**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 119/120 (1942)
**Heft:** 25

**Artikel:** Sind Flanschen hoch beansprucht?
**Autor:** Schnyder, O.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-52383

**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:** 04.01.2026

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

Formeln ausgegangen ist, wobei die gegenständliche Theorie den Vorzug weit grösserer Uebersichtlichkeit und leichter zeichnerischer Darstellung voraus hat, abgesehen davon, dass sie sich weitgehend auf Versuchresultate stützen kann. Dass die Bildung und die Wirkung dieses Pufferkissens in gewissem Rahmen beeinflusst werden kann, ist bereits mit der Andeutung der Regulierung der Gleitfestigkeit der Schienen auf den Schwellen vorerst berührt worden. Wie aus dem Spannungsdiagramm ersichtlich, ist die Grösse $a = f(\Delta T)$ darin als Kraft dargestellt und fügt sie sich ohne weiteres in unsere Formeln ein anstelle von $P_z$ bzw. additiv dazu. Sie wird aber erst bei extremen Temperaturen mit einem Wert auftreten, der nicht mehr vernachlässigt werden darf.

Es dürfte klar sein, dass der Entwurf eines Langschienen-Geleises eine sorgfältige, in alle Einzelheiten gehende Berechnung erfordert, wobei die spezifisch eigenen Verhältnisse des betreffenden Bahnnetzes oder der Bahnstrecke in Bezug auf Gefäll- und Kurvenverhältnisse, Charakter des Oberbaues und Unterbaues, Verkehrsbelastung, Klima usw. eine ausschlaggebende Rolle spielen für die Bestimmung der anzuwendenden Länge $2L$ der Langschienen. Es wurde deshalb vom Verfasser der weitere Begriff der *virtuellen Länge* der Langschiene geprägt, die jedem Bahnnetz oder jeder grösseren Bahnstrecke von einheitlichem Charakter eigen ist. Sie ist diejenige Länge der Langschiene, für die alle für die projektierte Linie mitspielenden und in Betracht zu ziehenden Faktoren sich in der günstigsten Konstellation auswirken.

Wie schon oben angedeutet, handelt es sich nun in erster Linie darum, den Exponenten $\varepsilon$ einwandfrei für die verschiedenen Arten von Oberbau durch Versuche und Beobachtungen festzustellen, desgl. auch die Grösse $a = f(\Delta T)$. Die Untersuchung der Reaktion der Langschiene auf die Temperatur-Wechsel, sowie die Theorie des Schienenstosses sind weiteren Aufsätzen vorbehalten.

---

## Sind Flanschen hoch beansprucht?

Von Ing. Dr. O. SCHNYDER, Ges. der Ludw. von Roll'schen Eisenwerke, Eisenwerk Klus

In vielen Fällen bewähren sich bereits schwache Flanschen, während sich in anderen Fällen starke als ungenügend erweisen. Es ist so nicht zu verwundern, dass die Auffassungen über die Beanspruchung der Flanschverbindungen auseinander gehen.

Spannungsmessungen erlauben eine interessante Feststellung. Bei nicht hinterdrehten Flanschen weist die Uebergangskehle zum Rohr oft Druckspannungen auf. Es sind die an der Flanschentrennfläche wirkenden Stützkräfte und der innere Leitungsdruck, die diese Beanspruchung herbeiführen. Vergleichen wir nach Abb. 1 und 2 einen abgestützten und einen hinterdrehten Flansch, so ergibt sich, wenn $S$ die Schraubenkraft, $A$ die Rohraxialkraft und $Z$ die Stützkraft bezogen auf 1 cm des Rohr-Umfanges $2r\pi$ bedeuten für die erste Flanschart ein äusseres Biegemoment von

