

Einfluss des vertikalen Anteils der Vorspannung auf den Durchstanzwiderstand von vorgespannten Flachdecken

Josef Hegger, Frank Häusler

Kurzbericht

Bei einer vorgespannten Flachdecke entstehen im Allgemeinen über der Stütze vertikale, nach unten gerichtete Umlenkkräfte. Werden diese direkt in die Stütze eingeleitet, erzeugen sie keine durchstanzrelevanten Querkräfte. Die Summe der vertikalen Anteile der Umlenkkräfte über der Stütze kann daher von der einwirkenden Belastung abgezogen werden. Aus baupraktischen Gründen werden jedoch nicht alle Spannglieder direkt über der Stütze angeordnet, sondern teilweise seitlich neben der Stütze verlegt. Für die Bemessung gegen Durchstanzen nach DIN 1045-1 dürfen alle Spannglieder, die innerhalb des kritischen Rundschnitts verlaufen, in Rechnung gestellt werden. Es war bisher nicht geklärt, ob die weiter entfernt liegenden Spannglieder ihre nach unten gerichteten Umlenkkräfte direkt in die Stütze einleiten können ohne den Durchstanzbereich zu belasten.

In diesem Forschungsvorhaben wurde der Einfluss des Vertikalanteils von Spanngliedern auf den Durchstanzwiderstand durch numerische Simulationen und die Auswertung von Versuchen aus der Literatur näher untersucht.

Im Zuge der durchgeführten Literaturrecherche konnten 154 Versuche mit Vorspannung gefunden werden. Aufgrund fehlender Angaben wurden schließlich 94 Versuche für die Auswertung der Bemessungsgleichung nach DIN 1045-1 herangezogen, von denen elf Versuche zentrisch und 54 Versuche exzentrisch vorgespannt waren. Zusätzlich enthielten 29 Versuche eine Durchstanzbewehrung aus Bügeln, Doppelkopfkankern oder Dübelleisten.

Zum Einfluss des Vertikalanteils der Vorspannung auf den Durchstanzwiderstand wurden zwei Parameterstudien durchgeführt. Im ersten Teil wurde der Spanngliedverlauf in Spanngliedlängsrichtung variiert, Hierzu wurde eine parabelförmige Spanngliedführung gewählt und der Abstand des Wendepunktes vom Stützenrand verändert (Bild 1, links). Dabei zeigte sich, dass sich die Traglast mit zunehmendem Abstand des Wendepunktes vom Stützenrand reduziert (Bild 1, rechts).

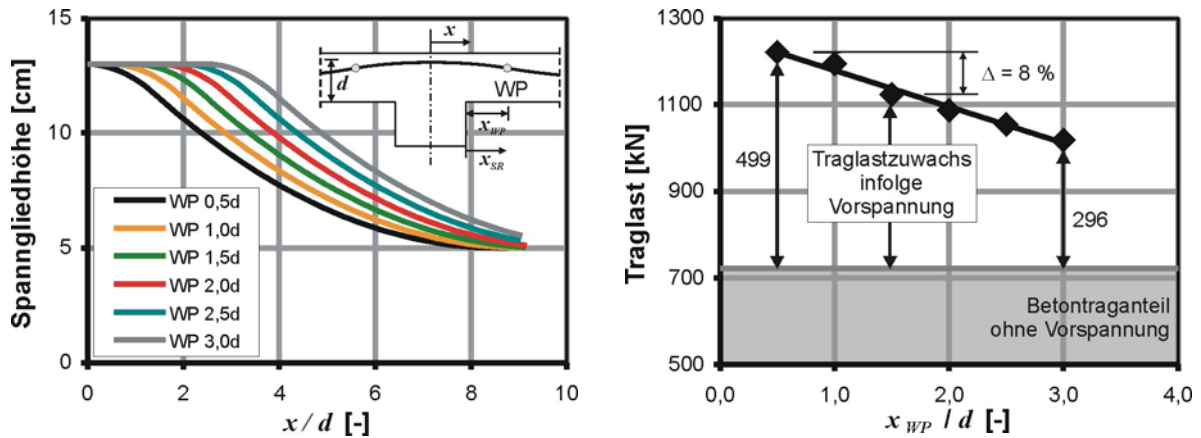


Bild 1: Verlauf der Spannglieder in der Parameterstudie in Abhängigkeit des bezogenen Abstandes von der Stützenachse und Entwicklung der Traglast in Abhängigkeit der Lage des Wendepunktes vom Stützenrand

