

## GRAVIS Wissenswelt Beitrag

### Bewehren von Flachdecken bei Rohrleitungsöffnungen

von Dr. Stefan Lips

Vor der Jahrtausendwende wurden Rohrleitungsöffnungen bei der Bemessung von Flachdecken selten beachtet. Mit zunehmender Anzahl von Leitungen in Stahlbetondecken ist jedoch auch die Problematik der Widerstandsschwächung gestiegen. Daher werden mittlerweile sehr unterschiedliche Systeme angeboten.

Technisch betrachtet ist dies allerdings ein altbekanntes Problem. Dies betraf jedoch grundsätzlich Träger und nicht Platten. Im Hinblick auf die Problemstellung ist dieser Unterschied für die Bemessung wenig relevant, da sich die Bemessungsmodelle von Balken und Platten hinsichtlich der Querkraft nicht unterscheiden.

1916 schrieb Kasarnowsky in der Schweizer Bauzeitung über die statische Untersuchung von durchbrochenen Wandträgern im Eisenbetonbau [1]. Dabei ging es vor allem um Tür- und Fensteröffnungen in wandartigen

Trägern. Dazu wurden die Formeln zur Dimensionierung der Bewehrung dargestellt. Am Beispiel des heute noch bestehenden Vereinshauses zur Kaufleuten am Pelikanplatz in Zürich wurde die Bewehrung berechnet und dargestellt (Bild 1). Es ist gut zu erkennen, dass die Öffnung idealerweise in der Mitte des Trägers bei der geringsten Querkraft angeordnet wurde. In diesem Bereich werden die Zug- und Druckkräfte aus Biegung unterhalb bzw. oberhalb der Öffnung durchgeleitet. Die geringe Querkraft in diesem Bereich wird ebenfalls von den schubbewehrten Trägern oberhalb und unterhalb der Öffnung aufgenommen.

Was passieren kann, wenn den Öffnungen in den Trägern keine oder nur wenig Beachtung geschenkt wird, zeigt der Artikel von Hauri aus dem Jahr 1994 [3], in dem ein Schadenfall an einem Träger mit ausgeprägtem Lochbild diskutiert wird. Dabei wird auch dargestellt, welches Tragsystem sich in Abhängigkeit von der Grösse der Öffnungen ausbildet. Bei kleineren Öffnungen kann sich ein Fachwerkmodell ausbilden, wie es in Bild 2a-c dargestellt ist. Dies setzt jedoch voraus, dass genügend Beton vorhanden ist, damit sich eine Druckdiagonale ausbilden kann. Die Gefahr von zu wenig Betonfläche besteht vor allem dann, wenn mehrere Öffnungen dicht nebeneinander angeordnet sind.

