

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	111/112 (1938)
Heft:	21
Artikel:	Bemerkungen zum Aufsatz von R. Maillart über "Aktuelle Fragen des Eisenbetonbaues"
Autor:	Bendel, L.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-49859

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: 14.01.2026

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

INHALT: Bemerkungen zum Aufsatz von R. Maillart über «Aktuelle Fragen des Eisenbetonbaus». — Contribution à l'étude des vannes-papillons. — Geotechnische Eigenschaften u. Bestimmungsmethoden der Locker-gesteine. — Fensterlage, Fensterform und Raumausleuchtung. — Mitteilungen: Aus Vitruv, Ueber die Architektur. Zwei neue Entwässerungs-

Pumpwerke im Nildelta. Das projektierte Limmatkraftwerk Schlieren. Unfreiwillige Erprobung von Schweisungen. Umformermotorwagen der südafrikanischen Eisenbahnen. Brückenbelastungsprobe mit Wasserballast. Ein eintägiger Kurs über Psychologie der Führung. — Literatur. — Nekrologe: Gustav Renker. Hans Behn. — Mitteilungen der Vereine.

Band 111

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. 21

Bemerkungen zum Aufsatz von R. Maillart über „Aktuelle Fragen des Eisenbetonbaus“

Maillart erwähnt in seinem Aufsatz (S. 4 lfd. Bds., oben), dass für kleine Charakteristiken C die Streckgrenze σ_s des Eisens für den Bruch nicht massgebend sei, indem die Versuchsergebnisse erwiesen hätten, dass die Eisenspannung beim Bruch mindestens $\frac{4}{3}$ der Streckgrenze betrug. Nachfolgend ist gezeigt, wie die Grösse der fraglichen Eisenspannung auf *rechnerischem* Wege ermittelt werden kann.

Beim plastischen Zustand beim Bruch kann die Druckkraft D im Beton (siehe Abb. 1) ausgedrückt werden durch

$$D = k b x \beta \dots \dots \dots \quad (1)$$

Das Bruchmoment M ist dann

$$M = D z = k b x \beta z \dots \dots \dots \quad (2)$$

z kann durch die Charakteristik C ausgedrückt werden. Es ist

$$z = \left(1 - \frac{C}{2}\right) h \dots \dots \dots \quad (3)$$

Die Gleichung für das Einheitswiderstandsmoment W in Abhängigkeit der Charakteristik C lautet dann allgemein:

$$W = C \left(1 - \frac{C}{2}\right) \dots \dots \dots \quad (4)$$

F. Stüssi gibt für M an («Abhandlungen der Internat. Vereinigung für Brücken- und Hochbau» 1932, S. 491):

$$M = F_e \sigma_F \left(h - k \frac{F_e \sigma_F}{b \beta_b}\right) \dots \dots \dots \quad (5)$$

Wird k aus den Spannungsdiagrammen (siehe z. B. Ros: Premier Congrès Internat. du Béton et Béton armé, Liège 1930) ermittelt, so findet man für $k \approx 0.5$. Durch entsprechende Umformung zeigt sich, dass Gleichung (5) identisch ist mit der einfach lautenden Gleichung (4).

Die von Maillart angegebene Charakteristik C ist abhängig von der Streckgrenze σ_s des Eisens. (Vergleiche auch Saliger: Der elastische und plastische Bereich im Eisenbeton, «Jahrbuch des deutschen Betonvereins» 1937.)

Es ist $C' = p \frac{\sigma_s}{\beta}$

In den allgemeinen Formen ergibt sich:

$$C = p \frac{\sigma_e}{\beta} \dots \dots \dots \quad (6)$$

Je nach der Grösseordnung von σ_e können drei Fälle unterschieden werden:

Fall 1: $\sigma_e > \sigma_s$; oder $\frac{\sigma_e}{\sigma_s} = a > 1$ tritt bei kleinen Charakteristiken von C auf

Fall 2: $\sigma_e = \sigma_s$ häufigster Fall

Fall 3: $\sigma_e < \sigma_s$; oder $\frac{\sigma_e}{\sigma_s} = a < 1$ tritt bei Ueberarmierung auf

Nachfolgend sind diese drei Fälle näher erörtert:

Fall 1: $\sigma_e > \sigma_s$:

Im Verfestigungsbereich des Stahls kann angenommen werden, dass:

$$a = 0.9 + 0.1 \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon'_s} \dots \dots \dots \quad (7)$$

ist. Die Bedeutung der Werte ε_e , ε'_s und ε_b geht aus Abb. 2 hervor.

