

Zukunftsfähigkeit von kaltgeformten Stahlprofilen im Bauwesen

Projektnummer:	IGF-Nr. 19964 N / FOSTA P1328
Forschungsvereinigung:	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)
Forschungseinrichtungen:	Lehrstuhl Stahlbau, TU Dortmund
Projektlaufzeit:	01.02.2018 - 31.07.2021
Ansprechpartner:	Tim Lemański M.Sc.

Kurzzusammenfassung

Dünnwandig, kaltgeformte Stahlprofile werden in verschiedensten Bereichen von Stahlhallenbau bis hin zum Regalbau und Weinanbau eingesetzt. Durch die große Anzahl der Anwendungsgebiete ist das Spektrum individueller, anwenderspezifischer Profilformen, die zum Teil mit Perforationen versehen sind, sehr groß. In Europa steht zur Bemessung zwar die EN 1993-1-3 zur Verfügung. Jedoch wurde diese im Wesentlichen für C- und Z-förmige Pfetten entwickelt, sodass sie nur eingeschränkt für die große Anzahl der andersartigen Kaltprofile anwendbar ist. Bei Profilen mit Perforierungen ist eine Bemessung meist sogar gänzlich unmöglich. Zusätzlich ist die Anwendung der EN 1993-1-3 selbst bei einfachen Querschnittsformen wie beispielsweise C-Profilen aufgrund der hochkomplexen, sich überlagernden Stabilitätsformen extrem aufwendig und liefert konservative Ergebnisse.

Ziel des Forschungsvorhabens war daher die Erarbeitung eines neuen, eurocodekonformen Bemessungskonzepts, welches auf die aufwändige Methode der wirksamen Breite und die Ermittlung von effektiven Querschnitten, die in der EN 1993-1-3 zur Bestimmung der Querschnittstragfähigkeit verwendet werden, verzichtet. Die Grundlage zur Berechnung der Querschnittstragfähigkeit für das neue Bemessungskonzept bildet im Wesentlichen die an der Cornell University (USA) und der Johns Hopkins University entwickelte, anwenderfreundliche „Direct Strength Method“ (DSM), die Bestandteil der amerikanischen Normung AISI ist. Eine Berechnung nach DSM erfolgt am Bruttoquerschnitt unter Einbezug moderner Finite-Streifen-Software für die Eigenwertanalyse.

Um das neue kombinierte Bemessungsverfahren nach EN 1993 -1-3 unter Einbezug der DSM entwickeln und letztlich verifizieren zu können, wurde das Tragverhalten verschiedener kaltgeformter Stahlprofile in umfangreichen experimentellen Versuchen unter Druck- und Biegebeanspruchungen untersucht. Durchgeführt wurden Versuche an C-, Z- und Omega-Profilen, die zum Teil perforiert waren, unter Druck-, Biege- und kombinierter Druck- und Biegebeanspruchung, mit deren Hilfe die Interaktion verschiedener Stabilitätsphänomene analysiert und die Tragfähigkeit bestimmt wurde.

Um die Gültigkeit des kombinierten Bemessungskonzeptes bestätigen zu können, wurde die Versuchsmatrix gezielt durch umfangreiche numerische Parameterstudien ergänzt. Die numerischen Modelle mit ANSYS (Version 2020R2) wurden hierfür vorab an den durchgeführten Bauteilversuchen in den verschiedenen Belastungssituationen kalibriert.

Die analytische Betrachtung der experimentellen und numerischen Ergebnisse zeigte, dass bei kurzen Profilen mit lokalen Instabilitäten durch lokales Beulen oder Distortional Buckling

die Berücksichtigung einer Verschiebung der Druckkraftresultierenden, die bei einer Bemessung nach der EN 1993-1-3 durch die Verschiebung des Schwerpunktes zwischen Bruttoquerschnitt und effektiven Querschnitt berücksichtigt wird, bei der Bemessung nicht vernachlässigt werden kann, sodass ein neuer Ansatz zur Berücksichtigung dieser Effekte entwickelt wurde.

Durch Vergleichsrechnungen zu den durchgeführten experimentellen Versuchen, den numerischen Parameterstudien und zu Versuchen aus bereits abgeschlossenen, gut dokumentierten Forschungsvorhaben wurde gezeigt, dass die Berechnung der Traglast mit dem kombinierten Bemessungsverfahren sichere und realitätsnahe Ergebnisse liefert.

