

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 71 (1953)  
**Heft:** 27

**Artikel:** Das Kraftwerk Belver am Tejo in Portugal  
**Autor:** Stambach, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-60581>

### **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:** 21.02.2026

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

Stilrichtungen — die Rasterarchitektur einerseits und der Heimatstil andererseits —, dann folgte die Zeit der Einflüsse Wrights und Aaltos und gegenwärtig erleben wir die Wiederentdeckung des rechten Winkels. Sechs Architekturrichtungen in dreissig Jahren! Diese Wandlung ist notwendig und nützlich, denn fortschreitend muss der Architekt Neues erzeugen. Stillstand bedeutet auch in unserm Metier Rückschritt. Neue Maschinen werden begeistert begrüsst, neue Methoden der Produktion nimmt man als selbstverständliche Erscheinungen hin, Form und Farbgebung der Automobile wandeln von Jahr zu Jahr, die Strassenbahnwagen dürfen ohne weiteres die technische Entwicklung mitmachen. Nur unsere Bauten, sie sollen sich dauernd einem guten Mittelmass fügen! Dieses Mittelmass wird in Paragraphen gefasst und vom grossen Haufen der Architekturschaffenden mitlaufend befolgt. Bedauerlich ist es, wenn angesichts der auf die Lösung harrenden Hauptfragen so viel Geist aufgewandt wird, das Mittelmässige zum Dogma zu erheben.

Auf Grund dieser Erwägungen könnte nun gefolgert werden, die Öffentlichkeit könne überhaupt keine Forderungen für die Gestaltung der Bauten geltend machen. Diese Ueberlegung ist nicht zutreffend, weil doch gewisse Gesichtspunkte existieren, für die ein öffentliches Interesse geltend zu machen ist. Dies lässt sich hauptsächlich mit Gefühlsargumenten begründen. Das Bild der Heimat oder die Summe der vom Menschen geschaffenen Erscheinungen in den Gegebenheiten der Natur ist nicht herrenlos, es gehört vielmehr uns allen. Zwar können wir als einzelne kein eigentliches Eigentum anmelden, ein ideelles Miteigentum aber ist unbestreitbar. Wie wäre es sonst zu erklären, dass sich mächtige Verbände ungestraft im Namen des ganzen Volkes für das Bild der Heimat einsetzen und mit Unterschriftensammlungen, Volksinitiativen und Motionen für den Schutzgedanken werben dürfen, selbst dann, wenn die Rechtslage eindeutig zu ihren Ungunsten spricht? Das Mitspracherecht der Öffentlichkeit bei der Gestaltung des Bildes der Heimat wollen wir nicht in Abrede stellen, doch kann es sich nicht auf Einzelheiten, sondern nur auf die Hauptsachen beziehen.

Hauptsache ist es, Landschaften und Siedlungsbilder, ausgedehnte Schutzobjekte und wertvolle Baugruppen, seltene oder einzigartige Bauten zu bezeichnen und ihren Schutz zu fordern, welcher eindeutig sein muss und zu begründen ist. Eine schwer zu lösende Aufgabe, denn über den kunsthistorischen oder heimatgeschützlichen Wert eines Objektes lässt sich bekanntlich in vielen Fällen streiten. Unser Werturteil hängt doch primär vom Empfinden und sekundär von logischen Ueberlegungen ab. Wir bewegen uns zweifellos in der Sphäre des Ermessens, die zur Vorsicht mahnt. Besonders die Grenzfälle sind es, die nicht zu erfassen sind. Mit Sicherheit lässt sich beispielsweise behaupten, die Berner Altstadt zwischen Nydeggbücke und Zytglocken sei schutzwürdig, mit gleicher Bestimmtheit darf festgestellt werden, das Mattenquartier am Aareufer bedürfe eines absoluten Schutzes nicht. Zweifelhafte wird aber die Angelegenheit, wenn man an den zur City umgebauten Stadtteil zwischen Zytglocken und Bahnhof denkt. Schützenswert ist das Stadtbild Murten, nicht schützenswert dasjenige Grenchens, diskutabel wird die Frage beim Anblick mancher ehemaliger Dorfkerne, wo sich in alten Bauernhäusern