Durch Umformung und Einsetzen von Erfahrungswerten wird erhalten:

$$a = \frac{\sigma_e}{\sigma_s} = 0.9 + \frac{0.07}{C} \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon'_s} \dots \dots \dots \quad (8)$$

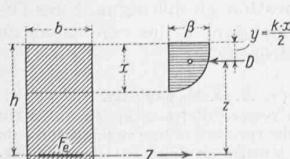


Abb. 1

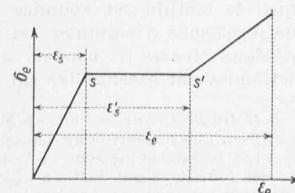


Abb. 2

Mit den Werten der Grösseordnung: $\varepsilon_b = 2$ bis 7% (die Werte ε_b können im allgemeinen gut geschätzt werden aus der Beziehung $\beta \varepsilon_b \approx 0.7$), ferner mit: $\varepsilon'_s = 4$ bis 30% $\varepsilon_s = 1$ bis 4% ergeben sich für a die Werte, wie sie graphisch in Abb. 3 aufgetragen sind.

Fall 2: $\sigma_e = \sigma_s$ gibt zu keinen Auseinandersetzungen Anlass.

Fall 3: $\sigma_e < \sigma_s$; dann ist

$$\frac{\sigma_e}{\sigma_s} = a_1 = \frac{\varepsilon_e}{\varepsilon'_s} = \left(\frac{k}{a_1 C_1} - 1 \right) \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon'_s}$$

Durch Umformen ergibt sich:

$$a_1^2 + \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon'_s} a_1 = \frac{k}{C'} \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon'_s} \dots \dots \dots \quad (9)$$

Für die Bedeutung des Wertes ε'_s siehe Abb. 2. Die Werte a_1 sind in Abb. 3 graphisch aufgetragen. Mit der Charakteristik C (vergl. Angaben Maillart) und dem Wert a aus Abb. 3 kann jede Eisenspannung leicht errechnet werden.

Um den Nulllinienabstand zu erhalten, werden folgende Überlegungen angestellt:

Fall 1: $\sigma_e > \sigma_s$ Allgemein ist

$$z = 1 - \frac{k x}{2} = 1 - \frac{a C'}{2} \dots \dots \dots \quad (10)$$

woraus sich ergibt:

$$\frac{x}{h} = \frac{a C'}{k}, \text{ für } a > 1$$

Fall 2: $\sigma_e = \sigma_s$

$$\frac{x}{h} = \frac{C'}{k}; \text{ da } a = 1 \text{ ist.}$$

Fall 3: $\sigma_e < \sigma_s$

$$\frac{x}{h} = \frac{a C'}{k}, \text{ wobei } a < 1 \text{ ist.} \dots \dots \dots \quad (11)$$

Es kann aber auch x aus der Überlegung abgeleitet werden:

$$\frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_b} = \frac{1 - x}{x} = \frac{a \varepsilon_s}{\varepsilon_b} \dots \dots \dots \quad (12)$$

$$x = \frac{1}{1 + \frac{a}{\varepsilon_b / \varepsilon'_s}}$$

Der Wert $\varepsilon_b / \varepsilon'_s$ ist in Abb. 3 angegeben.

Der Hebelarm z der inneren Kräfte wird aus der Beziehung gefunden

$$z = \left(1 - \frac{a C'}{2}\right) \dots \dots \dots \quad (13)$$

wobei $a \approx 1$ sein kann.