Insgesamt liefert das kombinierte Bemessungsverfahren eine einfache, zeitsparende, praxistaugliche, effiziente und damit sehr gute Alternative zu den bestehenden Bemessungsverfahren für kaltgeformte Stahlprofile und -bauteile nach EN 1993-1-3.

Bezugsquellen des Forschungsberichtes

Der ausführliche Forschungsbericht der FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. kann in Kürze in digitaler Form über den Shop von [stahldaten.de](https://shop.stahldaten.de) unter <https://shop.stahldaten.de/produkt-kategorie/fosta-berichte> bezogen werden.

Förderhinweis

Das IGF-Forschungsvorhaben 19964 N bzw. FOSTA P1328 „Zukunftsfähigkeit von kaltgeformten Stahlprofilen im Bauwesen“ der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA), Sohnstraße 65 in 40237 Düsseldorf wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Future viability of cold-formed steel profiles in building structures

Project number:	IGF no. 19964 N / FOSTA P1318
Research association:	Research Association for Steel Application (FOSTA)
Research institutes:	Chair of Steel Construction, TU Dortmund
Project duration:	01.02.2018 - 31.07.2021
Contact persons:	Tim Lemański M.Sc.

Abstract

Thin-walled, cold-formed steel profiles are used in a wide range of areas from industrial steel construction to rack structures and special applications like viticulture. Due to the broad spectrum of applications, the variety of individual, user-specific profile shapes with corrugations, flanges and lips as well as perforations is very large. In Europe, EN 1993-1-3 is available for design purposes. However, this was developed essentially for C- and Z-shaped purlins, so that its applicability is limited for the multitude of other types of cold-formed profiles. For profiles with perforations, a design is usually even completely impossible. In addition, the application of DIN EN 1993-1-3, even for simple cross-section shapes such as C-profiles, is time-consuming and complicated due to the highly complex, overlapping stability shapes and provides conservative results.

The aim of the research project was therefore to develop a new, Eurocode-compliant design concept that does not use the time-consuming method of the effective width and the determination of effective cross-sections, which are used in EN 1993-1-3 to determine the cross-sectional bearing capacity. The basis for the calculation of the cross-sectional bearing capacity for the new design concept is essentially the user-friendly "Direct Strength Method" (DSM) developed at Cornell University (USA) and at Johns Hopkins University, which is part of the American standardisation AISI. A calculation according to DSM is carried out on the gross cross-section using modern finite strip software for eigenvalue analysis.

In order to be able to develop and ultimately verify this new combined design method according to EN 1993 -1 3 including the DSM, the load-bearing behaviour of various cold-formed steel sections was investigated in extensive experimental tests under different loads. Tests were carried out on C-, Z- and omega-profiles, with and without perforations, under compressive, bending and combined compressive and bending loads, on which the interaction of various stability phenomena was analysed and the load-bearing capacity was determined.

In order to be able to confirm the validity of the combined design concept, the test matrix was specifically supplemented by extensive numerical parameter studies using ANSYS (Version 2020R2). The numerical models were calibrated in advance on the experimental tests carried out in the various loading situations.

The analytical consideration of the experimental and numerical results showed that in the case of short test specimens, the consideration of a displacement of the pressure force resultant cannot be neglected in the design. In a design according to EN 1993 1 3 this effect is taken into account by the displacement of the centre of gravity between the gross cross-section and the effective cross-section. For the combined design method, a new approach was developed to take these effects into account.

Comparison calculations with the experimental tests, the numerical parameter studies and with tests from already completed, well-documented research projects showed that the calculation of the ultimate load with the combined design method provided reliable and realistic results.

Overall, the combined design method provides a simple, timesaving, practical, efficient and thus very good alternative to the existing methods according to EN 1993-1-3.

Source of the research report

The detailed research report of the Research Association for Steel Application (FOSTA) will be available soon in digital form in the shop of stahldaten.de at <https://shop.stahldaten.de/produkt-kategorie/fosta-berichte>.

Acknowledgement

The research project IGF no. 19964 N / FOSTA P1328 "Future viability of cold-formed steel profiles in building structures" of the Research Association for Steel Application (FOSTA), Sohnstraße 65 in 40237 Düsseldorf, Germany, was funded by the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) as part of the program for the promotion of Industrial Collective Research (IGF) by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action on the basis of a decision by the German Bundestag.

Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

on the basis of a decision
by the German Bundestag