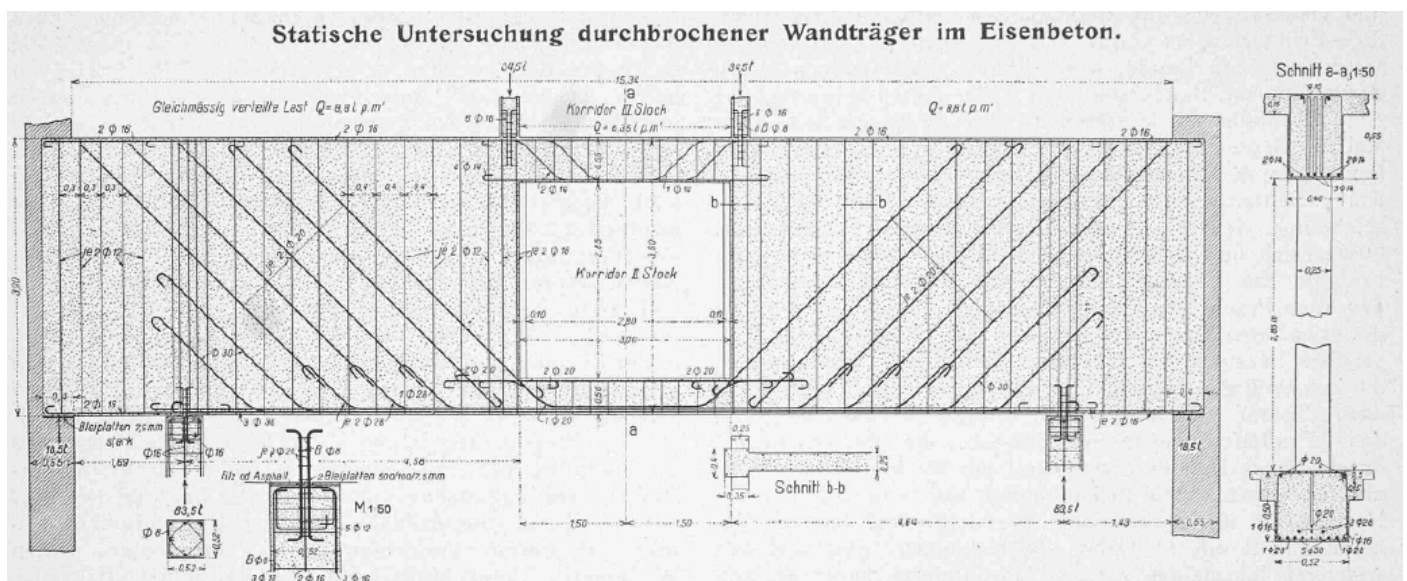


Bild 1: Bewehrungsanordnung eines wandartigen Trägers mit einer Öffnung aus [2]

Bei grösseren Öffnungen ergibt sich ein Rahmensystem (Bild 2d). Dies setzt jedoch voraus, dass die Knoten biegesteif ausgebildet werden. Andernfalls entsteht ein biegeweicher Anschluss, der zur Folge hat, dass die Querkraft nur vom Unter- oder Obergurt aufgenommen wird (Bild 2e).

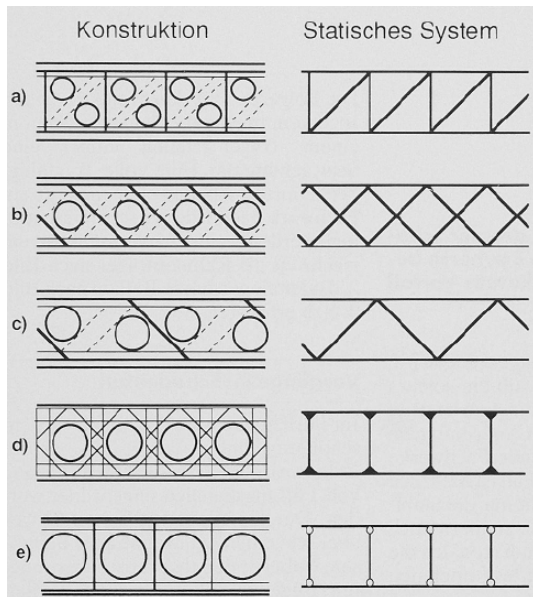


Bild 2: Statische Systeme bei Öffnungen aus [3]

Mansur und Tan [4] haben eine ausführliche Untersuchung von Öffnungen in Trägern verfasst. In ihrem Buch erläutern sie die verschiedenen Versagensmechanismen und diskutieren die Berechnungsmethoden in Anlehnung an die amerikanische Bemessungsnorm ACI-318 und zeigen verschiedene Bewehrungsführungen auch in Abhängigkeit von der Öffnungsgrösse und damit der statischen Tragwirkung auf.

Bei Stahlbetonbauteilen mit kleinen Öffnungen, sind zwei Versagenskriterien zu betrachten. Diese werden von Mansur und Tan [4] nach ihrem Bruchbild (z.B. radiale und tangentiale Rissbildung bei runden Öffnungen) als Balkenbruch und Rahmenbruch bezeichnet. Im ersten Fall handelt es sich um ein Versagen der Bewehrung, im zweiten Fall um ein Versagen der Betondruckstreben. Die Stahltragfähigkeit kann gemäss Bild 3 ermittelt werden. Gegen das Versagen der Betondruckstrebe ist nachzuweisen, dass ober- und unterhalb der Leitung eine ausreichende Betonfläche vorhanden ist.

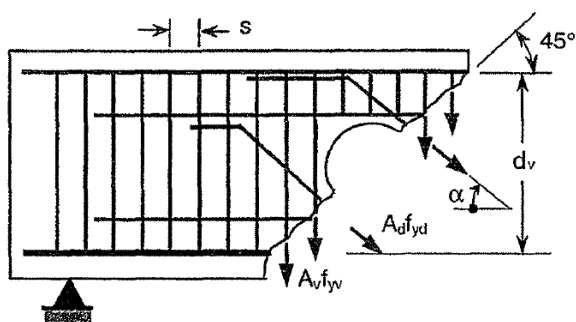


Bild 3: Darstellung des Kräfteverlaufs in der Bewehrung bei einer Öffnung aus [4]

Da die Bewehrungsführung in diesen Bereichen nicht ganz einfach ist, wurden auch fertige Bewehrungskörbe entwickelt. Vor allem in Japan wurden verschiedene Bauprodukte entwickelt und zum Teil auch patentiert. Ein Beispiel stammt von Nipponsteel (Bild 4). Dabei wird ein vorgefertigter Rahmen aus Betonstahl um die Leitung gelegt [5].

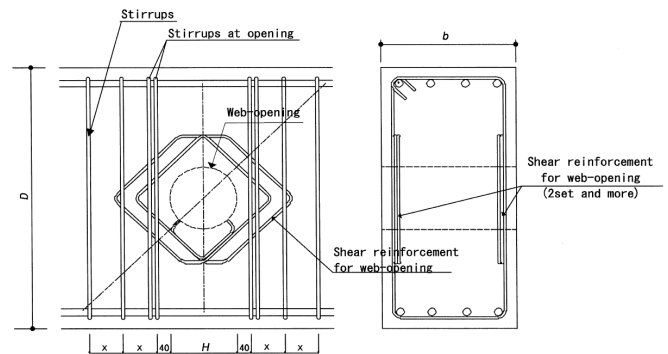


Bild 4: Japanisches Bewehrungselement aus [5]

Da es sich um ein geschlossenes Bewehrungssystem handelt, ist es für Stahlbetondecken nicht ideal. In Japan wurden jedoch andere Systeme dieser Art entwickelt (Bild 5), die auch bei Stahlbetonplatten eingesetzt werden können, auch wenn nicht immer die gewünschte Tragfähigkeit erreicht wurde [6].

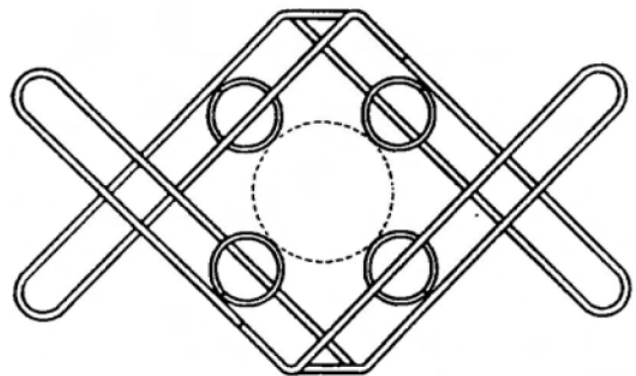


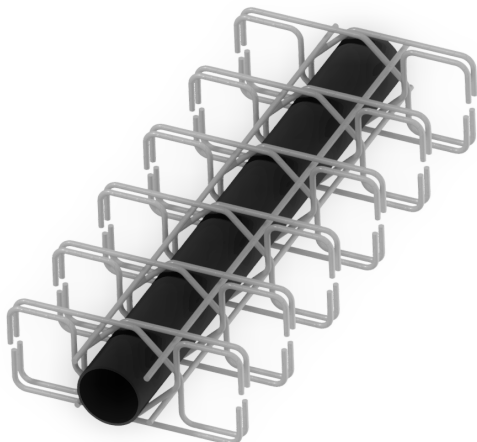
Bild 5: Japanisches Bewehrungselement, aus [6]