$$M_A = A\,a - (S - A)z = A\,a - Z\,z$$

und für die zweite Form ein solches von

$$M^*_A = A\,a + (S - A)z = A\,a + Z^*\,z^*$$

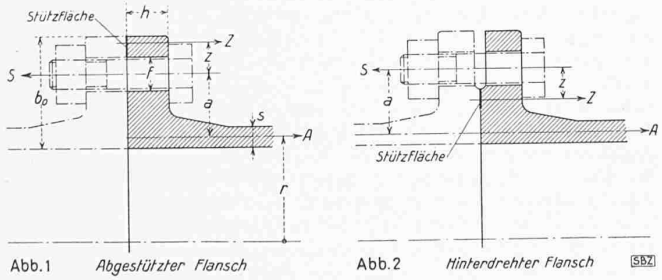


Abb. 1 *Abgestützter Flansch* Abb. 2 *Hinterdrehter Flansch* SBZ

Während bei der hinterdrehten Form das Moment sich durch Anziehen der Schrauben erhöht, erfolgt bei der abgestützten Bauart das Gegenteil. Für $A_a = Z_z$ wird das Moment sogar null. Diese, vielen Praktikern bekannte Erscheinung wird merkwürdigerweise in der Literatur selten erwähnt[1]). Das vom Flansch auf das Rohr übertragene innere Biegemoment $M$ und die innere Querkraft $Q$ lassen sich für ein zylindrisches Rohr gleicher Wandstärke, wenn man von Nebensächlichem absieht, nach der Schalentheorie berechnen. Die Verdrehung $\delta_F$ des Flansches bestimmt sich mit $\alpha_F$ und $\beta_F$ als Einflusszahlen für Moment und Querkraft nach Abb. 3 zu

$$\delta_F = \alpha_F\,(M_A - M) + \beta_F\,Q$$

Ebenso findet man die Flanschaufweitung $y_F$ an der Uebergangstelle zum Rohr mit den Einflusszahlen $\varphi_F$ und $\psi_F$ zu

$$y_F = -\,\varphi_F\,(M_A - M) - \psi_F\,Q$$

Analog ergibt sich für die Rohrrandverdrehung $\delta_R$ entsprechend den Einflusszahlen $\alpha_R$ und $\beta_R$ die Beziehung

$$\delta_R = \alpha_R\,M + \beta_R\,Q$$

und für die Rohraufweitung $y_R$ mit den Einflusszahlen $\varphi_R$ und $\psi_R$ die Formel

$$y_R = \varphi_R\,M + \psi_R\,Q$$

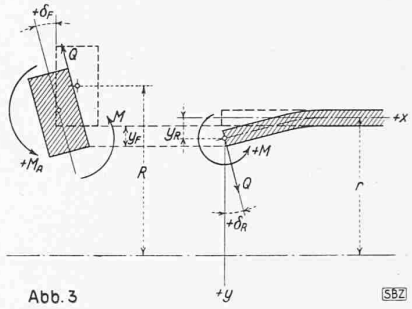


Abb. 3 SBZ

Somit folgen aus der Bedingung $\delta_F = \delta_R$ und $y_F = y_R$ zwei Bestimmungsgleichungen für $M$ und $Q$:

$$(\alpha_R + \alpha_F)\,M + (\beta_R - \beta_F)\,Q = \alpha_F\,M_A$$
$$(\varphi_R - \varphi_F)\,M + (\psi_R + \psi_F)\,Q = -\,\varphi_F\,M_A$$

Wir beschränken nun unsere weitere Berechnung auf Flanschen die im Verhältnis zum Rohrdurchmesser nur eine geringe Breite besitzen und daher als Ringe betrachtet werden dürfen. Dann besteht unter den Einflusszahlen folgender Zusammenhang, der die Flanschberechnung wesentlich erleichtert:

$$\beta_R = \frac{l}{2}\,\alpha_R \qquad \beta_F = \frac{h}{2}\,\alpha_F$$
$$\varphi_R = \frac{l}{2}\,\alpha_R \qquad \varphi_F = \frac{h}{2}\,\alpha_F$$
$$\psi_R = \frac{l^2}{2}\,\alpha_R \qquad \psi_F = \frac{h^2}{3}\,\alpha_F\ ^{2)}$$

Nach einem Vorschlag von *Widerkehr*[3]) bedeutet $l$ den Zylinder-Modul der nach der Formel $l = 0{,}77\sqrt{r\,s}$ von den Rohrabmessungen abhängig ist. Ferner besitzt die

Rohrrandverdrehung die Einflusszahl $\alpha_R = 12\,\dfrac{m^2 - 1}{m^2}\,\dfrac{l}{s^3\,E}$

und die Flanschverdrehung eine solche von $\alpha_F = \dfrac{12\,R\,r}{b\,h^3\,E}$

