

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 22-23 (1954-1955)
Heft: 1

Artikel: Die Elastizität des Betons
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153306>

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: 03.12.2024

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

CEMENTBULLETIN

JANUAR 1954

JAHRGANG 22

NUMMER 1

Die Elastizität des Betons

Die Formänderungen von Beton unter dem Einfluss von kurzfristigen und andauernden Kräften sind nicht augenfällig. Dennoch ist ihre Kenntnis, wie an zwei Beispielen dargetan, von einiger Bedeutung.

1. Die Elastizität.

Beim Wort «Elastizität» denkt man zuerst an Gummi und dann an die Stahlfeder. Dies sind die anschaulichsten Beispiele für diese physikalische Erscheinung. Es darf aber nicht vergessen werden, dass alle Körper, seien sie auch noch so spröde, elastische Eigenschaften zeigen.

Wirken auf einen Körper verschieden gerichtete Kräfte ein, so erleidet derselbe eine Formveränderung, welche sich aus zwei verschiedenen Arten zusammensetzt:

- a) die **elastische** oder **federnde Deformation**, die mit der Abnahme der Kräfte wieder zurückgeht und
- b) die **plastische** oder **bleibende Deformation**, welche durch andauernde Belastung entsteht oder dann eintritt, wenn die Kräfte eine gewisse Höhe erreicht haben.

2 Jedes Material zeigt in dieser Beziehung charakteristisches Verhalten. Drei Beispiele sollen die Erscheinungen in den Abb. 1 und 2 veranschaulichen.

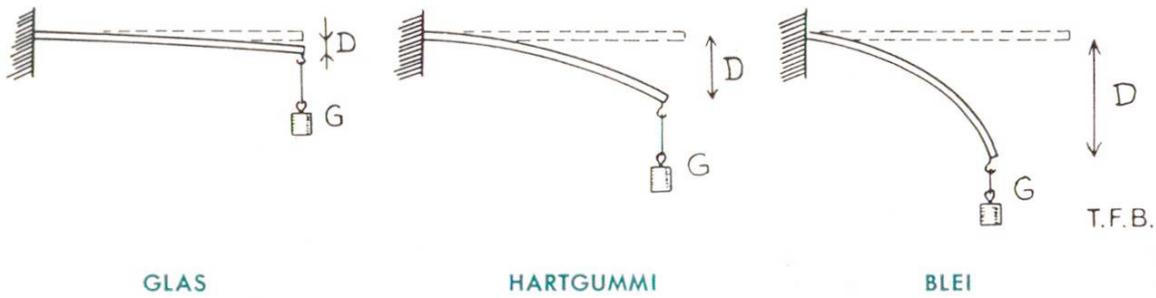


Abb. 1

Erfolgt die **Belastung** und nachher die **Entlastung** stufenweise, so können die Beobachtungen graphisch aufgezeichnet werden. Es entsteht ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

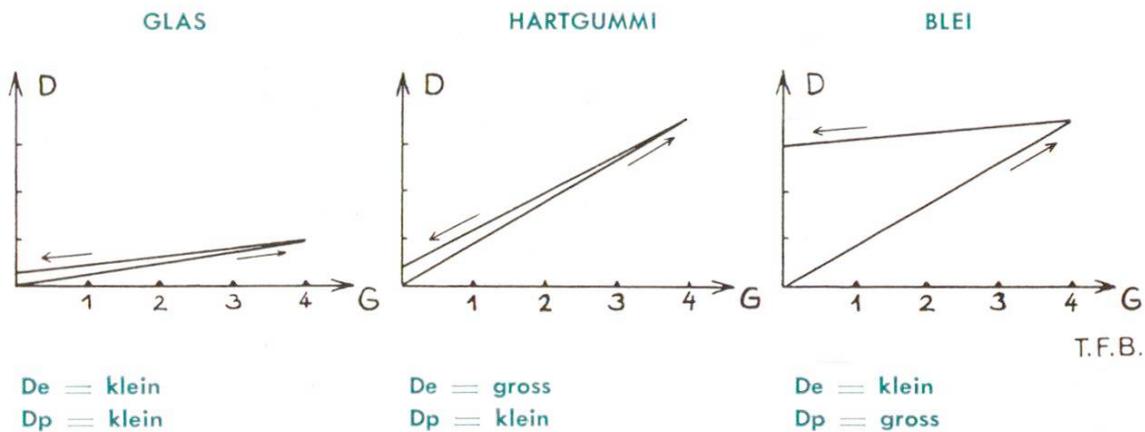


Abb. 2 Schematische Spannungs-Dehnungs-Diagramme

Die elastischen Eigenschaften werden durch eine Kennzahl, dem sog. **Elastizitätsmodul «E»** ausgedrückt. Dieser ist:

$$E = \text{Elastizitätsmodul} = \frac{\text{Spannung}}{\text{federnde Deformation}}$$

E entspricht der Neigung der Verformungskurve (Abb. 2) und ist theoretisch diejenige Spannung, die notwendig wäre, um den Körper in die doppelte Länge zu ziehen. Die federnden oder elastischen Eigenschaften eines Stoffes sind also gross, wenn dessen E klein ist.