Auch in Deutschland wurde von 2009 - 2011 ein Forschungsprojekt zur Querkrafttragfähigkeit im Bereich von Öffnungen durchgeführt [7]. Dabei wurde der Tragwiderstand verschiedener Bewehrungselemente untersucht.

Das Bewehrungssystem GRAVIDUR TUB basiert auf den vorgängig genannten Untersuchungen und Modellvorstellungen. Aufgrund der Bügelform und Anordnung stellt es ein effizientes System zur Kraftübertragung dar. Grundsätzlich kann mit der bestehenden Theorie die Kraftübertragung im Bereich der Öffnungen auch mit einzelnen Bewehrungsbügeln sichergestellt werden. Der Vorteil von GRAVIDUR TUB liegt jedoch auch darin, dass es geometrisch so gestaltet ist, dass nicht nur eine ausreichende Bewehrungsfläche, sondern auch eine ausreichende Betonfläche für die Betondruckstrebe zur Verfügung steht. Dies ist insbesondere auch zwischen zwei

nebeneinander liegenden Rohren sicherzustellen. Bei eigenen Bewehrungsanordnungen oder anderen Systemen ist gegebenenfalls Vorsicht geboten und es muss bauseits sichergestellt werden, dass genügend Betonfläche zur Verfügung steht.

a)



b)

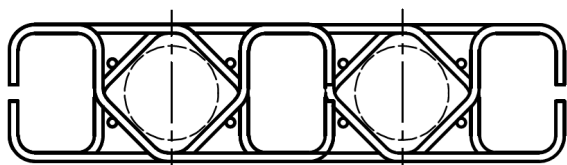


Bild 6: GRAVIDUR TUB Bewehrungselemente  
a) Isometrie bei einem Rohr, b) Ansicht bei zwei Rohren nebeneinander

## Literatur

- [1] Kasarnowsky, S., Statische Untersuchung durchbrochener Wandträger in Eisenbeton, Schweizerische Bauzeitung, Band 68, 1916, pp. 53-55
- [2] Vereinshaus z. Kaufleuten in Zürich: erbaut durch Bischoff & Weideli, Architekten in Zürich, Schweizerische Bauzeitung, Band 67, 1916, pp. 245-249
- [3] Hauri, H., Der durchlöcherter Träger, Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 14, 1994, pp. 227-230
- [4] Mansur, M. A., Tan, K-H., Concrete Beams with Openings Analysis and Design, CRC Press, 1999, 238 pp.
- [5] Suzuki, A., Harada, K., Aihara, M., Oohashi, S., High Strength Deformed Bar-in-Coil HDC800 for Shear Reinforcement of RC Beam with Web-opening, Nippon Steel Technical Report, No. 96, 2007, pp. 67-74
- [6] Maeguchi, T., Forschung zur Verbesserung der Bewehrungsmethoden für perforierte Stahlbetonträger, Dissertation, Kyushu Institute of Technology 1996, 104 pp. (in Japanisch)
- [7] Schnell, J., Albrecht, C., Tragfähigkeitssteigerung von Installationsdecken durch Querkraft-Bewehrungselemente, Forschungsinitiative Zukunft Bau, 2011, 234 pp.

 GRAVIS AG  
Birchstrasse 17, 3186 Düringen

 +41 26 492 30 10

 info@gravis.swiss

 www.gravis.swiss

