

Ausgabe 2020/3

Biegedrillknicken als Knicken des Druckgurtes - konsistenter Nachweis für geschweißte Träger im Kalt- und Warmzustand AiF Nr.: 19439 N

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF Nr.: 19439N

Knicken des Druckgurtes stellt ein anschauliches und für die Ingenieurpraxis einfach anwendbares Modell für Biegedrillknicken dar (siehe Bild 1). EN 1993-1-1, Abs. 6.3.2.4 greift dieses vereinfachte Modell für die Bemessung von Biegeträgern des Hochbaus auf. Für den Brückenbau adaptiert EN 1993-2 den Nachweis mit einer konservativen Annahme für die Plateaulänge $\bar{\lambda}_{c0}$ sowie den Anpassungsfaktor k_{fl} . Eine vereinfachte Brandbemessung biegedrillknickgefährdeter Träger erscheint unter adäquater Berücksichtigung temperaturabhängiger Materialkennwerte grundsätzlich möglich. EN 1993-1-2 sieht einen solchen vereinfachten Nachweis jedoch gegenwärtig nicht explizit vor. In den letzten Jahren hat es einige Weiterentwicklungen des „normalen“ Biegedrillknicknachweises bei Normaltemperatur und im Brandfall gegeben. Nicht zuletzt, um ein vergleichbares Niveau in Hinblick auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit auch für den einfachen Nachweis zu erhalten, lohnt sich eine genauere Betrachtung des Nachweises als knickender Druckgurt. Darüber hinaus sprechen noch weitere entscheidende Argumente für die Weiterentwicklung dieses Nachweisverfahrens: Zum einen besticht die einfache Handhabung. Für die Praxis handelt es sich um eine gewohnte intuitive Nachweisform. In Abhängigkeit des

maximalen Stützabstands des Druckgurtes L_c ist ein weiterer Nachweis nicht erforderlich. Zudem lässt sich mit Hilfe des maximalen Abstandes sinnvoll konstruieren und dabei eine Biegedrillknickgefahr vermeiden. Zum anderen gibt es eine Reihe von Anwendungsfällen, für die die Lösung des „vollständigen Biegedrillknickproblems“ sehr komplex und aufwändig ist. Vielfach sind dies die Fälle schlanker, einfachsymmetrischer geschweißter Querschnitte, die von den mehr auf Walzträger konzentrierten Neuentwicklungen der üblichen Biegedrillknicknachweise nicht adäquat erfasst werden. Das gemeinschaftlich am Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum und dem Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart durchgeführte Forschungsprojekt befasste sich mit dem Einfluss von Eigenspannungen auf die Tragfähigkeit von geschweißten stabilitätsgefährdeten Stahlträgern. Es wurden dabei überwiegend brückenbautypische Verhältnisse von Trägerhöhe, Flanschbreite und Flanschdicken untersucht. Die experimentellen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts lassen sich wie folgt unterteilen: Im ersten Teil wurden an der Ruhr-Universität Bochum Eigenspannungen an 15 verschiedenen geschweißten Versuchsträgern der Stahlgüten S355J2 und

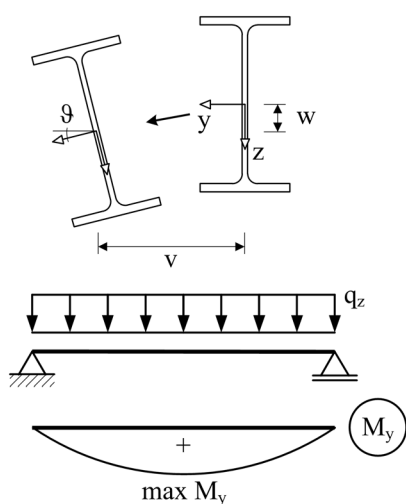
S460M ermittelt. Dazu kam sowohl die innovative und zerstörungsfreie Methode der röntgenographischen Messung als auch die bewährte Zerlegemethode mittels Wasserstrahlschneiden zum Einsatz. Der zweite Teil befasste sich mit Biegedrillknickversuchen, die an der Universität Stuttgart durchgeführt wurden. Dabei wurden die gleichen Versuchsträger verwendet, zu denen die passenden Eigenspannungsmessungen aus Bochum vorliegen. Diese Untersuchungen wurden als Dreipunktbiegeversuch mit idealen Gabellagern an den Trägerenden durchgeführt.