3 2. Das elastische Verhalten und die Formveränderungen des Betons.

Das Spannungs-Dehnungs-Diagramm, wie wir es eben für drei typische Beispiele aufgezeichnet haben, sieht für Beton ungefähr so aus:

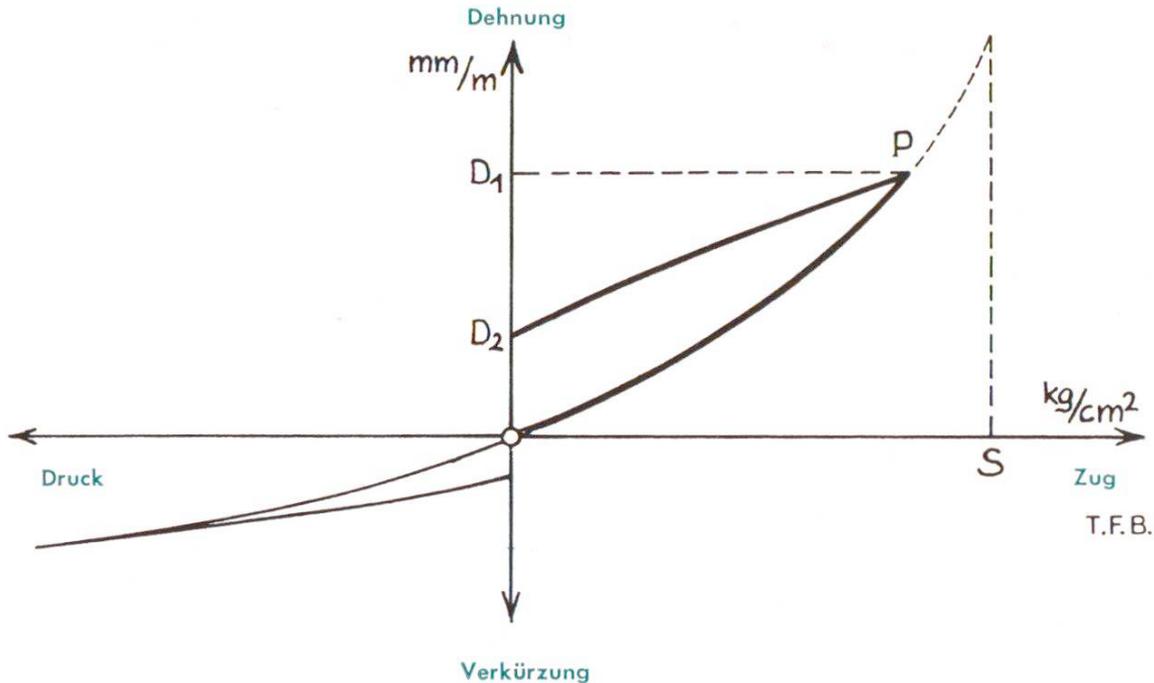


Abb. 3 Schematisches Spannungs-Dehnungs-Diagramm für Beton

In diesem Bild entsprechen:

| | |
|-------------|------------------------------------|
| $D_2 - D_1$ | der elastischen Deformation |
| $O - D_2$ | der plastischen Deformation |
| $O - P$ | der Belastungskurve |
| $P - D_2$ | der Entlastungskurve |
| S | der Bruchspannung. |

Ferner wird in der Darstellung angedeutet, dass die Formveränderungen sowohl unter der Einwirkung von Zug- als auch von Druckspannungen eintreten.

Besprechen wir nun kurz die beiden Deformationsarten:

- Die **elastische Deformation** oder **federnde Verformung** ist von der Dauer der Belastung praktisch unabhängig. Sie reagiert unmittelbar rasch und hat ihre Ursache in den kleinsten Ver-

4 änderungen der regelmässigen Abstände der Atome im Kristallgitter (vgl. CB 44/12 und 49/21).

Der Elastizitätsmodul von Beton (E) liegt, je nach Festigkeit, zwischen 150 000 und 500 000 kg/cm².

- b) Die **plastische Deformation** oder **bleibende Verformung**, das «**Kriechen**», hat, wie der eine Name sagt, trägen Charakter. Sie wächst mit der Zeit der Belastung, bis sie, immer weniger zunehmend, nach 3—5 Jahren einen Endwert erreicht. Das Kriechen entsteht durch kleinste Verschiebungen der einzelnen abgebundenen Cementkristalle untereinander.

