

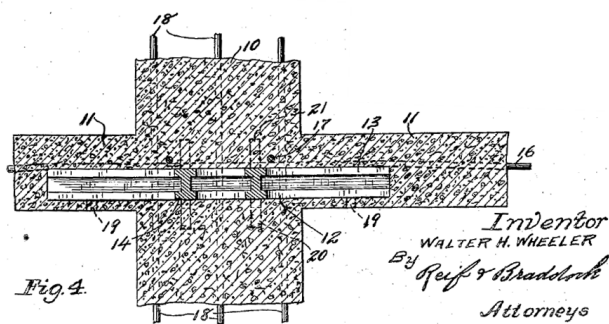
## GRAVIS Wissenswelt Beitrag

### Zur Bemessung von Stahlpilzen

von Dr. Stefan Lips

Die Erfindung des Stahlpilzes geht auf Walter H. Wheeler zurück. Er patentierte 1930 einen Rahmen für Betonstützen (frame for concrete columns) [1], siehe Bild 1a). Decken ohne Unterzüge wurden zwar schon früher gebaut und die Problematik des Durchstanzens war auch bereits bekannt [2, 3, 4]. Dabei wurde jedoch bis dahin immer eine Verstärkung unterhalb der Decke vorgenommen, was zu den typischen Pilzdecken führte. Mit Wheelers Erfindung wurde das Lastausbreitungselement erstmals vollständig in die Flachdecke integriert.

a)



b)

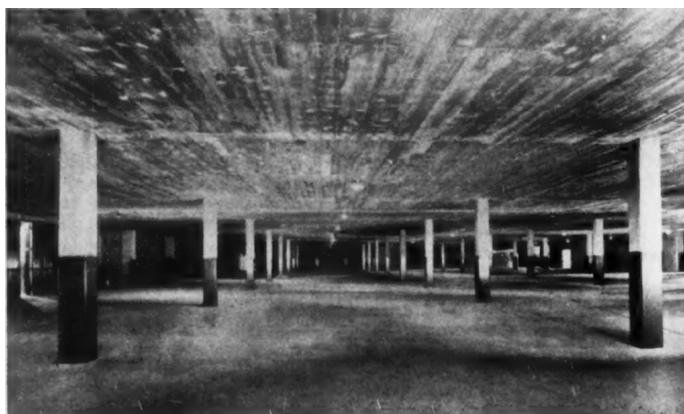


Bild 1: a) Zeichnung aus der Patentanmeldung von Wheeler aus 1930 [1] und b) Unteransicht der Flachdecke des Minneapolis Armory Gebäude von 1936 [5].

Eine der ersten Anwendungen war die Minneapolis Armory, die 1936 gebaut wurde und heute noch steht [5], siehe Bild 1b). Das System bestand aus kreuzförmig angeordneten Stahlprofilen. Diese Art von Stahlpilz wurde zwar auch bereits früh in der amerikanischen Norm behandelt, findet aber heute kaum noch Anwendung.

In der Schweiz gab es die ersten Anwendungen von Stahlpilzen in den sechziger Jahren. Eine der ersten Anwendungen erfolgte beim Bau der Einstellhalle für die Verkehrsbetriebe Winterthur [6]. Im Gegensatz zum Stahlpilz nach Wheeler wurde das Stahlkreuz aussen mit weiteren Stahlprofilen geschlossen, so dass eine im Grundriss gesehene rechteckige Konstruktion entstand, siehe Bild 2.

