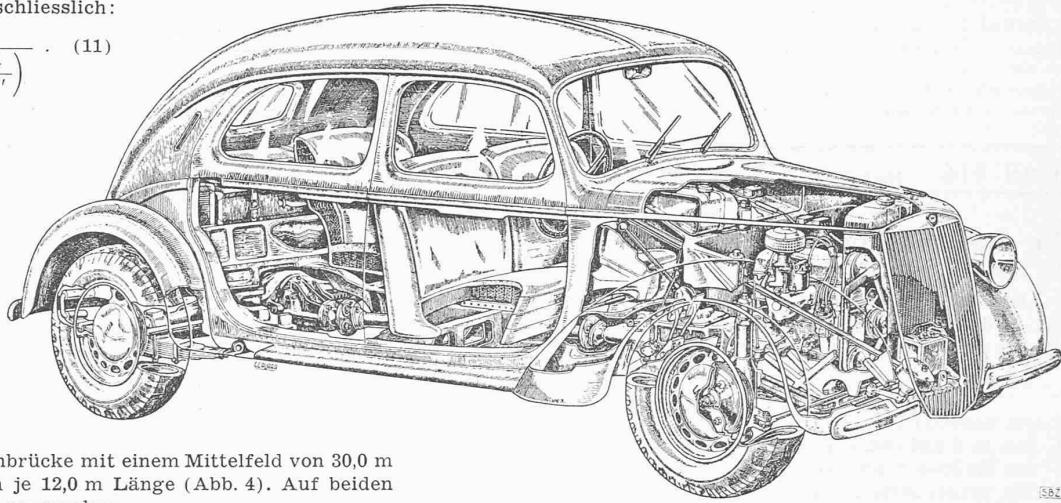


Abb. 1. Lancia-Ardea mit 5 PS-Vierzylinder-V-Motor, Limousine, vierplätzige, viertürig, mit pfostenloser Ganzstahlkarosserie

Für die vorliegenden Abmessungen und ausserdem  $k = 4000 \text{ t/m}^3$  und  $t = 40^\circ$  ergibt sich:

$$H = \frac{7,0 \cdot 0,9^3 \cdot 4000 \cdot 0,00001 \cdot 40 \cdot 10,0}{3 \cdot 9,0} = 3,02 \text{ t}$$

Das massgebende Moment in Bezug auf den Schwerpunkt  $m$  der Grundfläche vermindert sich demnach um  $M = (8,40 - 3,02) \cdot 3,0 = 16,2 \text{ mt}$  und die Kantenpressung um  $p = 4,3 \text{ t/m}^2$

Die Kantenpressung ist demnach nur

$$p = 18,7 - 4,3 = 14,4 \text{ t/m}^2$$

Da 2,0 kg/cm zulässig sind, könnte das Widerlager mit kleineren Abmessungen ausgeführt werden. Sollten die Widerlager erst nach Erstellung des Ueberbaues hinterfüllt werden, d. h. sorgt man dafür, dass der Erddruck, gleich wie die Horizontalkraft bei den Widerlagern, erst nachträglich wirksam wird, so könnte ein noch günstigerer Zustand und damit weitere Ersparnisse erzielt werden.

**Schlussfolgerung.** Bei Anordnung von nur festen Lagern ergeben sich oft bei Berücksichtigung der elastischen Nachgiebigkeit der Pfeilerschäfte und namentlich des Baugrundes Horizontalkräfte, die kleiner sind als die vorschriftsmässig einzusetzenden Reibungskräfte der Lager. Das gilt besonders für Pendelquader aus Beton und Gleitlager. Dadurch kann sowohl an den Lagern als auch an den Pfeilern und Widerlagern eingespart werden.

### LANCIA-ARDEA, ein neuer Kleinwagen

Von Dipl. Ing. MAX TROESCH, Zürich

Dieses Jahr sind wir mit neuen Automobilmodellen nicht verwöhnt worden. Von den Amerikanermarken wurden nur wenige Wagen importiert oder in der Schweiz montiert und zudem ist dabei kein einziger Typ als vollständig neu zu bezeichnen, indem einfach die 1939er Ausführungen verfeinert wurden. Das selbe gilt von den europäischen Marken mit Ausnahme von Lancia, dessen Typ «Ardea» eine totale Neukonstruktion bedeutet (Abb. 1).

Ardea ist der kleinste Wagen, den Lancia je gebaut hat, aber er folgt der typischen Lancia-Tradition, die vom Modell Lambda (1923) bis zur Aprilia genügend bekannt ist: selbsttragende Carrosserie, Motor mit vier Zylindern in enger V-Stellung, unabhängige Vorderradaufhängung mittels vertikaler Kolben und Zylinder, die zugleich Feder und Stoßdämpfer einschliessen und das Rad genau vertikal durchfedern lassen.

Nach der üblichen Lancia-Praxis ist der 5 PS Vierzylindermotor (Abb. 2 und 3) in V-Form mit sehr kleinen Winkel ausgeführt, sodass die Zylinder gestaffelt, eng aneinander gebaut, und dadurch die Wärmeverluste auf einem Minimum gehalten werden können. Sehr interessant ist die Art, wie die Ventile in den halbkugelförmigen Kompressionsräumen (Kompressionsverhältnis 1:6) durch eine einzige oben liegende Nockenwelle gesteuert werden (Abb. 4). Die Form des Verbrennungsraumes verlangt stark geneigte Ventile. Beim Aprilia sind diese durch ein kompliziertes System von Kipphebeln und Stosstangen betätigt, während hier auf die letztgenannten verzichtet werden konnte; auch können die Zündkerzen viel zugänglicher angeordnet werden. Da die Schwinghebelachsen nicht parallel zur Nockenwelle verlaufen, ergeben sich zwischen den Nocken und den aufliegenden Hebeln kleine Querbewegungen, die jedoch zu folge des kleinen Nockenhubes kaum nachteilig sein dürften.

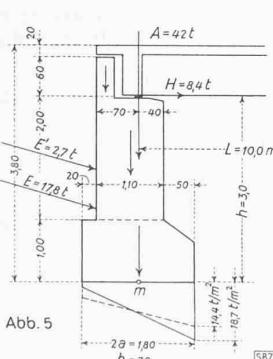


Abb. 5