Die Gleichung für die Bestimmung des Einheitswiderstandsmomentes W lautet in allgemeiner Fassung:

$$W = \frac{M}{b h^2 \beta} = C \left(1 - \frac{C}{2}\right) = a C' \left(1 - \frac{a C'}{2}\right) \dots \quad (14)$$

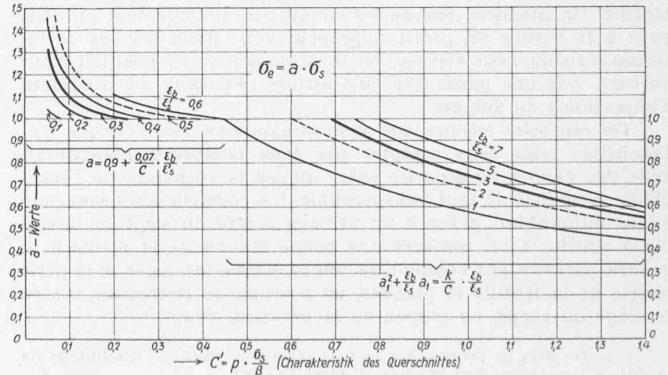


Abb. 3. Berechnung der Eisenspannungen bei gegebenen Materialcharakteristiken

$\varepsilon_b / \varepsilon'_s = 0.5$ und $\varepsilon_b / \varepsilon'_s = 2$ entspricht annähernd St 55

$\varepsilon_b / \varepsilon'_s = 0.3$ und $\varepsilon_b / \varepsilon'_s = 3$ entspricht annähernd St 37

Wird der Mindestwert, der im Streuungsbild einer Versuchsreihe von Betonprobekörpern erhalten wurde, als die im Bauwerk vorhandene Festigkeit angesehen, so ergibt sich folgende Ueberlegung:

$$\beta_{\text{Prisma}} = 0,8 \beta_{\text{Würfel}}$$

Die Streuung ist bei auf Bauten hergestelltem Beton festgestellt zu $\pm 35\%$ vom arithmetischen Mittel (vergl. Bendel, Statistisch-mathematische Auswertung systematischer Betonuntersuchungen, Bd. 102, S. 79*). Daher kann als Bauwerks-Betonfestigkeit eingesetzt werden

$$\beta_{\text{Bauwerk}} = 0,8 \beta_{\text{Würfel}} \times (1 - 0,35)$$

$$\beta_{\text{Bauwerk}} \cong 0,5 \beta_{\text{Würfel}}$$

Nimmt man für Eisen einen Sicherheitsfaktor von 2 an, so wird

$$W = \frac{a C'}{2} \left(1 - \frac{a C'}{2} \right)$$

Aus obiger Darstellung ergibt sich, dass die Anregungen von R. Maillart weiter verfolgt und *rechnerisch* erfasst werden können. Mit Leichtigkeit lassen sich auch übersichtliche Formeln ableiten für Plattenbalken, für aussermittigen Druck im Rechteckquerschnitt und für aussermittigen Druck im Plattenbalken unter Berücksichtigung des *plastischen* Bereiches. So ist es möglich, sich eine gute Vorstellung über das wahre Verhalten der auf Biegung beanspruchten Betonquerschnitte zu verschaffen.

Luzern, Januar 1938

L. Bendel, Ing.

Enfin, on incrimina le principe même de la construction du papillon à l'occasion des déboires rencontrés dans l'utilisation de ces vannes, déboires dont la gravité s'accentua il est vrai jusqu'à celle de plusieurs accidents désastreux. L. Du Bois¹⁾ cite l'opinion défavorable, mais autorisée, émise en 1933 par l'ingénieur italien U. Bono et celui-ci n'a certes pas été le seul à déconseiller l'emploi de ce genre de vannes. Il est indéniable que la fermeture de la lentille crée dans l'écoulement au travers d'une vanne-papillon une discontinuité excessivement marquée; celle-ci n'est toutefois pas moins grande dans le cas de la fermeture d'une vanne à tiroir, au cours de laquelle le guidage de l'écoulement par les parois est détruit dans la même mesure que pour le papillon. Il en résulte un régime très turbulent et qui peut s'accompagner à l'aval, lorsque les vitesses d'écoulement sont assez grandes, de phénomènes de cavitation violents. Ce sont là deux causes qui, sans aucun doute, tendent à provoquer des vibrations; toutefois, si celles-ci se manifestent réellement sur la lentille et ses organes de commande d'une façon dangereuse, comme le fait craindre U. Bono, n'est-ce pas, ainsi que l'avance Du Bois, du fait d'une construction insuffisamment robuste ne tenant pas assez compte de cette possibilité de pulsations vibratoires, ni des efforts, de sens invariable, mais de valeur très élevée, auxquels la lentille est soumise de la part de l'eau en mouvement? L'existence de vannes-papillons de dimensions importantes, employées comme vannes de fond (vidange) sous des chutes relativement hautes (jusqu'à près de 100 m) et qui ont fonctionné d'une façon satisfaisante, souvent même à ouvertures fractionnaires, est actuellement là pour apporter une confirmation éclatante à l'impression que publiait Du Bois. C'est en tout cas notre opinion très nette.