Die beobachtete Traglastreduktion konnte dabei allerdings nicht durch den Vertikalanteil des in Richtung der Stütze ansteigenden Spanngliedes erklärt werden. Vielmehr ist der Traglastzuwachs infolge Vorspannung proportional zur aufgetragenen Plattenkrümmung am Stützenrand infolge Vorspannung (Bild 2, links). Dieser Zusammenhang bestätigte sich auch für andere untersuchte Spanngliederführungen (Bild 2, rechts).

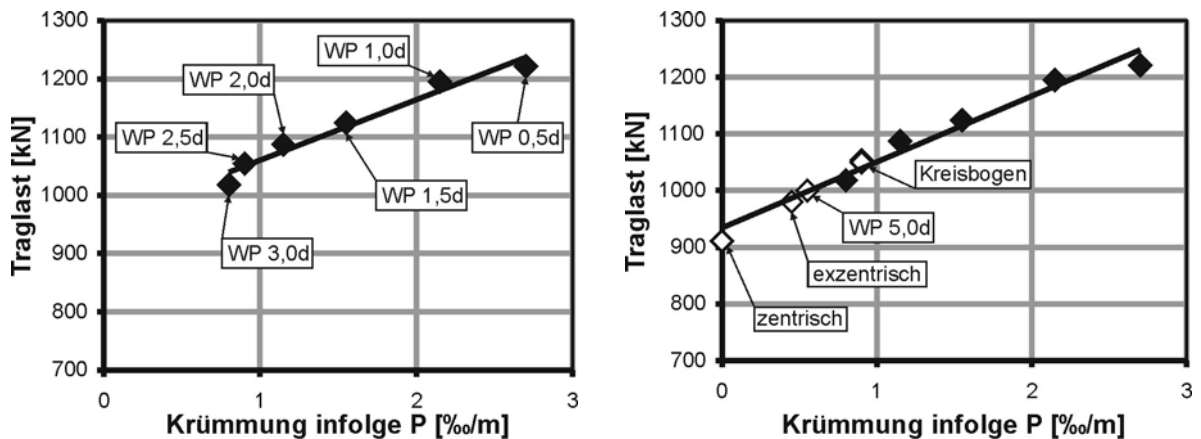


Bild 2: Traglasten der numerischen Simulationen in Abhängigkeit der aufgetragenen Plattenkrümmung infolge Vorspannung

Im zweiten Teil der Parameterstudie wurden die Spannglieder seitlich neben der Stütze in unterschiedlichen Abständen angeordnet (Bild 3, links). Wie zu erwarten war, reduzierte sich in den numerischen Simulationen mit zunehmendem Abstand der Spannglieder vom Stützenrand die Durchstanztragfähigkeit der Platte (Bild 3, rechts). Allerdings kam es nicht zu einem sprunghaften Abfall sondern zu einer gleichmäßigen Reduktion der Tragfähigkeit mit zunehmendem Abstand vom Stützenrand. Auch in dieser Parameterstudie konnte gezeigt werden, dass die Tragfähigkeit von der aufgetragenen Plattenkrümmung infolge Vorspannung abhängig war. Allerdings ergibt sich hierfür ein bilinearer Zusammenhang, der auf das Vorhandensein zusätzlicher Tragmechanismen hindeutet.