3. Anwendungsbeispiele.

- a) Das elastische Verhalten von Beton ist in bezug auf die Bildung von Rissen von grösster Wichtigkeit. Als Beispiel berechnen wir die Spannungen, die an der Oberfläche einer Betonstrasse auftreten können, wobei wir folgende Annahmen machen:

Temperaturabfall = 35° C (Sonnenbestrahlung — Hagel)

Mittlere Temperatur

— in der obersten 1/2 cm dicken Schicht = 20° C

— in der darunterliegenden Schicht = 28° C

Temperaturdifferenz = 8° C.

Welche Zugspannungen treten nun infolge der Verkürzung durch die Abkühlung an der Oberfläche der Betonplatte auf? Die **Längenänderung** im Beton infolge Temperaturschwankungen beträgt 0.00001 cm pro 1° C und 1 cm.

In unserem Falle also: $8 \times 0.00001 = 0.00008$.

Der Elastizitätsmodul betrage

— für Beton I: $E = 150\,000 \text{ kg/cm}^2$

— für Beton II: $E = 400\,000 \text{ kg/cm}^2$.

Da $E = \frac{\text{Spannung}}{\text{Deformation}}$, ist $\text{Spannung} = E \times \text{Deformation}$.

Die auftretenden Spannungen sind somit:

— $150\,000 \times 0.00008 = 12 \text{ kg/cm}^2$ für Beton I

— $400\,000 \times 0.00008 = 32 \text{ kg/cm}^2$ für Beton II.

Wie die Resultate zeigen, können die aufgetretenen Zugspannungen im angenommenen Falle im Bereich der Bruchgrenze liegen. Somit ist die Gefahr der Rissebildung vorhanden. Es ist aber auch ersichtlich, dass in Beton I, mit kleinem E, auch die kleinere Zugspannung auftritt. Dies führt zum Schlusse, dass es erstrebenswert ist, einen Beton herzustellen, der bei hoher Festigkeit einen möglichst niedrigen Elastizitätsmodul aufweist.

- b) Bevor die Erscheinung des **Kriechens** bekannt war, vor ungefähr 45 Jahren, scheiterten Versuche mit vorgespanntem Beton, indem die Spannung der verwendeten Stahldrähte, anfänglich 600 kg/cm^2 , mit der Zeit vollständig verschwand. Erst mit der Erkenntnis des Kriechens und insbesondere des Umstandes, dass das Kriechmass einem Endwert zustrebt, konnte dann, allerdings unter viel höherer Zugbeanspruchung des Stahls, die Idee der Vorspannung verwirklicht werden.

Das **Kriechmass** beträgt bei einer Belastung von 100 kg/cm^2 ungefähr 0.5 mm/m und ist auf die Dauer somit grösser als die elastische Verformung. Das Kriechen des Betons bewirkt zusammen mit dem Schwinden und den Kriecherscheinungen des Stahles eine schlussendliche Reduktion der Vorspannung um $10\text{—}20\%$.

4. Die Beeinflussung der Betonelastizität.

Die Grössen des Elastizitätsmoduls und die der Festigkeit gehen Hand in Hand, d. h., dass alle Faktoren, wie Zusammensetzung, Kornabstufung, Lagerung etc., welche die Festigkeit erhöhen oder herabsetzen, auch den Elastizitätsmodul im gleichen Sinne beeinflussen. Diese Feststellung ist für die Erfüllung der Forderung nach grosser Festigkeit bei kleinem E nicht geeignet. Mit der Wahl von bestimmten Gesteinen als Zuschlagstoffe ist aber dennoch die Möglichkeit gegeben, das Verhältnis günstig zu verschieben. Ein Gestein mit kleinem Elastizitätsmodul ergibt auch einen Beton mit kleinerem E, ohne dass die Festigkeit in gleichem Mass Einbusse erleidet. Solche, sich günstig auswirkende Zuschläge sind gebrochener Granit oder Quarz.

In letzter Zeit versucht man auch durch Zusätze von plastischen Massen, wie Bitumen und Kunststoffe, das Verhältnis der Festigkeit zur Elastizität günstig zu beeinflussen. Die Versuche sind aber

6 noch lange nicht abgeschlossen, und es fehlen vor allem Bewährungsproben über längere Zeitspannen.

5. Die Messung des Elastizitätsmoduls.

Bei der Messung von E kann wie bei der Festigkeitsprüfung vorgegangen werden. Es wird jedoch nicht bis zum Bruch belastet, sondern man misst bei bestimmten einwirkenden Lasten die Formveränderungen des Probekörpers.

Neuerdings kann man durch Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Schallwellen in Probekörpern oder durch Bestimmung der Eigenfrequenzen des Betons auf den Elastizitätsmodul schließen. Die enge Beziehung von E zur Festigkeit ausnützend, bilden solche Messungen die Grundlagen zu den Methoden der **zerstörungsfreien Festigkeitsprüfung**.