Modellversuch zur Statik

Lösungsblatt

Grundbegriffe

Ausgehärteter Beton vereint auf geniale Weise zwei bedeutsame Eigenschaften. Er ist beides in einem: hart wie Stein und stabil wie Stahl. Oder etwas wissenschaftlicher ausgedrückt: Er weist eine sehr hohe Druckfestigkeit auf und dank des Armierungsstahls auch eine sehr hohe Zugfestigkeit. Was bedeutet das?

Bei der Druckfestigkeit wird geprüft, wie gross die Kraft (in N) pro mm2 ist, die auf ausgehärteten Beton ausgeübt werden kann, bis er bricht. Getestet wird das an normierten Betonwürfeln (15 cm Kantenlänge), die in einem Standardverfahren hergestellt, während 28 Tagen unter Wasser ausgehärtet und dann getestet werden.

(Siehe dazu: <https://www.youtube.com/watch?v=Fjgpvi8igbE>)

Typische Druckfestigkeiten von Beton liegen im Bereich zwischen 20 und 100 N/mm2. Der Wert kann je nach Mischungsverhältnis, Art des verwendeten Kieses sowie weiteren Faktoren gezielt gesteuert und kontrolliert werden. Die hohe Druckfestigkeit ist für viele Anwendungen von Beton unabdingbar (z.B. für Böden, Strassenbeläge, Brückenelemente, Säulen etc.).

Allerdings reicht die hohe Druckfestigkeit alleine nicht aus. Ein Betonträger beispielsweise wird auch weiteren Kräften ausgesetzt. Deshalb braucht er auch eine hohe Zugfestigkeit! Abbildung 1 zeigt schematisch einen Betonträger, der auf zwei Stützen A und B aufliegt. Aufgrund seines Eigengewichts und einer möglichen zusätzlichen Belastung von oben, wirken Kräfte, die eine Verbiegung in Richtung der gestrichelten Linie verursachen.

****

Abbildung 1 Betonträger auf zwei Stützen (Quelle: <https://www.bauformeln.de/statik/traeger-auf-zwei-stuetzen/>)

Verbiegungen dieser Art führen zu Druck- und Zugkräften im Innern des Betonträgers, wie z.B. in Abbildung 2 modellhaft dargestellt.

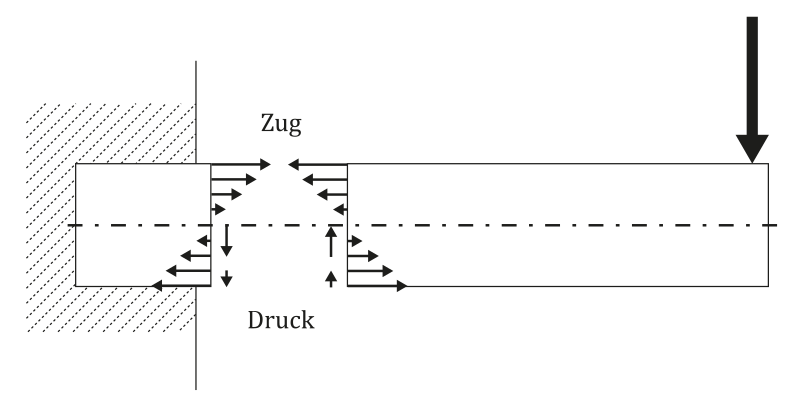


Abbildung 2: Zug und Druckkräfte in einem belasteten Betonträger (hier nur einseitig verankert) (Quelle: <https://www.wikiwand.com/de/Mechanische_Spannung>

Nun ist es aber so, dass Beton keine hohe Zugfestigkeit aufweist. Sie beträgt nur ca. 10% des Wertes der Druckfestigkeit. Das heisst: Einfacher Beton ist nicht belastbar, sobald Kräfte in Richtung einer Verbiegung wirken. Deshalb muss der Beton für diese Zwecke verstärkt werden. Dies geschieht meistens durch ArmierungoderBewehrungmit Stahl. Denn Stahl weist eine hohe Zugfestigkeit auf.

Modellversuch (Idee und Bilder Deniz Tokdemir)

Material:

* 2 Auflagen
* Schaumstoffmatten unterschiedlicher Grösse
* Ausreichend Klebeband
* Alternativ ev. auch Schnur oder geflochtenes Gewebe

Auftrag:

1. Verstärkt eine Schaustoffmatte mit Hilfe des Klebebandes so, dass die Schaumstoffmatte ein Buch tragen kann:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Unbelastet, ohne „Armierung“ | Belastet, ohne „Armierung“ | Belastet, mit „Armierung“ |

1. Vergleicht eure Lösung mit der Lösung anderer Gruppen. Warum funktioniert das überhaupt? Welche Lösung funktioniert besser? Welche schlechter? Argumentieren sie unter Verwendung des Begriffs Zugfestigkeit.

Individuelle Lösungen. Entscheidend sind folgende Erkenntnisse:

Das Klebeband weist eine hohe Zugfestigkeit auf und kann diese in gewissem Sinn „auf die Schaumstoffmatte übertragen“. Dazu muss das Klebeband aber recht satt um den Schaumstoff gewickelt werden. Wenn das Klebeband gut am Schaumstoff klebt (was allerdings meistens nicht der Fall ist) würde es ausreichen, das Klebeband nur unten an der Matte anzukleben.

Eine rasterartige Umwicklung bringt Stabilität in beide Richtungen.

Eine engmaschige Umwicklung bringt mehr Stabilität, bedeutet aber auch mehr Aufwand (Auch in der Realität braucht es eine Kosten-Nutzen-Analyse um festzustellen, wie viel Armierungsstahl eingebaut werden muss.)

1. Denkt an euren eigenen Betonträger zurück, den ihr selbst gegossen habt. Welche Art von Armierung müsste man an welcher Stelle in den Beton einbauen, damit ein möglichst stabiler und belastbarer Betonträger entsteht? Diese Überlegungen helfen euch dann bei der Hypothesenformulierung im Arbeitsblatt 2.4.

Am besten wird der Armierungsstahl oder ein sehr zugfestes Gewebe im unteren Drittel des Trägers eingebaut. Die Zugkräfte treten unterhalb der Mitte auf und werden nach unten immer stärker. Die Armierung darf jedoch auch nicht ganz unten eingelegt werden, da der Stahl vollständig von Beton umhüllt sein muss, damit er nicht korrodiert.

Abbildungen:

-Ohne Armierung: Michaela Götsch, 2020

-Ohne Armierung belastet : Michaela Götsch, 2020

-Mit Armierung belastet: Michaela Götsch, 2020

Spannbeton und Zusammenfassung

Das folgende Video fasst das wichtigste sehr anschaulich und gut strukturiert zusammen (englisch mit deutschen Untertiteln)

<https://www.youtube.com/watch?v=cZINeaDjisY>

Schaut euch das Video an und beantwortet im Anschluss noch folgende weiterführende Frage:

1. Welchen Vorteil hat es, wenn die Stahlelemente im Beton vor oder nach dem Giessen des Betons gespannt werden?

Wird ein Stahlelement in Zugrichtung belastet, dehnt es sich trotz seiner hohen Zugfestigkeit in Längsrichtung etwas aus. Dadurch entstehen im Beton kleine Risse, die mit der Zeit zu Korrosion führen können. Um dies zu verhindern, kann das Stahlelement (vor oder nach dem Giessen des Betons) gespannt werden. Dann hat es bereits die Länge, die es bei maximaler Zugbelastung aufweist. Selbst bei voller Belastung entstehen im Beton keine oder kaum Risse.