Nous croyons pouvoir attribuer la suspicion dont souffrit, aux yeux de certains, le type de vanne à papillon à l'ignorance qui régnait autour des problèmes qui le concernaient et nous pensons que le regain de faveur, dont il est actuellement l'objet, est dû non seulement à ses avantages, mais aussi aux études qui lui ont été consacrées. Leurs résultats sont venus apporter aux constructeurs qui s'y sont livrés les bases qui leur étaient nécessaires en vue de prévoir les dispositions, ainsi que de calculer les dimensions et la résistance à donner aux divers éléments de la vanne.

Rappelons encore que les avantages de la vanne-papillon résident principalement dans sa simplicité extrême, qu'il ne faut pourtant pas prendre comme raison d'une construction légère. Précisément parce qu'elle est composée d'éléments simples, la vanne-papillon peut aisément être construite robuste et elle doit l'être dès qu'il s'agit d'une vanne appelée à être manœuvrée sous courant, c'est-à-dire susceptible d'être soumise non seulement à des sollicitations de caractère vibratoire, mais aussi à des efforts importants s'exerçant dans un sens déterminé. En effet, si une lentille symétrique²⁾, par rapport à l'axe de ses tourbillons, est équilibrée lorsqu'elle est toute ouverte ou toute fermée, en position intermédiaire, elle est soumise de la part de l'eau en mouvement à une poussée excentrée. Cette poussée correspond à un couple dirigé dans le sens de la fermeture et dont la valeur est d'autant plus grande que le débit qui s'écoule est important.

La vanne-papillon est enfin caractérisée par l'absence de tout mécanisme intérieur noyé, c'est-à-dire exposé à l'oxydation, l'enrassement et autres dépréciations dont l'eau peut être la cause. Les seuls frottements qui s'opposent au mouvement de son obturateur sont ceux auxquels donne lieu le pivotement des tourbillons dans leurs portées, d'ailleurs convenablement lubrifiables. Cette réduction au minimum, sinon à zéro, du risque de grippage ou de coincement confère à la vanne-papillon une très grande sécurité de manœuvre. Ses organes de commande sont tous disposés à l'extérieur du corps de vanne et on peut ainsi leur résérer toutes les facilités d'accès, de vérification et d'entretien utiles.

II. De quelques objets des essais

Etude de deux classes de vannes

Parmi les problèmes intéressant le type de vanne à papillon, ressort au premier plan celui de la poussée et du couple auquel la lentille est soumise au cours de sa fermeture. Nous nous proposons d'examiner cette question en distinguant dès l'abord deux classes de vannes, correspondant à des conditions de fonctionnement essentiellement différentes.

¹⁾ L. Du Bois, A propos des vannes-papillons, «Bulletin Technique de la Suisse Romande», 3 et 17 mars, 22 décembre 1934.

²⁾ Pour que la lentille ait tendance à fermer d'elle-même jusqu'en fin de course (vanne autoclave) on a parfois recours à une excentricité de l'axe des tourbillons qui partage alors la lentille en deux parties inégales. La poussée statique prépondérante, s'exerçant sur la plus grande d'entre elles, agit dans le sens de la fermeture.