Für die Flanschberechnung ist es zweckmässig, $\dfrac{h}{2}\,Q = N$ zu setzen und zwei Flanschformziffern

$$x = \frac{\alpha_F}{\alpha_R} \qquad \text{und} \qquad y = \frac{l}{h}$$

zu benutzen. Dadurch erhalten die Bestimmungsgleichungen für $M$ und $Q$ bzw. $N$ die einfache Form

$$(1 + x)\,M + (y - x)\,N = x\,M_A$$
$$(y - x)\,M + \left(2y^2 + \frac{4}{3}\,x\right)N = -\,x\,M_A$$

aus denen sich

$$M = \frac{2y^2 + y + \frac{x}{3}}{y^2 + 2xy^2 + 2xy + \frac{4}{3}\,x + \frac{x^2}{3}}\,x\,M_A = \varphi\,M_A$$

und $$N = \frac{-\,(1 + y)}{y^2 + 2xy^2 + 2xy + \frac{4}{3}\,x + \frac{x^2}{3}}\,x\,M_A = \psi\,M_A$$

herausfinden.

Der Rohrdruck $p$ erzeugt in genügender Entfernung vom Flansch eine Rohraufweitung

$$y_R = \frac{r^2}{s}\,\frac{p}{E}$$

wogegen der «freie» Flansch durch $p$ nur um den Betrag

$$y_F = \frac{r^2}{b}\,\frac{p}{E}$$

nach aussen geschoben wird. — Die «gegenseitige Verschiebung»

$$y_P = y_R - y_F = \frac{p\,r^2}{E\,s}\left(1 - \frac{s}{b}\right)$$

wird durch eine Querkraft $Q_P$ und ein Biegemoment $M_P$ verhindert. Der Flansch spannt das Rohr ein, und wie aus Abb. 4 (nebenan) ersichtlich, treten in der äusseren Faser der Hohlkehle Druckspannungen auf. — Das Randbiegemoment für eine vollständige Einspannung des Rohres beträgt

$$M_l = -\,p\left(1 - \frac{s}{b}\right)\frac{l^2}{2}$$

---

[1]) Schulz-Grunow macht hiervon in dem sehr beachtenswerten Aufsatz: Die Festigkeit verschraubter Druckleitungen in «Wasserkraft und Wasserwirtschaft», 1934, Heft 15, eine Ausnahme.

[2]) Hier ist berücksichtigt, dass $Q$ den Flansch auch auf Zug beansprucht.

[3]) Widerkehr: Die Berechnung der Flansche. «Technik und Betrieb», 1937. Nr. 38/39.

Da in Wirklichkeit der Flansch nicht starr ist, kann er keine vollständige Einspannung erzeugen. Setzen wir $Q_P = \frac{h}{2} N_P$, so bestimmen sich $M_P$ und $N_P$, solange keine Stützkräfte in der Flanschverbindung wirken, aus der Bedingung

$$\delta_F = \delta_R \qquad \text{und} \qquad y_F = y_R - y_P$$

was zu den beiden Gleichungen

$$(1 + x) M_P + (y - x) N_P = 0$$

$$(y - x) M_P + \left(2 y^2 + \frac{4}{3} x\right) N_P = - \frac{y_P}{\alpha_R} = - y M_l$$

führt, die aufgelöst ein

$$M_p = \frac{(y - x)\, y\, M_l}{y^2 + 2 x^2 y + 2 x y + \frac{4}{3} x + \frac{x^2}{3}} = \varphi_P M_l$$

und ein $N_p = \dfrac{-(1 + x) M_l}{y^2 + 2 x y^2 + 2 x y + \frac{4}{3} x + \frac{x^2}{3}} = \psi_P M_l$

ergeben.

Doch ist bei vorgespannten Schraubenverbindungen auch das Stützmoment, das den Einspanneffekt des Flansches erhöht, zu berücksichtigen.

In der Regel beanspruchen die Rohraxialkraft und der Leitungsdruck den Flanschen gleichzeitig. Das hieraus resultierende Biegemoment $M_{res}$ und die resultierende Querkraft $Q_{res}$ bzw. $N_{res}$ bestimmen sich dann nach dem Superpositionsgesetz zu

$$M = \varphi (A_a - Z_z) + \varphi_P M_l$$

oder

$$M = \varphi (A_a - Z_z) - \varphi_P \left(1 - \frac{s}{b}\right) \frac{l^2}{2} p$$

und

$$N = \psi (A_a - Z_z) + \psi_P M_l$$

Aus der Bedingung, dass $\delta_F$ für einen abgestützten Flansch stets positiv sein muss und im Grenzfall den Wert null annimmt folgt ein grösstmögliches Stützmoment von:

$$Z_z = A_a - M_l \frac{1 - \varphi_P}{\varphi}$$

wobei das Biegemoment $M_{res} = M_l$ wird, und entsprechende Druckspannungen an den äusseren Fasern der Flanschhohlkehle auftreten.