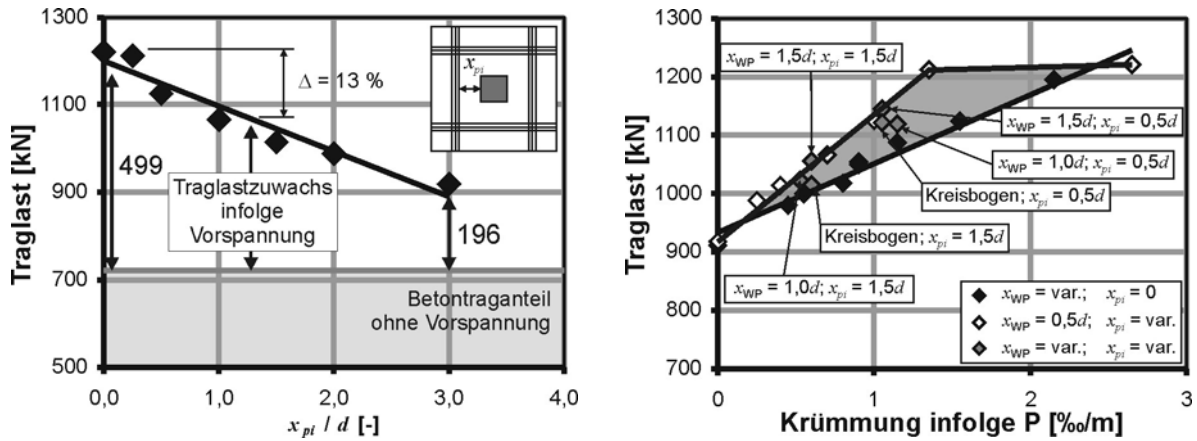


Bild 3: Traglasten in Abhängigkeit des seitlichen Abstandes (links) und der aufgetragenen Plattenkrümmung infolge Vorspannung (rechts)

Zur Überprüfung der aus den numerischen Simulationen gewonnenen Erkenntnisse wurden Versuche aus der Literatur nach DIN 1045-1 ausgewertet. Die Auswertung erfolgte dabei getrennt für Versuche mit zentrischer und exzentrischer Vorspannung ohne Durchstanzbewehrung sowie für Versuche mit Vorspannung und Durchstanzbewehrung. Zusätzlich wurden Versuche mit neben der Stütze ausgelagerten Spanngliedern betrachtet. Danach ergab sich für annähernd alle Versuche ohne Durchstanzbewehrung unabhängig von der Spanngliedführung ein ausreichendes Sicherheitsniveau (Bild 4, rechts und Bild 5, links). Die Ergebnisse zeichnen sich durch eine vergleichsweise große Streuung aus, was teilweise auf die unvollständige Dokumentation der Versuche in den vorliegenden Veröffentlichungen zurückzuführen ist. Für die Versuche mit exzentrischer Spanngliedführung konnte die bereits in den numerischen Simulationen festgestellte Abhängigkeit der Traglast von der aufgetragenen Plattenkrümmung infolge Vorspannung bestätigt werden (Bild 5, rechts).

