

Diss. ETH Nr. 15155

**Ein Beitrag zum Trag- und Verformungsverhalten von  
Fachwerkträgern aus hochfesten Abkantprofilen**

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Steffen Blümel  
dipl. Bauingenieur ETH

geboren am 26. Februar 1973  
von Deutschland

Angenommen auf Antrag von:  
Prof. Dr. sc. techn. Mario Fontana, Referent  
Prof. Tekn. Dr. Bo Edlund, Korreferent

2003

# Zusammenfassung

Mit der Zielsetzung der Entwicklung innovativer Fachwerkstrukturen unter Verwendung hochfester, kaltgeformter Stabelemente und zugehöriger Tragmodelle wurde das Forschungsprojekt "Fachwerkträger aus Abkantprofilen" gestartet. Als Resultat einer Vorstudie zu möglichen Profilformen mit den dazugehörigen konstruktiven Knotenausbildungen sowie den resultierenden Fragestellungen hinsichtlich des Trag- und Verformungsverhaltens wurden die Untersuchungen auf zwei Ausbildungsformen beschränkt und im Rahmen dieser Arbeit konstruktive und rechnerische Lösungen aufgezeigt.

Die Analyse des Tragverhaltens von Fachwerkknoten mit Fünfeck-Profilen für die Gurtungen stellte einen ersten Forschungsschwerpunkt dar. Aus den Untersuchungen ging hervor, dass bei einer Knotenausbildung mit einem in der Symmetrieebene durchgesteckten und im First sowie im Unterflansch verschweissten Knotenblech keine Beeinträchtigung des Knotentragwiderstandes resultiert. Demgegenüber führt die kostengünstigere und flexiblere Ausbildung mit einem auf der Firstkante aufgesetztem Knotenblech auch bei zentrierten Stabachsen zu einer lokalen Momentenbeanspruchung, die eine Profilverformung und gegebenenfalls eine Begrenzung der Knotentragfähigkeit zur Folge hat. Für die Beschreibung des Tragverhaltens und ferner der Bestimmung des elastischen Tragwiderstandes wurde auf der Grundlage der Verallgemeinerten Technischen Biegetheorie ein Berechnungsalgorithmus entwickelt und der Einfluss der wesentlichen konstruktiven Parameter wie beispielweise Knotenblechlänge und Querschnittsgeometrie diskutiert.

Im Rahmen der Untersuchungen zum Stabtragverhalten von Füllstäben aus dünnwandigen C-Profilen erörterte man die Bedeutung der üblicherweise vernachlässigten Nebenspannungen in Bezug auf den Nachweis der Tragsicherheit unter Berücksichtigung des begrenzten Rotationsvermögens dieser Querschnitte. Dabei wurde festgestellt, dass bei geschweissten und somit nahezu biegesteifen Anschlüssen die vereinfachende Annahme momentenfreier Stäbe insbesondere bei kleinen Schlankheiten nicht unbeschränkt zulässig ist. Der in diesen Fällen massgebende Querschnittswiderstand an den Einspannstellen lässt sich mit dem herkömmlichen Ersatzstabverfahren nicht ausreichend nachweisen, so dass ein zusätzlicher Spannungsnachweis nach Theorie II. Ordnung erforderlich wird.

Anhand von ergänzenden numerischen und experimentellen Untersuchungen wurde die Gültigkeit der theoretischen Modelle bestätigt und zugleich der Einfluss darin unberücksichtigter Parameter auf das Tragverhalten evaluiert.

## Summary

The research project "trusses with cold-formed sections" was started with the aim to explore novel innovative truss designs using cold-formed elements made of high-strength steel and to develop corresponding resistance models. A prestudy evaluated different cross-sections and joint designs, as well as relevant problems concerning their resistance and deformation behavior. As a result of the prestudy the investigations concentrated on two generic forms of construction. The research resulted in structural design solutions and analytical models for two selected generic designs.

A first effort of the research project concentrated on the resistance and joints of trusses with pentagon-sections for the chords. The theoretical and experimental analysis showed that the resistance of joints with a gusset plate passing through the pentagon-cross-section in the plane of symmetry and welded on both sides, is not reduced. The low-cost design using a gusset plate welded onto the ridge of the cross-section leads to local bending, also with centered axes of all connected members. The local bending moments result in cross-sectional deformations and in some cases to a marked reduction of the resistance. Based on the Generalised Beam Theory an analytical algorithm was developed to describe the resistance of such joints and to determine its elastic limit. This algorithm was for example used to study the influence of essential parameters such as the length of the gusset plate and the geometry of the cross section.

A second effort concentrated on the behavior of thin-walled C-shaped truss members. Especially the influence of secondary bending-stresses due to rigid joints on the resistance considering the limited rotational capacity was studied. It was found that for welded, rigid joints the secondary stresses can lead to a lower resistance than for pinned connections, particularly for members with a low buckling slenderness. In such cases the cross-sectional resistance becomes decisive, demanding a second order stress analysis.

The analytical models were checked against numerical simulations and large scale experimental tests. They confirmed the validity of the analytical models and allowed a study of the influence of further parameters on the load and deformation behavior.