Ein Vorteil, der in der damaligen Patentschrift von Bryl [7] genannt wurde, ist die Möglichkeit, Aussparungen in Stütznähe anzuordnen und trotzdem die geforderte Tragfähigkeit zu erreichen. Diese stütznahen Aussparungen sind auch heute noch ein wesentlicher Vorteil gegenüber Durchstanzbewehrungssystemen wie Bügel oder Doppelkopfanker. Zusätzlich können die Durchstanzwiderstände mit Stahlpilzen deutlich erhöht werden. Bei der Durchstanzbewehrung ist für eine gegebene Situation (Geometrie und Material) der maximal mögliche Widerstand durch die Betondruckdiagonale am Auflager gegeben. Das bedeutet, dass auch mit mehr Durchstanzbewehrung der Widerstand nicht weiter erhöht werden kann. Anders verhält es sich bei Stahlpilzen. Sie ermöglichen wesentlich höhere Widerstände, da die Stahlprofile den Beton in Auflagernähe entlasten. Insbesondere in Kombination mit Durchstanzbewehrung ausserhalb des Stahlpilzes ergibt sich ein leistungsfähiges Durchstanzsystem.

a)

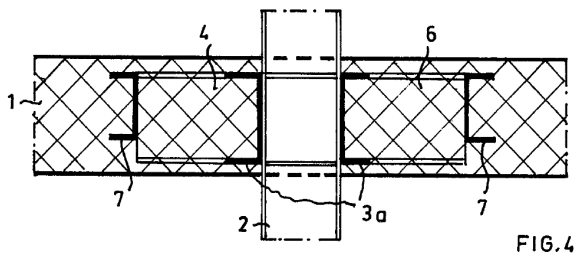
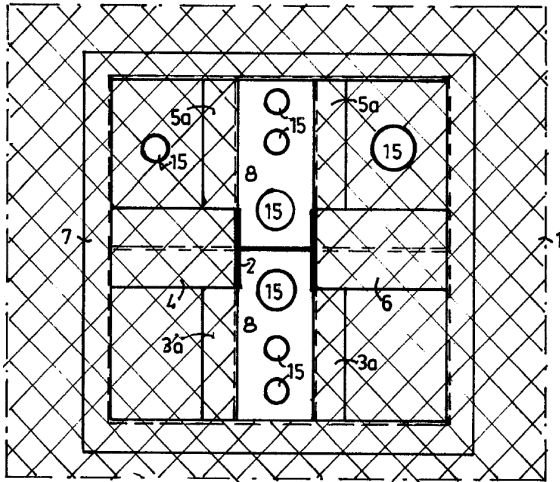


FIG. 4



b)

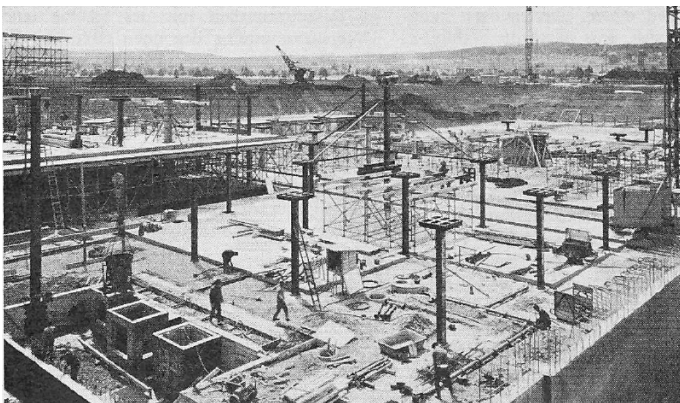
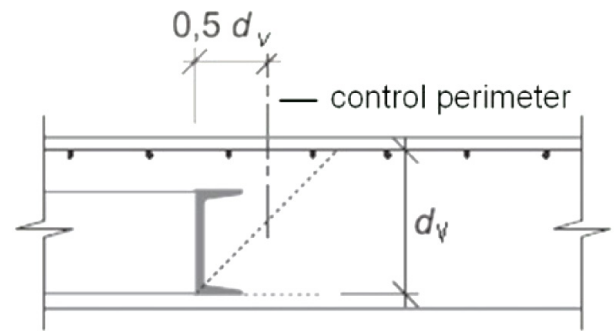


Bild 2: a) Zeichnungen aus der Patentanmeldung von Bryl aus 1965 [7] und b) Anwendung von Stahlpilze bei der Einstellhalle für die Verkehrsbetriebe Winterthur [6].