Gewerbebetriebe und Wohnungen eingenistet haben. Sicher ist, dass die über unsere Landesgrenze hinaus berühmte Bahnhofstrasse Zürichs einen gewissen Schutz verdient, ebenso sicher ist, dass die Hauptstrasse Biels mit ihren Prunkbauten der Dreissigerjahre nicht zu den schutzwürdigen Objekten zu zählen ist; wenn wir aber zum Beispiel an die Freiestrasse in Basel denken, werden wir unsicher. So liessen sich noch etliche Beispiele aufführen, die den Beweis dafür erbringen, wie schwer es ist, die Grenze zwischen gut und schlecht, zwischen schön und hässlich, folglich zwischen schützenswert und nicht schützenswert zu ziehen. Für die schützenswerten Objekte lassen sich die Schutzbestimmungen verhältnismässig leicht herleiten, weil sich die dem Schutze der Öffentlichkeit empfohlenen Eigenschaften der Objekte leicht beschreiben lassen. Schwerer wird die Ableitung der Schutzbestimmungen bei den Zweifel auslösenden Objekten. Unerwünscht und unnötig sind sie für die nicht zu schützenden Objekte. Leider wird in diesem Punkte oft in geradezu leichtsinniger Weise Unfug getrieben. Schutzbestimmungen für Gebiete mit Wildwestarchitektur der Gründerjahre entwerfen den Heimatschutzgedanken, gesetzliche Fesseln für bereits entstellte oder der Entwicklung geopfert Zonen sind nicht etwa nur lächerlich, sondern sogar gefährlich, weil sie Scheinarchitekturen und Pseudostile erzeugen, die das scharfe Attribut «verlogen» verdienen. *Schärfste Vorschriften für wirkliche Schutzgebiete kann kein rechter Architekt verwerfen.*

Nun muss aber zugegeben werden, dass für die beschriebenen Grenzfälle gesetzliche Regelungen genau so nötig sind, wie für die wirklichen Schutzgebiete, nur sei ihr Inhalt dem am Objekt eindeutig feststellbaren Wert angemessen. In einem Falle ist dieser Wert der Masstab der Bauten, im andern kann es das einheitlich verwendete Material sein, hier sind vielleicht einheitliche Dachformen oder Eindeckungsmaterialien bestimmend für den Gesamteindruck, dort können sorgfältig aufeinander abgestimmte Farben von ausschlaggebender Bedeutung sein. Die unüberlegten generellen Schutz- und Detailbestimmungen führen nämlich dazu, dass im Appenzelerdorf plötzlich Mehrfamilienhäuser im Zürich-Schwamendingerstil auftreten; sie führen auch dazu, dass Edelneogotik als «gut» behördlich sanktioniert wird; sie sind schuld daran, dass in unserer Zeit erbaute Geschäftsbauten das Formenkleid eines mittelalterlichen Bürgerhauses wählen und dass sich ein simples Transformerstationchen bemüht, einem Wohnhaus zu gleichen. Für die Gestaltung der Bauten in den Grenzfällen dürfen wir nur den grundsätzlichen Erwägungen Einlass in unsere Bauordnungen gewähren. Diese können vom Kubus, von der Fläche, von der ortsüblichen Bauweise, von den Lebensbräuchen, von klimatischen Gegebenheiten oder von den Grundgesetzen der Aesthetik abgeleitet werden. Falsch und verwerflich ist es, sie aus andern Ordnungen zu kopieren, denn oft bewähren sie sich auch dort nicht, wo sie geboren worden sind!

In Entwicklungsgebieten, in Neubauzonen gebe man das Detail, die sogenannte Gestaltung überhaupt frei. Wenn die drei zuerst beschriebenen Hauptfragen der baulichen Entwicklung scharf gefasst und geregelt sind, dann dürfen wir der Zukunft unseres Landes in baulicher Hinsicht getrost entgegenblicken.