Für den Verlauf des Biegemomentes $M_x$, der Rohraufweitung $y_x$, der Querkraft $Q_x$, und der Rohrverdrehung $\delta_x$ längs des Rohres gelten die Formeln:

$$M_x = e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \left(\sin \frac{x}{l} + \cos \frac{x}{l}\right) + 2 Q \sin \frac{x}{l} \right]$$

$$y_x = \varphi_R e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \left(\cos \frac{x}{l} - \sin \frac{x}{l}\right) + l Q \cos \frac{x}{l} \right]$$

$$\frac{l}{2} Q_x = - e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \sin \frac{x}{l} + \frac{l}{2} Q \left(\sin \frac{x}{l} - \cos \frac{x}{l}\right) \right]$$

$$\delta_x = \alpha_R e^{-\frac{x}{l}} \left[ M \cos \frac{x}{l} + \frac{l}{2} Q \left(\sin \frac{x}{l} + \cos \frac{x}{l}\right) \right]$$

$M_x$ lässt sich nach Abb. 5 als Abzissenwert und $y_x$ als Ordinatenwert einer logarithmischen Spirale mit dem Radiusvektor $e^{-\frac{x}{l}} \sqrt{M^2 + (2 Q + M)^2}$ und dem Dekrement $\frac{x}{l}$ darstellen. Ferner ergeben die Abzissenwerte und die Ordinatenwerte dieser Spirale auf 45 Grad geneigte Axen den Verlauf der Querkraft $Q_x$ und der Rohrverdrehung $\delta_x$, dabei ist aber für jede Axe ein anderer Masstab zu verwenden.

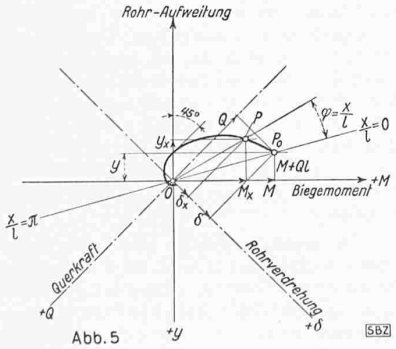


Abb. 5 Rohrverformung

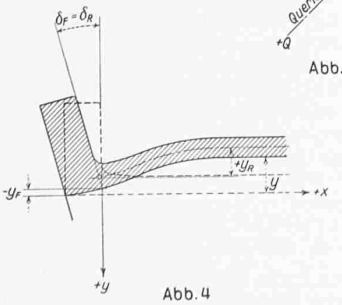


Abb. 4

*Numerisches Beispiel.* Wir untersuchen einen Flansch nach VSM-Normenblatt 18433 für eine Rohrlichtweite von 1000 mm und einen Betriebsdruck von 25 at. Dieser Flansch weicht von unseren bisherigen Berechnungsgrundlagen insofern ab, als er ein konisches Uebergangstück zum Rohr aufweist. Dieser Konus versteift das Rohr und folglich übernimmt dieses vom Flansch ein grösseres Biegemoment als wenn eine solche Verstärkung fehlen würde. Wir rechnen daher für die Ermittlung des Randbiegemomentes im sichereren Sinne, wenn wir unseren Formeln nicht die Rohrwandstärke $s = 29$ mm sondern einen grösseren Wert $s_m = \frac{s + s_1}{2} = 38$ mm zu Grunde legen und erst nachfolgend für die Bestimmung der Spannungen wieder die effektiven Wandstärken berücksichtigen.

Damit finden wir den Zylindermodul $l = 10{,}9$ cm die Flanschenformziffern $x = \frac{\alpha_F}{\alpha_R}$ [4] $= \frac{1{,}1}{2{,}15} = 0{,}52$ und $y = 1{,}76$ einen Biegefaktor $\varphi = 0{,}43$ und einen Querkraftfaktor $\psi = -0{,}16$.