In den Projektierungsnormen SIA 262:2013 [8] und fib Model Code 2020 [9] finden sich Hinweise zur Durchstanzbemessung ausserhalb der Stahlpilze. Es wird gezeigt, dass der Nachweisschnitt  $0,5 d_v$  von der Stegachse entfernt anzunehmen ist. Zudem wird gezeigt, dass bei zusätzlicher Durchstanzbewehrung der Abstand der des ersten Ankers oder Bügels ( $s_0$ ) von der Stegachse anzusetzen ist. Der Grund dafür ist, dass die Flansche der Randprofile, auch falls sie örtlich gestützt werden, zu weich sind, um die Last durch Biegung in den Steg einzuleiten. Für den Nachweisquerschnitt und die Anordnung der Durchstanzbewehrung ist daher die Stegachse massgebend, da dort die Kraft eingeleitet wird.

a)



b)

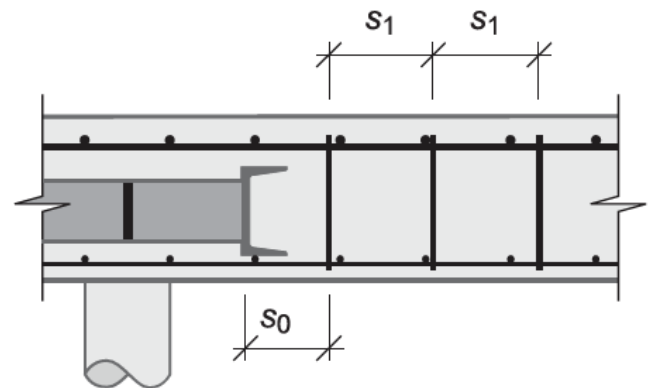


Bild 3: Darstellung bezüglich Stahlpilze in a) fib Model Code 2020 [9] und b) SIA 262:2013 [8].

Die Stahlpilze selbst können nach der Stahlbaunorm SIA 263:2013 [10] bemessen werden. Die Lastabtragung erfolgt von der Stahlbetondecke in die Randprofile und über die Stahlbleche in die Auflager. Entscheidend für die Bemessung ist, dass sich die Stahlpilze im Gleichgewicht befinden. Während quadratische oder rechteckige Stahlpilze bei Innenstützen in der Regel kein Problem darstellen, ist dies bei Sonderpilzen, wie z.B. Stahlpilzen bei Rand- oder Eckstützen, zu beachten. Diese Stahlpilze sind daher in die Stütze einzuspannen oder es ist eine entsprechende Biegebewehrung vorzusehen, die entweder in die Stahlbetondecke eingelegt oder zusätzlich mit dem Stahlpilz verschweisst wird, um das Momentengleichgewicht zu gewährleisten.

Bild 3 zeigt einen Stahlpilz an einer Randstütze. Grundsätzlich wird von einer annähernd gleichmässigen Verteilung der Kräfte entlang der Randprofile ausgegangen. Daher sind die Kräfte in den blauen Bereichen bzw. im verbindenden Stegblech im Gleichgewicht. Der rote Bereich kann nur durch ein zusätzliches Biegemoment ins Gleichgewicht gebracht werden. Dies ist auch im Schnitt dargestellt. Dieses Biegemoment muss durch eine Biegebewehrung aufgenommen werden.