DK 621.311.21 (469)

## Das Kraftwerk Belver am Tejo in Portugal

Während die portugiesischen Wasserkräfte bis zum zweiten Weltkrieg fast ganz unausgenutzt blieben, begann 1946 eine Bauperiode, nach der in den Jahren 1950/52 vier Kraftwerke in Betrieb genommen werden konnten und zwar

Kraftwerk Pracava an einem Nebenfluss des Tejo	50 Mio kWh
Kraftwerk Castelo do Bode am Zêzere <sup>1)</sup>	300 Mio kWh
Kraftwerk Venda Nova am Cavado	100 Mio kWh
Kraftwerk Belver am Tejo <sup>2)</sup>	125 Mio kWh
Gesamte Jahresproduktion	575 Mio kWh

Weitere Kraftwerke sind im Bau. Man rechnet für das Jahr 1954 mit einer hydraulischen Energieerzeugung von etwa 1,5 Mrd. kWh. Aus thermischen Werken fallen gegenwärtig rund 400 Mio kWh an. Das Hauptinteresse des monatelang unter grosser Trockenheit leidenden Landes besteht in der Schaffung

von Speicherbecken. Von den genannten Kraftwerken besitzen die drei ersterwähnten Stauseen, die auch zur Rückhaltung der sehr ausgeprägten Hochwasser dienen. Nur die Anlage Belver, ausgeführt unter Mitwirkung des Ingenieur-Bureau Stucky in Lausanne, ist ein Laufkraftwerk mit kleiner Stauhaltung. In seiner Gesamtdisposition gleicht es stark unseren Flusskraftwerken, zum Beispiel Ryburg-Schwörstadt oder Rekingen, wobei allerdings das Wehr, den Hochwasserverhältnissen des Flusses entsprechend, bedeutend länger ist, während das Maschinenhaus, wegen des niedrigen Ausbaus, bescheidenere Dimensionen aufweist. Für die Ausnützung des Gefälles von 8 bis 15,5 m beherbergt es vier Maschineneinheiten mit vertikalen Kaplan-turbinen, geliefert von Escher Wyss, Zürich, für je 11 000 PS Leistung und eine Schluckfähigkeit von 75 m<sup>3</sup>/s; Drehzahl 167 pro Minute.

Die Wasserführung des Tejo an der Wehrstelle schwankt zwischen einem absoluten Minimum von 10 m<sup>3</sup>/s und einem ausserordentlichen Hochwasser von 14 000 bis 16 000 m<sup>3</sup>/s. Die

<sup>1)</sup> SEZ 1951, Seite 127\* und 137\*.

<sup>2)</sup> SEZ 1952, Seite 700.

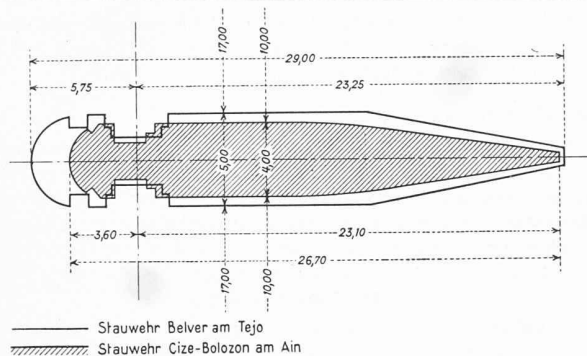


Bild 1. Querschnitt eines Wehrpfeilers, 1:400

unschädliche Ableitung solcher Wasserführungen erforderte eine Wehrlänge von 259 m. Zwischen 5 m breiten Wehrpfeilern sind zwölf Öffnungen mit 17 m lichter Weite und 14,15 m Stauhöhe vorhanden. Der spezifische Durchfluss pro m Öffnungsweite beträgt somit mehr als 78 m<sup>3</sup>/s. Das Wehr wurde sogar für ein katastrophales Hochwasser von 18 000 m<sup>3</sup>/s (88 m<sup>3</sup>/s pro m) dimensioniert. Von unseren Wehrbauten am Rhein<sup>3)</sup> weist bei ähnlicher Stauhöhe nur dasjenige des Kraftwerkes Laufenburg ähnlich hohe spezifische Werte auf. Die

3) SBZ 1944, Band 124, Seite 337\*.

Wehrverschlüsse bestehen aus Doppelhakenschützen, die in Anbetracht der grossen Staufläche bemerkenswerte Konstruktionen des Stahlwasserbaues darstellen. An deren Erstellung waren die Conrad Zschokke AG., Döttingen, und die Bell & Cie. AG., Kriens (Windwerke), beteiligt. Interessant ist die nach hydraulischen Ueberlegungen gewählte, sehr schlanke Querschnittform der Wehrpfeiler (Bild 1). Ähnlich wurden vom gleichen Projektverfasser die Pfeiler des 1929 bis 1932 erbauten Kraftwerkes Cize-Bolozon am Ain<sup>4)</sup>, 60 km westlich Genf, ausgebildet. Für die Gestaltung des vertieften Absturzbodens mit Gegenschwelle wurden in der hydraulischen Versuchsanstalt der Ecole Polytechnique der Universität Lausanne eingehende Modellversuche ausgeführt. Der möglichst guten Energievernichtung der abstürzenden Wassermassen musste besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, weil der Baugrund aus wohl tragfähigen und relativ dichten, aber gegen Erosion nicht sehr widerstandsfähigen schwarzblauen Schieferen besteht. Der Fels steht übrigens im natürlichen Flussbett an, so dass die Bauwerke ohne Schwierigkeiten in offener Grube errichtet werden konnten. Injektionen zur Abdichtung des Untergrundes waren nur in beschränkter Masse notwendig. Eine ausführliche Darstellung dieses Stauwehres, das eines der grössten von Europa ist, findet sich mit Bildern dokumentiert im «Bulletin Technique de la Suisse Romande» vom 24. Januar und 7. Februar 1953.

E. St.

4) SBZ 1932, Band 99, Seite 248 und 333.

## Particularités du calcul des vannes du type à caisson

Par C. PRINCE, Ing. dipl. EPF, Bâle

### 1. Généralités

Il est incontestable que la construction métallique a subi, ces dernières années, une évolution accentuée dans le sens de l'utilisation de systèmes porteurs du type à caisson. Quoique l'idée ne soit pas nouvelle (Britannia Bridge 1848<sup>1)</sup>, elle avait été mise en veilleuse pendant la période qui vit la multiplication des systèmes triangulés. L'avènement de la soudure électrique, le perfectionnement de l'oxycoupage, la production sans cesse améliorée d'aciers soudables comme aussi l'affirmation d'une esthétique nouvelle des constructions, sont autant de facteurs qui ont contribué à la remise en faveur des poutres à âme pleine tout d'abord, des caissons par la suite. Ces derniers fournissent à l'ingénieur des sections rigides à la torsion comme à la flexion et permettent une utilisation particulièrement rationnelle du matériel.

Dans le domaine limité et pourtant si varié des constructions hydrauliques, le caisson est appelé à jouer un rôle important pour des raisons bien déterminées:

a) Sa grande rigidité à la flexion et à la torsion garantit un minimum de déformation sous la charge et, partant, facilite le fonctionnement correct des étanchéités.

b) Il remplit sans difficulté, en plus de sa fonction statique, une fonction hydraulique déterminée (par exemple, comme coursier de déversement).

c) Son entretien est aisé. Le caisson immergé ne risque pas de devenir, comme un «treillis», le lieu de rassemblement des déchets charriés par le courant.

Nous avons mentionné plus haut les facteurs qui ont favorisé le développement des systèmes porteurs du type à caisson. Il faudrait y ajouter le perfectionnement des méthodes de cal-

1) Cf. «Mémoires de l'A. I. P. C.», Tome 1, 1932, p. 298.

