

Ausgabe 2021/5

Längsausgesteifte Beulfelder unter mehrachsiger Beanspruchung AiF Nr.: 20455 N

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF Nr.: 20455 N

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden 6 großmaßstäbliche Versuche an längsausgesteiften Blechen an der Technischen Universität München durchgeführt, siehe Bild 1. Anhand der Versuchsergebnisse wurden numerische Finite-Elemente-Modelle validiert. Mit diesen wurden umfangreiche Parameterstudien zum Beulverhalten der Beulfelder unter mehrachsigen Beanspruchungen für Methode der reduzierten Spannungen an der Universität Stuttgart durchgeführt, siehe Bild 2. Auf der Grundlage der numerischen Untersuchungen an unausgesteiften Beulfeldern wurde eine Interpolationsgleichung zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten vorgeschlagen. Der neue Vorschlag liefert eine sehr gute Übereinstimmung mit den numerischen Ergebnissen, vor allem bei Einzelfeldern unter Querspannungen. Nach DIN EN 1993-1-5 muss die Torsionssteifigkeit im Beulnachweis vernachlässigt werden. Um in Zukunft die Torsionssteifigkeit berücksichtigen zu können, wurden in dieser Arbeit ausgesteifte Beulfelder mit geschlossener Längssteife unter reiner kon-

stanter Längsspannung untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Vernachlässigung der Torsionssteifigkeit der Steifen zu konservativen Ergebnissen führt. Wird die Torsionssteifigkeit berücksichtigt, führt die Interpolationsgleichung zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten nach DIN EN 1993-1-5 aber zu Ergebnissen auf der unsicheren Seite. Daher wurde eine neue Interpolationsgleichung vorgeschlagen. Es wurde gezeigt, dass damit die Torsionssteifigkeit der geschlossenen Längssteifen unter Verwendung der Abminderungskurve gemäß Abschnitt 12.4 (5) prEN 1993-1-5 bzw. DIN EN 1993-1-5 Anhang B berücksichtigt werden kann. Es wurden Beulfelder unter reinem konstantem Querdruck untersucht. Der Fokus der Untersuchung lag dabei auf dem knickstabähnlichen Verhalten des Gesamtfeldes in Querrichtung. Dabei wurde festgestellt, dass die numerischen Ergebnisse der Knickkurve entsprechen. Aus diesem Grund wird empfohlen, dass in z-Richtung beim Gesamtfeldnachweis keine Interpolation zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten durchgeführt wird.

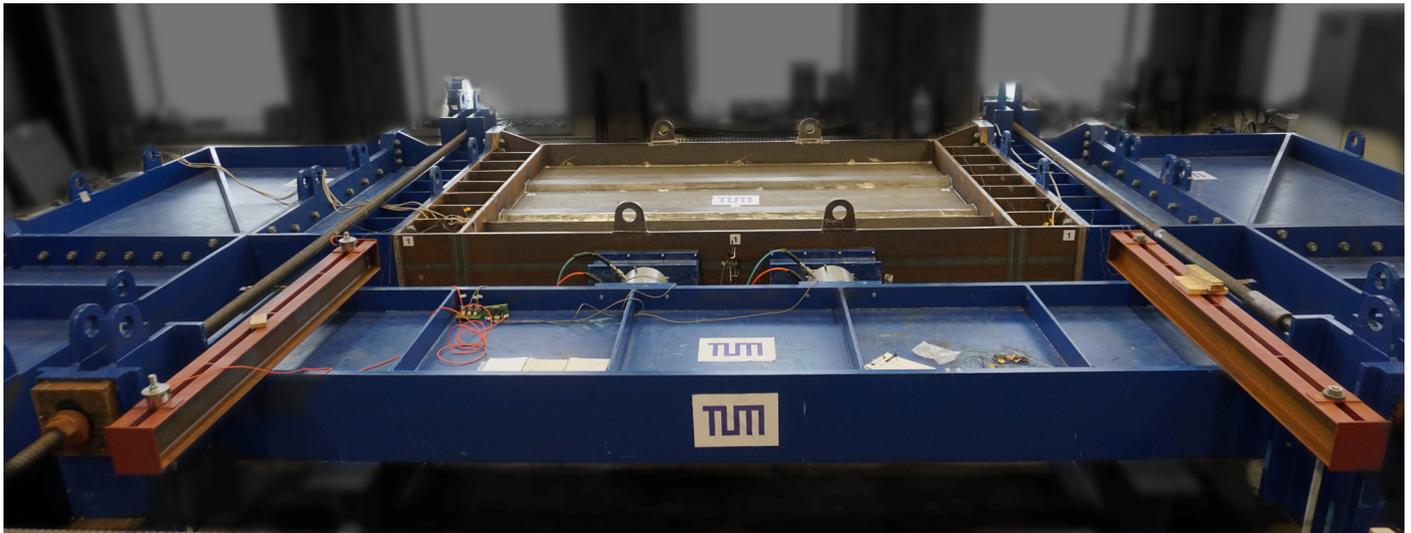


Bild 1: Versuchsstand.