Ist das Rohr einseitig durch einen Deckel abgeschlossen, so wird es in axialer Richtung durch den Innendruck, wenn weitere Kräfte fehlen, mit $A_a = \frac{\pi}{4} D_1^2 p\, a/D \pi = 6100$ kg belastet, und wenn die Vorspannung der Schrauben null ist, so stellt sich eine Biegespannung von $\sigma_B = 700$ kg/cm² ($s = 47$) ein. Hierzu kommt die Zugspannung durch die Längskraft $A$ mit dem Betrag:

$$\sigma_z = 130 \text{ kg/cm}^2 \quad (s = 47)$$

Das maximale Einspannmoment durch den Innendruck $p$ bestimmt sich zu

$$M_l = 25 \left(1 - \frac{3{,}8}{13{,}5}\right) \cdot \frac{10{,}9^2}{2} = 1080 \text{ kg} \quad (s_m = 38)$$

Dies führt mit einem Einspannfaktor $\varphi_P = 0{,}25$ und einer Wandstärke $s_1 = 4{,}7$ cm zu einer Druckspannung von $\sigma_D = -65$ kg pro cm². Damit wird die resultierende Beanspruchung in der Kehle

$$\underline{\sigma_{R\,\text{aussen}}} = \sigma_B + \sigma_z + \sigma_D = \underline{775 \text{ kg/cm}^2}$$

Wirkt in den Flanschen jedoch das grösstmögliche Stützmoment von

$$Z_z = A_a - M_l \frac{1 - \varphi_P}{\varphi} = 6100 + 1080 \cdot \frac{1 - 0{,}25}{0{,}43} = 8000 \text{ kg},$$

wofür jede Schraube auf 22 500 kg vorzuspannen ist, so erreicht die Beanspruchung für einen abgestützten Flansch den Betrag $\sigma_{res\,A\,\text{aussen}} = -155$ kg/cm² und für die hinterdrehte Bauart einen solchen von $\sigma_{res} = +1665$ kg/cm².

Die aufgestellten Formeln gelten im übrigen auch noch mit zufriedenstellender Genauigkeit für Flanschen die gegenüber der Rohrlichtweite eine grosse Breite besitzen [5]) und die man geneigt ist als Platten zu behandeln. So findet man für das von *ten Bosch* in seinem Aufsatz über die «Berechnung von Flanschenverbindungen» [6]) gebrachte Beispiel für ein Rohr von 92 mm l. W. und 8 mm Wandstärke die Flanschformziffern $x = 0{,}315$ und $y = 0{,}715$ und eine Biegespannung von 1050 kg/cm².

*Zusammenfassung.* Wesentlich für die Beanspruchung eines Flansches sind die Vorspannung der Schraubenverbindung und seine konstruktive Durchbildung. Eine sinngemässe Ausnutzung der Stützkräfte ermöglicht eine weitgehende Spannungsentlastung und eine in der heutigen Zeit besonders erwünschte leichtere Konstruktion.

---

## Wirtschaftlichkeit von Kläranlagen

Von PAUL ZIGERLI, Ing. S. I. A., Zürich

Abwasser-Reinigungsanlagen gehören zu jener Kategorie «unrentabler» Bauwerke, die wie z. B. Strassen, Schulhäuser, Luftschutzräume, Wildbachverbauungen usw. für die öffentliche Hand finanziell nur Belastungen darstellen. Im Gegensatz zur Gas-, Wasser- und Elektrizitätsversorgung bringen sie nur Ausgaben, aber keine oder geringe Einnahmen. Verzinsung, Abschreibung und Betriebskosten stellen eine Belastung der Gemeinwesen auch dann dar, wenn ein Teil der Baukosten durch Subventionen gedeckt wird. Kläranlagen erfreuen sich daher besonderer Unbeliebtheit und werden meist nur unter Zwang erstellt, d. h. dann, wenn entweder der behördliche Schutz der öffentlichen Gewässer oder Arbeitslosigkeit die Ausführung solcher Anlagen kategorisch fordern. Im Nachstehenden soll versucht werden, einen gangbaren Weg zu zeigen, wie die Baukosten von Kläranlagen vermindert, sowie verzinst und abgeschrieben und wie die Betriebskosten getragen werden können.

### *Deckung der Betriebskosten*

Der Kreislauf des Wassers ist erst dann geschlossen, wenn verschmutztes Wasser wieder vollständig gereinigt ist. Imhoff

---

[4]) Die Flanschenbohrungen $f$ vergrössern $\alpha_F$; in den nummerischen Rechnungen haben wir die wirksame Flanschbreite nach Abbildung 1 zu $b = b^0 - f/2$ angenommen.

[5]) Die Flanschbohrungen vermindern den «Platteneffekt».

[6]) SBZ, Bd. 116, S. 131*, 175, 210 (1940).