Der theoretische Teil des Forschungsvorhabens vertiefte mittels numerischer Simulation die Erkenntnisse der Versuche. Hierbei wurde insbesondere der tragfähigkeitsmindernde Einfluss der von in der Literatur vorhandenen Eigenspannungsansätzen mit den gemessenen Eigenspannungsverläufen auf das Biegedrillknicken verglichen. Unter Verwendung des an den Versuchen validierten FE-Modells wurden Simulationen für unterschiedliche Belastungs-

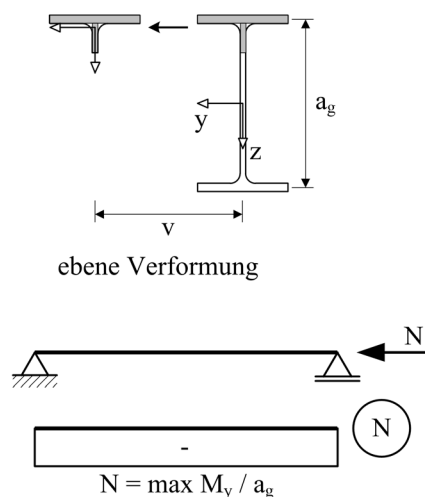
arten, Schlankheiten und weitere Parameter durchgeführt, die nicht vom experimentellen Versuchsprogramm abgedeckt waren.

Das Modell des knickenden Druckgurtes wurde systematisch untersucht. Im ersten Schritt wurde die Herleitung und Implementierung in verschiedenen Normengenerationen betrachtet und eine Anwendbarkeit auf die nächste Version der EN1993-1-1 überprüft und Mängel identifiziert. Das Modell des knickenden Druckgurtes wurde weiterentwickelt, wodurch unter Berücksichtigung der Querschnittsgeometrie und Lastangriffspunkten das Tragverhalten besser abgebildet wird. Weiterhin wurde das Modell konsistent für eine Bemessung für den Brandfall entwickelt. Auf Basis der Parameterstudie wurde das weiterentwickelte Modell des knickenden Druckgurtes sowohl für Normaltemperatur als auch für den Brandfall statistisch ausgewertet. Das weiterentwickelte Modell wurde praxisgerecht und als Normvorschlag aufbereitet. Anhand von Praxisbeispielen wurde die Anwendung dargelegt.

Biegedrillknicken



Knicken des Druckgurtes



Vereinfachung

Bild 1: Modell des knickenden Druckgurtes als Nachweis gegen Biegedrillknicken.

Bei dem weiterentwickelten Modell des knickenden Druckgurtes handelt es sich um ein konsistentes Nachweisverfahren des Biegedrillknickwiderstandes sowohl für den Hoch- als auch für den Brückenbau bei Normaltemperatur und im Brandfall. Das einfache Format des knickenden Druckgurtes wurde gewahrt und führt durch die Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit und des Lastangriffspunktes zu konservativen und zugleich wirtschaftlichen Ergebnissen. Der Ingenieurpraxis wird somit ein einfach anwendbares und intuitives Bemessungsverfahren zur Tragwerksplanung zur Verfügung gestellt.

Das Forschungsprojekt wurde mit finanzieller Förderung durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF), Köln, im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) aus Mitteln des Bundesministeriums für

Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert. Der Deutsche Ausschuss für Stahlbau (DAST) hat die Arbeiten fachlich begleitet. Den Förderern sei an dieser Stelle für die Unterstützung recht herzlich gedankt.

Einen besonderen Dank gilt den Projektpartnern Astron Buildings S.A. und Goldbeck Bauelemente Bielefeld GmbH für die kostenlose Lieferung des Stahlmaterials und die Fertigung der Versuchskörper sowie schlaich bergemann und partner (sbp GmbH), KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH und Ian Palmer (Vorsitzender der WG13) für die fachliche Beratung.

Für die Unterstützung der Versuchsdurchführung bedanken wir uns zudem herzlich bei den Mitarbeitern der Materialprüfungsanstalt in Stuttgart und des Fachbereichs Konstruktionsteilprüfung der Ruhr Universität Bochum sowie Herrn Prof. Dr. Müller von der Fachhochschule Bochum.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages