

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 7

Artikel: Versuche über die Dauerbelastung von Eisenbetonbalken auf Biegung
Autor: Hübner, Fritz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40939>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

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

Zum Schlusse dürften noch einige Angaben über die Baukosten interessieren:

Ausgleichbecken mit Ausrüstung	108 000 Fr.
Druckleitung: Unterbau	62 000 „
Rohre	132 000 „
Maschinenhaus ohne Wohnung	90 000 „
Turbinen und Generatoren für einen ersten Ausbau von 700 PS	61 000 „
Schaltanlage	40 000 „
Bauleitung, Bauzinsen, Verschiedenes	45 000 „
	538 000 Fr.

Für den ersten Ausbau mit zwei Maschinengruppen von 350 PS ergibt dies einen Einheitspreis von etwa 770 Fr. pro ausgebaute Pferdestärke. Im zweiten Ausbau, der in der Aufstellung einer dritten Einheit von 350 PS und in der eingangs erwähnten Zuleitung des Brändbaches bestehen wird, werden sich die Baukosten auf etwa 570 Fr. pro ausgebaute Pferdestärke stellen, wobei allerdings in beiden Fälle die Erstellungskosten des Verteilungsnetzes nicht miteingerechnet sind.

NEUES ELEKTRIZITÄTSWERK DER GEMEINDE NÄFELS.

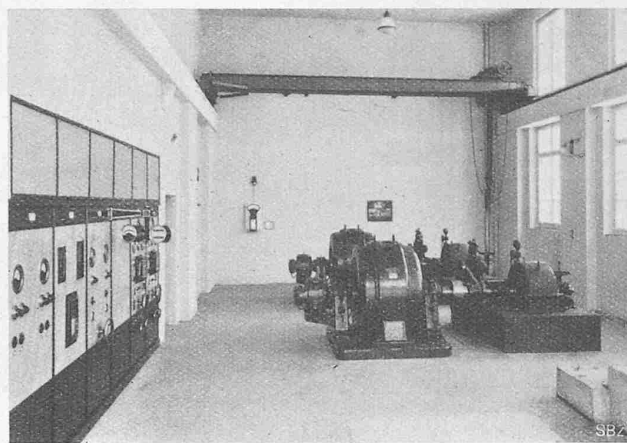


Abb. 10. Blick in den Maschinensaal.

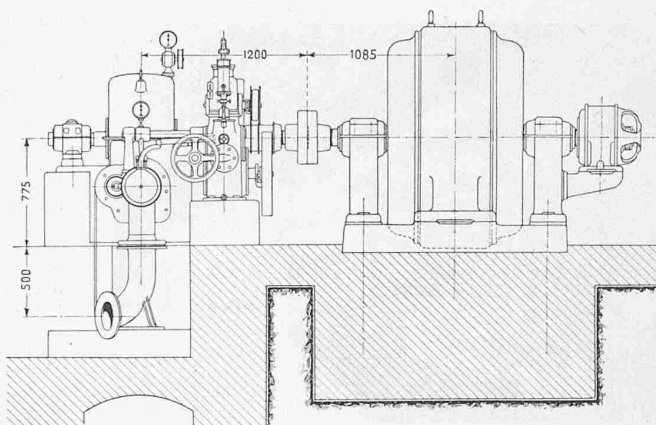
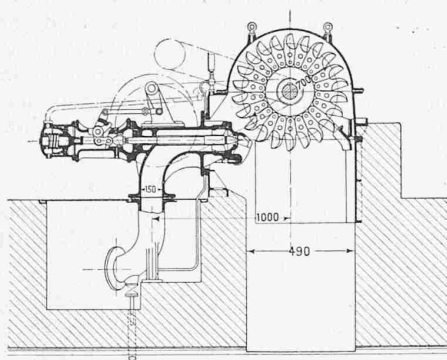


Abb. 9. Schnitt durch die Pelton turbine von 350 PS bei 350 m Gefälle und 100 Uml/min und Ansicht der Maschinengruppen. — Masstab 1:50.

Versuche über die Dauerbelastung von Eisenbetonbalken auf Biegung.

Von FRITZ HÜBNER, Ing.,

Vorsitzender der Kommission für Versuche der S.I.A.-Fachgruppe der Beton- und Eisenbeton-Ingenieure.

Die Belastungs-Versuche, von denen im folgenden kurz die Rede ist, sind noch nicht abgeschlossen. Wenn wir nichtsdestoweniger mit einigen Mitteilungen vor die Fachwelt treten, so geschieht es vorab mit Rücksicht auf den Umstand, dass die von unserer Fachgruppe finanzierten Untersuchungen schon seit längerer Zeit in die Wege geleitet sind. Zugleich sollen aber die bisherigen Ergebnisse auch zeigen, dass derartige Versuche, sowohl ihrer Natur nach, wie namentlich wegen Verhältnissen und Ueberraschungen, die nun einmal im Wesen des Eisenbeton liegen, mit Vorsicht zu führen sind, wenn man nicht Gefahr laufen will, zu unvollständigen oder gar falschen Schlüssen zu gelangen.

Bevor man mit dem eigentlichen Dauerversuch begann, sind mit geeigneten Kies- und Sandmaterialien eingehende Untersuchungen über deren günstigste Zusammensetzung angestellt worden. Anhand des also festgelegten granulometrischen Aufbaues des für die Versuchbalken schliesslich verwendeten Kies-Sand-Gemenges wird man nun jederzeit in der Lage sein, diese Versuche unter gleichbleibenden Verhältnissen weiter auszubauen. Es ist dies ein Punkt, der sich bei Versuchen mit Beton ganz allgemein als von grundlegender Bedeutung gezeigt hat, bei früheren Versuchen indessen nicht immer ausreichender Würdigung begegnete. Ueber diese interessanten Voruntersuchungen hat Prof. A. Paris in Lausanne, der sie als Mitglied unserer Kommission durchführte, im Juni 1924 Bericht an die Fachgruppe erstattet.

Als dann musste auch eine neue Maschine für Dauerbelastung hergestellt werden. Prof. A. Dumas, Vorsteher der Materialprüfungsanstalt der Ingenieurschule in Lausanne, hat sie entworfen und ausführen lassen. Wir bringen sie in der Abbildung 1 so zur Darstellung, wie sie in der vorgenannten Anstalt aufgestellt ist; eine eingehende Beschreibung der Maschine darf für den Augenblick wohl unterbleiben¹⁾. Es sei immerhin bemerkt, dass die Belastungen des Eisenbetonbalkens *stossfrei*, mittels Spiralfedern erzeugt werden. Der Antrieb geschieht auf elektrischem Wege und erlaubt etwa drei bis vier Belastungen (und Entlastungen) in der Minute; die Anzahl der Belastungen wird auf einem Zähler fortlaufend registriert.

Vorherst können mit den bescheidenen Geldmitteln nur zwei Balken dem Dauerversuch unterworfen werden. Ausserlich von genau gleichen Abmessungen und gleichem Querschnitt in der Mitte, unterscheiden sich jedoch die zwei Balken A und B, wie aus Abbildung 2 zu ersehen ist, in der Führung der Eisen auf den Strecken ausserhalb der zwei Einzellasten, die, bei einem gegenseitigen Abstand von 120 cm, die Balken symmetrisch belasten. Mit der Anordnung B soll einfach die kleine, durch die Abbiegungen der Bewehrungsseile entstehende Unsymmetrie auf die bei unserer Aufgabe untergeordneteren Schubkräfte beschränkt bleiben.

¹⁾ Die Maschine ist an der Basler Ausstellung im Stand der Ingenieurschule Lausanne aufgestellt, auf dessen Reichhaltigkeit auch betreffend Beton-Prüfung hier erneut hingewiesen sei. Red.

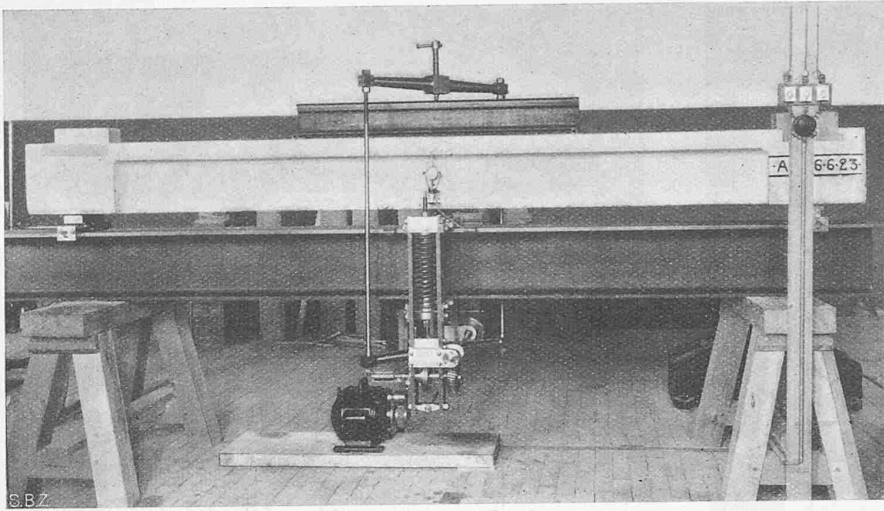


Abb. 1. Versuchseinrichtung für Dauerbelastung von Eisenbeton-Balken an der Ecole d'Ingénieurs in Lausanne.

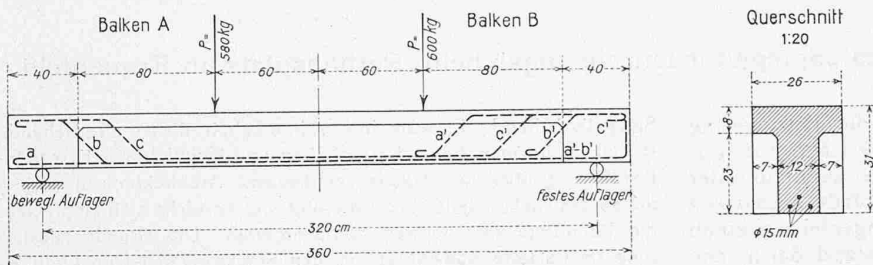


Abb. 2. Längsansicht (1:40) und Querschnitt (1:20) der auf Dauerbelastung untersuchten Balken.

Balken A wurde im Oktober 1923 im Alter von 113 Tagen einer ersten Belastung, und zwar in der stehenden Druckpresse der M. P. A.-Lausanne unterworfen; dieser Versuch diente vorab einigen Feststellungen, die Prof. Dumas für die neue Maschine benötigte. Infolge von Verzögerungen in deren Herstellung gelangte Balken A jedoch erst im Februar 1924, also im Alter von 8 Monaten, zur Prüfung auf Dauerbiegung. Seither ist dieser erste Versuchsbalken fast ununterbrochen beansprucht worden; er hat rd. 2300 000 Belastungen ertragen, bei einer ständigen Schwankung der nach unserer Eisenbetonverordnung von 1915 mit $n = 20$ berechneten Spannungswerte zwischen 160 und 570 kg/cm² für das Eisen, bzw. 6 und 21 kg/cm² für den gedrückten Beton, bzw. 5,5 und 19,4 kg/cm² für die auf Zug beanspruchten Rippenkanten.

Die Messungen am Balken geschehen periodisch, nachdem die zu Beginn ständig gelassenen Klinometer unregelmässige Formänderungen verrieten, die zweifellos auf ungleiche Schwindwirkungen der nur einseitig bewehrten Balken zurückzuführen sind und für die Zwecke unserer Untersuchung daher ohne Bedeutung bleiben. Die periodischen Messungen für die wirkende Belastung bestanden anfänglich in Beobachtungen von Durchbiegungen und von Winkeländerungen über den Auflagern. Seit einiger Zeit werden sie ergänzt durch die Beobachtung der örtlichen Dehnungen des Beton, vornehmlich längs der obersten und untersten Querschnittskanten; diese Messungen mit Dehnungsmessern System Okhuizen (bei 10 cm Messlänge) erwiesen sich in der Folge als von ganz besonderem Interesse, namentlich im Hinblick auf Feststellungen über Ermüdungs-Erscheinungen im gezogenen Beton.

Bemerkenswert für Balken A ist auch noch, dass er, aus bester Absicht, in Stampfbeton hergestellt wurde, wobei aber bedauerlicherweise Flächen und Kanten nicht ganz einwandfrei geraten sind. Wie empfindlich aber die örtlichen Dehnungen, namentlich längs der auf Zug beanspruchten Rippenkanten gerade gegen solch scheinbar unbedeutende Ausführungsmängel sind, vermochten wir erst mit den Okhuizen-Apparaten zu erkennen. Einzelheiten

über diese höchst interessanten Beobachtungen sollen später folgen.

Um sich die ersten Erfahrungen mit Balken A möglichst zunutze machen zu können, wurde *Balken B* erst im Februar 1925 hergerichtet. Unter Verwendung erdenklichster Sorgfalt geschah die Anfertigung fürs erste gleich an seinem endgültigen Platz und sodann aus Beton in plastischer Konsistenz, unter Beibehaltung jedoch der für Balken A gewählten Zusammensetzung des Trockengemenges. Das Aussehen dieses zweiten Balkens ist denn auch ein tadelloses, insbesondere längs der Rippenkanten. Dass dessen Anfangsfestigkeit um ein kleines geringer war als die des Balkens A (286 gegen 318 kg/cm², nach rd. 100 Tagen, im Zeitpunkt der ersten Belastung), ist also weiter nicht verwunderlich.

Die erste Belastung des Balkens B geschah unter fast genau den selben Verhältnissen wie bei Balken A (mit $P = 600$ kg statt 580 kg) im Mai 1925; bis heute erfuhr er bereits rd. 850 000 Belastungen. Durch die Erstellung einer zweiten Maschine ist es möglich geworden, die beiden Balken gleichzeitig zu erproben.

Das anfängliche Verhalten dieses zweiten Versuchs-Balkens war demjenigen des Balkens A ganz ähnlich. Bis zu 540 000 Belastungen war auch hier eine stete Verfestigung des Balkens, der Zunahme der Betonfestigkeit entsprechend, wahrzunehmen. Bei einer spätern Untersuchung im Februar 1926, und zwar nach 845 000 Belastungen, fanden wir jedoch ganz unerwartet eine Zunahme der Formänderungen, deren Ursache wir, anhand der Beobachtungen mit den Okhuizen-Apparaten, einer offenbaren Ermüdung der unter Zug stehenden Betonteile zuschreiben müssen. Waren nämlich bei der vorhergehenden Untersuchung vom November 1925 die von 10 zu 10 cm abgetasteten Dehnungen der (gezogenen) Rippenkanten noch von grosser Regelmässigkeit (3 bis 4 Teilstriche an den Okhuizen) — und zwar beidseitig —, so zeigten sich nunmehr (Februar 1926) grosse Unregelmässigkeiten, sowohl an ein und derselben Kante, wie auch für gegenüberliegende Stellen eines gleichen Querschnittes (die Schwankungen bewegten sich jetzt zwischen 1 und 14 Teilstrichen). Neben Stellen, deren Mittel aus den gegenüberliegenden links- und rechtsseitigen Dehnungen die früheren 3 bis 4 Teilstriche am Okhuizen nicht wesentlich überstiegen, fanden sich aber zwei Querschnitte mit *beidseitig* ausgeprägt grösseren Dehnungen von im Mittel rund 9 und 11 Teilstrichen am Okhuizen (an den zwei Rissstellen des Balkens A misst man rund 16 und 24 Teilstriche). Aller Wahrscheinlichkeit nach werden sich an den betreffenden zwei kritischen Stellen des Balkens B, trotz der genannten niedern Belastungen, noch Risse einstellen; bisher waren solche auch mit der Lupe unmöglich zu entdecken.

Dieser letzten, etwas unerwarteten Beobachtung einer Ermüdungs-Erscheinung an theoretisch auf noch keine 20 kg/cm² Biegunzug beanspruchtem Beton glauben wir grösste Aufmerksamkeit schenken zu müssen; die Versuche werden deshalb wohl etwas mehr Zeit beanspruchen als ursprünglich vorgesehen war.

Diese vorläufigen Mitteilungen beschliessend, sei noch erwähnt, dass der Versuchsbalken A nun mit einer etwas gesteigerten Belastung von 2×810 kg weiterbelastet wird, nachdem er seit dem Eintreten der ersten zwei Risse eine stete „Verfestigung“ zeigte; die Spannung im Eisen wird dadurch auf rund 800 kg/cm² gebracht.