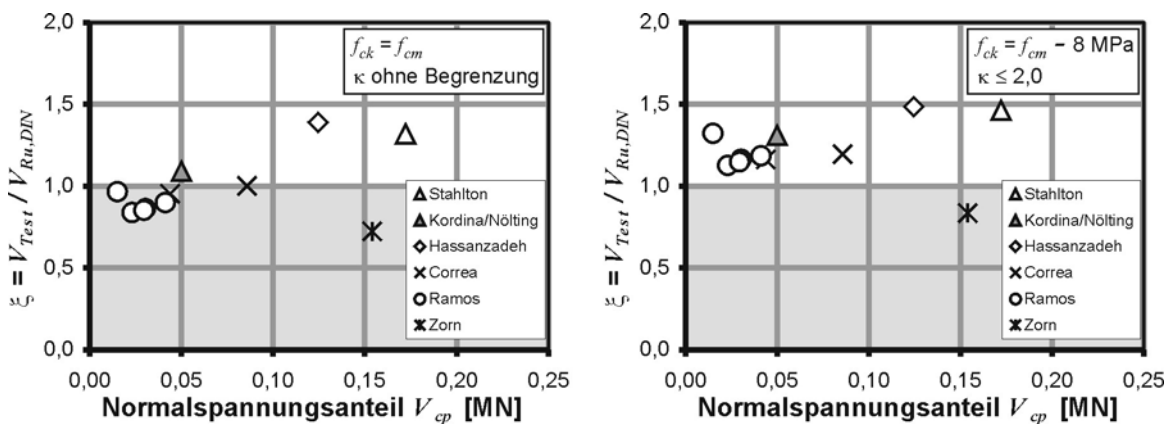


Bild 4: Vergleich der Bruchlasten der zentrisch vorgespannten Versuche mit der Durchstanztragfähigkeit nach DIN 1045-1

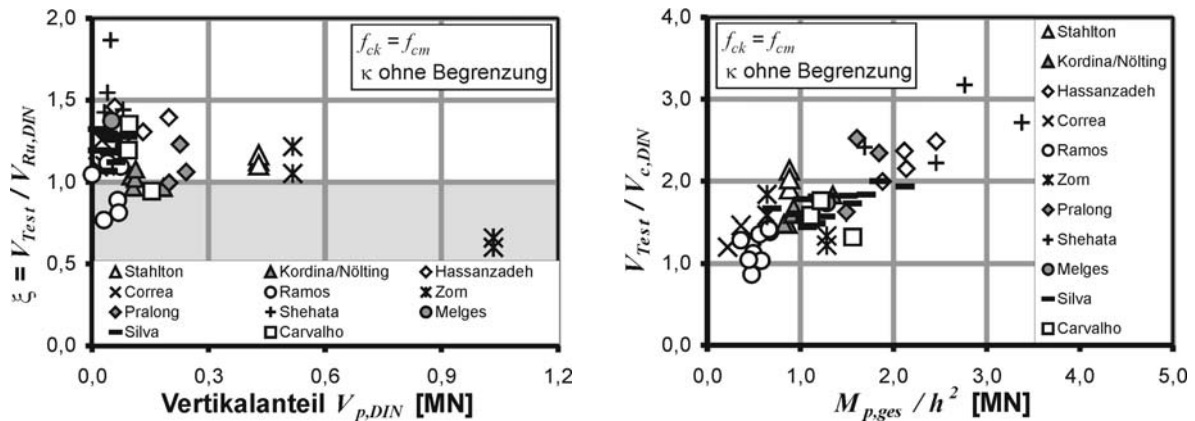


Bild 5: Auswertung der Versuche mit exzentrischer Spanngliedführung

Zur Beurteilung des Einflusses von neben der Stütze ausgelagerten Spanngliedern wurden zusätzlich zwei Versuchsserien verglichen, die explizit diesen Einfluss untersuchten. Nach diesen Versuchen führt die Auslagerung von Spanngliedern zu einer Reduzierung des Sicherheitsniveaus, wenn unabhängig von der Lage alle Spannglieder in der Berechnung berücksichtigt werden.

Die Versuche mit Durchstanzbewehrung und Vorspannung bestätigen die Empfehlung in Heft 525 des DAfStb, wonach die Normalspannung infolge Vorspannung bei der Ermittlung des maximalen Durchstanzwiderstandes unberücksichtigt bleiben sollte.

Obwohl die Ermittlung des Vertikalanteils nach DIN 1045-1 in einem Abstand von $1,5d$ vom Stützenrand die mechanische Wirkung der Vorspannung nur in Ausnahmefällen (abhängig von der Spanngliedführung) richtig beschreibt, besteht aufgrund der durchgeführten Untersuchungen keine Notwendigkeit dieses in der Praxis etablierte Verfahren zu ändern. Sowohl nach den Ergebnissen der numerischen Simulationen als auch nach Auswertung der Datenbank wird der Traglastzuwachs infolge Vorspannung von der aus Vorspannung aufgebrachten Plattenkrümmung gesteuert. Die Berücksichtigung dieses Zusammenhangs in der Bemessungspraxis ist allerdings erheblich aufwändiger als die Ermittlung eines Vertikalanteils aus der Spanngliedneigung.