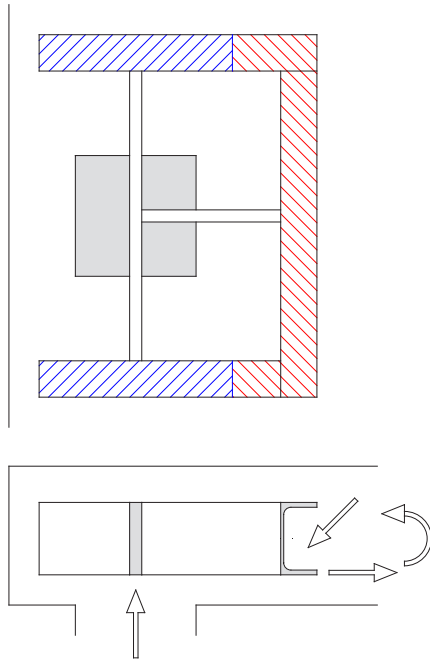


Bild 4: Stahlpilz bei einer Randstütze

Ähnliches gilt für Stahlpilze in Eckstützen. Etwas komplizierter ist die Situation bei Aussparungen, wie sie z.B. bei Wandecken mit innenliegender Aussparung vorkommen. Wenn die Wände im darüber liegenden Geschoss weitergeführt werden, kann der Stahlpilz unter bestimmten Voraussetzungen in die Wände eingespannt werden. Ist dies jedoch nicht möglich, ist wiederum eine Biegebewehrung erforderlich, um den Pilz mit der Stahlbetondecke ins Gleichgewicht zu bringen. Bild 5 zeigt die Kräfteverteilung. Die blauen Bereiche sind jeweils im Gleichgewicht, während die roten Bereiche durch eine Biegebewehrung ins Gleichgewicht gebracht werden müssen.

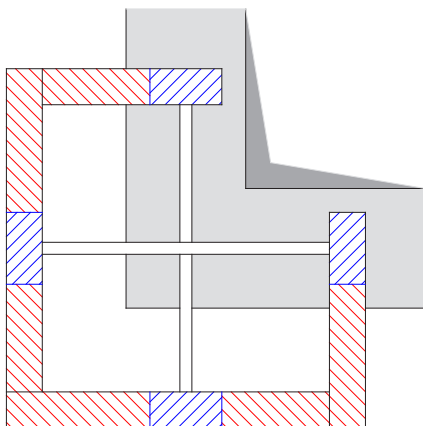


Bild 5: Stahlpilz bei einer Wandecke mit innenliegender Aussparung.

In Bezug auf die Qualität der Stahlpilze ist es wichtig, dass die Stahlbleche einer Z-Wert-Prüfung unterzogen werden. Der Schweissknoten in der Mitte des Stahlpilzes wird durch die Biegung in alle Richtungen auf Quer-Zug beansprucht. Dadurch wird mindestens ein Blech quer zur Walzrichtung belastet, was zu einem sogenannten Terrassenbruch führen kann. Dies kann vermieden werden, wenn das Blechmaterial vorher auf seine Anfälligkeit für Terrassenbruch geprüft wird. Grundlagen zu diesen Anforderungen finden sich in der Norm SN EN 1993-1-10 [11].

## Literatur

- [1] Wheeler, W. H., Frame for concrete columns, US Patent 2,00,543, 1930, 4 pp.
- [2] Norcross, O. W., Flooring for Buildings, US Patent 698,542, 1902, 7 pp.
- [3] Turner, C. A. P., Concrete Steel Construction, Fanham Printing & Stationary Company, 1909, 305 pp.
- [4] Maillart, R., Zur Entwicklung der unterzugslosen Decke in der Schweiz und Amerika, Schweizerische Bauzeitung, Band 87/88, 1926, pp. 263-265
- [5] Wheeler, W. H., Steel and Concrete Construction Combined in Armory, Engineering News Record, 1936, pp. 125 - 126
- [6] Bryl, S., Flachdecken mit Stahlpilzen, Schweizerische Bauzeitung, Band 84, 1966, pp. 338-340
- [7] Bryl, S., Eisenbetondecke, CH Patent 430 128, 1965, 5 pp.
- [8] SIA 262:2013, Betonbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2013, 102 pp.
- [9] fib, Model Code for Concrete Structures (2020), Fédération Internationale du béton, 2023, 748 pp.
- [10] SIA 263 :2013, Stahlbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2013, 108 pp.
- [11] SN EN1993-1-10, Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2005, 20 pp.



GRAVIS AG  
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.ch



www.gravis.ch