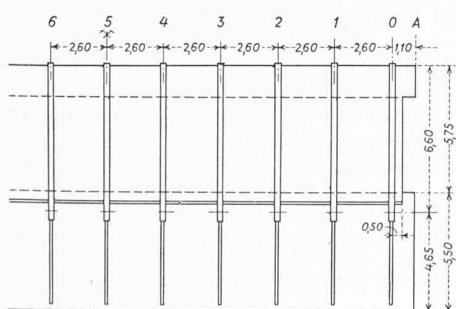


Fig. 1a

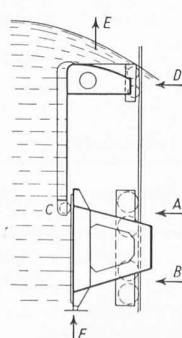


Fig. 1b

cul, en particulier les études sur les plaques et les coques, la stabilité des tôles minces et les problèmes de torsion. C'est sur ce dernier point que nous voulons nous arrêter aujourd'hui. A l'aide d'un exemple tiré de la pratique, nous montrerons une possibilité de résolution d'un problème certes assez courant, mais qui trop souvent doit se contenter d'une solution approchée dont le degré d'exactitude n'est pas déterminable a priori.

### 2. Le corps supérieur d'une vanne à crochet du type à caisson

L'objet de notre étude sera une vanne double à crochet, de grandes dimensions (Fig. 1). Le corps inférieur a une section trapézoïdale sensiblement symétrique par rapport à l'axe horizontal. Le corps supérieur, par contre, a une section franchement dissymétrique et les charges qui le sollicitent sont aussi bien horizontales que verticales. Il apparaît indiqué de considérer l'ensemble de la section du corps supérieur comme un tout. Cette opinion est renforcée par le fait que la tôle de bordage possède une rigidité exceptionnelle dans le plan vertical et que, par ailleurs, la présence de couples nombreux et rigides assure l'indéformabilité de la section. En examinant la fig. 1b, nous remarquons que, pour une charge symétrique, le système est extérieurement isostatique, c'est-à-dire, que nous pouvons déterminer sans difficulté les réactions d'appui  $\Sigma A$ ,  $\Sigma B$ ,  $\Sigma C$  et  $\Sigma D$ , comme d'ailleurs  $\Sigma E$  et  $\Sigma F$ . La condition de symétrie nous livre immédiatement les valeurs de  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $E$  et  $F$ . Les valeurs de  $C_0$  à  $C_{10}$ , par contre, ne sont pas déterminables à partir des conditions d'équilibre seules. Nous avons 11 liaisons  $C_i$  et 6 équations seulement:

$$\Sigma C = \text{constante connue}$$

$$C_0 = C_{10} \quad C_1 = C_9 \quad C_2 = C_8 \quad C_3 = C_7 \quad C_4 = C_6$$

Il reste donc  $11 - 6 = 5$  inconnues, le système est intérieurement hyperstatique au 5<sup>ème</sup> degré.

Pour simplifier un peu le problème, nous allons séparer complètement le corps supérieur du corps inférieur. Comme ce dernier est élastique, il se déformera sous les charges qui le sollicitent, dont les forces d'appui  $C_i$ . Pour le calcul de ces déformations, en particulier de celles à la hauteur de  $C$  (pour la position et la charge considérées), nous admettrons que les forces d'appui  $C_i$  ont une valeur proportionnelle à la largeur de charge des couples  $M_i$ , soit par exemple.

$$C_0 = \Sigma C \cdot \frac{1,30 + 0,50}{10 \cdot 2,60 + 2 \cdot 0,50} = \Sigma C \cdot \frac{1,80}{27,00} = \varphi_0 \Sigma C$$

Cette hypothèse implique l'identité des lignes élastiques des corps supérieur (en particulier du caisson) et inférieur,