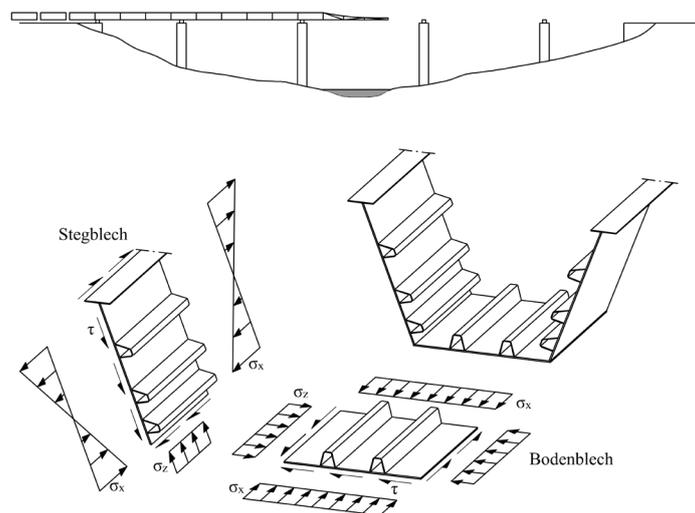


Bild 2: Taktschiebeverfahren und schematische Darstellung der Spannungszustände in Stegblechen und Bodenblechen.

Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass ein zusätzlicher Nachweis der Längssteifen nach der Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung der Abtriebskräfte nicht erforderlich ist.

Weiterhin wurden Beulfelder unter gleichzeitig konstanten Längs- und Querspannungen

untersucht. Es wurde gezeigt, dass die Interpolationsgleichung nach prEN 1993-1-5 die Tragfähigkeit von gedrunenen Beulfeldern bei gleichzeitig wirkenden Längs- und Querbeanspruchungen überschätzt. Zusätzlich zu der neunten Interpolationsgleichung wird daher vorgeschlagen, dass jede Spannungskomponente für Einzel- und Gesamtfelder unter biaxialer Druckbelastung ein-

zeln nachgewiesen werden muss, damit die Spannungen aus den einzelnen Einwirkungen die Grenzspannungen nicht überschreiten.

Beulfelder unter reiner Biegung und einseitiger Querbelastung, wie sie zum Beispiel beim Einschieben von Brücken entstehen, wurden ebenfalls untersucht. Es wurde festgestellt, dass die asymmetrische Belastung in Querrichtung zusätzliche Längsspannungen verursacht. Diese zusätzlichen Spannungen aus asymmetrischer Beanspruchung müssen in der Nachweisgleichung berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse auf der sicheren Seite sind. Um den Einfluss der asymmetrischen Beanspruchung zu berücksichtigen, wird vorgeschlagen, für den Gesamtfeldnachweis den Schlankheitsgrad um einen Faktor von 1,3 zu erhöhen. Der Nachweis der Längssteife nach Theorie II. Ordnung ist bei Anwendung dieses Vorschlags nicht erforderlich.

Aus den numerischen Untersuchungen mit exzentrischer Lasteinleitung der Querlast geht hervor, dass für den Vers Schub mit Kalottenlagern oder Lagern mit gleichen Freiheitsgraden im Beulnachweis nach aktueller Regelung nach DIN EN 1993-1-5 Exzentrizitäten

ten bis ± 20 mm toleriert werden können, wenn der Rotationspunkt gleichzeitig nicht weiter als 310 mm vom Flansch Bodenblech entfernt liegt (z-Richtung). Ein zusätzlicher Steifennachweis nach Th. II. Ordnung ist nicht notwendig. Bei größeren Exzentrizitäten bis ± 30 mm überschreiten einzelne Ergebnisse die zugelassenen Spannungen, wenn der Rotationspunkt gleichzeitig weiter als 200 mm vom Flansch Bodenblech entfernt liegt (z-Richtung). Bei Exzentrizitäten dieser Größe muss die Rotationssteifigkeit des Flansches oder des Bodenbleches nachgewiesen, oder der Abstand des Rotationspunktes des Kalottenlagers zum Flansch- bzw. Bodenblech entsprechend klein gewählt werden. Ein Versagen des Flansches oder Bodenbleches muss dann separat überprüft und ausgeschlossen werden. Der Vorschlag der neuen Interpolationsformel mit gleichzeitiger Erhöhung der globalen Schlankheit λ_p führt zu sicheren Ergebnissen.

Beim Vers Schub mit Wippen können Exzentrizitäten unter Anwendung des Beulnachweises nach DIN EN 1993-1-5 generell vernachlässigt werden. Die Bewertung erfolgte für Exzentrizitäten bis ± 30 mm. Voraussetzung ist, dass kein Versagen des Flansches oder Bodenbleches eintritt.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Ergebnisse zeigen, dass durch kleine Modifikationen an den bestehenden Regeln wie neue Interpolationsfunktionen zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten und der Wahl der Beulkurve nicht nur sichere, sondern vor allem durch die Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit der Längssteifen auch wirtschaftlichere Nachweis geführt werden können. Insbesondere erspart die vorgeschlagene Nachweisführung den gesonderten Nachweis der Längssteifen nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung der Abtriebskräfte aus Querlasten, der sehr aufwendig ist. Auch für den Nachweis der Lastexzentrizität der Querlasten beim Einschub werden hilfreiche Empfehlungen gegeben.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages