

Half Monocoque Structures – Raumbildende Tragstrukturen aus Sandwichelementen

Projektnummer:	IGF-Nr. 20211 N / FOSTA P1314
Forschungsvereinigung:	Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA)
Forschungseinrichtungen:	Lehrstuhl Stahlbau, TU Dortmund
Projektlaufzeit:	01.11.2018 - 30.04.2022
Ansprechpartner:	Glen Akama Esemé M.Sc.

Kurzzusammenfassung

Sandwichelemente besitzen neben ihrer herausragenden raumabschließenden Funktion und Wärmedämmeigenschaften lastabtragende Eigenschaften, die einen Lastabtrag in und aus ihrer Ebene ermöglichen. Eingeschossige Bauwerke, beispielsweise kleine Lagerhallen Tankstellenshops und -waschhallen, können daher unter Verzicht auf zusätzliche tragende Rahmenunterkonstruktionen nur mit Sandwichelementen gebaut werden. Hierfür fehlen Nachweisverfahren, insbesondere zur Lasteinleitung, die diese wirtschaftliche Bauweise ermöglichen würden.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, vorhandene Berechnungsansätze zur Trag- und Gebrauchstauglichkeit und die Detaillösungen zur Lasteinleitung und –verteilung anhand von experimentellen Untersuchungen zu validieren und ggf. weiterzuentwickeln. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der ganzheitlichen Betrachtung der Bauweise sollen dann als Grundlage für den Erwerb einer bauaufsichtlichen Zulassung dienen.

Zur Erreichung dieser Ziele wurde zunächst eine selbsttragende Konstruktion aus Sandwichelementen als Beispielobjekt entworfen. Hierzu wurden alle notwendigen Konstruktionszeichnungen und Detaillösungen zur Ausbildung der Lasteinleitungsstellen und Stoßpunkte ausgearbeitet und für diese Anwendung festgelegt.

Anhand einer im Forschungsantrag festgelegten Versuchsmatrix wurden experimentelle Untersuchungen zum Tragverhalten einer selbsttragenden Konstruktion aus Sandwichelementen durchgeführt. Die umfangreichen lokalen und globalen axialen Druckversuche wurden an Versuchskörper unter Berücksichtigung einer praxisnahen und anwendungsbezogenen Ausbildung der Lasteinleitungsstellen durchgeführt. Dabei wurden die Verformungen und die maximalen Traglasten gemessen.

Danach wurden die gemessenen Traglasten statistisch ausgewertet und die tatsächliche lokale und globale Tragfähigkeit sowie das Versagensverhalten der selbsttragenden Konstruktion aus Sandwichelementen analysiert. Als Bezug wurden analytisch ermittelten Traglasten im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit herangezogen. Es stellte sich heraus, dass die experimentell ermittelten Traglasten weit über den analytisch berechneten Werten liegen. Somit wurde gezeigt, dass eine Bemessung der Konstruktion mit den vorhandenen Bemessungsansätzen konservative Ergebnisse liefert und damit auf der sicheren Seite liegt. Auch die Bemessung der Lasteinleitungskonstruktion für abhebende Kräfte konnte durch einen vorgestellten Bemessungsansatz sichergestellt werden.

Um die ganzheitliche Betrachtung der Konstruktion zu gewährleisten, wurde eine wirtschaftliche und ökologische Betrachtung der Bauweise vorgenommen. Bei der wirtschaftlichen Betrachtung wurde gezeigt, dass selbsttragende Konstruktionen aus Sandwichelementen ohne eine Stahl-Unterkonstruktion eine Einsparung der Investitionskosten von ca. 9% sowie der Heizkosten von ca. 10% aufweisen. Auch bei der Ökobilanz wurde gezeigt, dass die Bauweise Emissions- und Energieeinsparungen mit sich bringt und umweltschonender ist.

Insgesamt liefert der Forschungsbericht fundierte wissenschaftlich-technische Grundlagen für den Entwurf, den Bau und die Bemessung von selbsttragenden Konstruktionen aus Sandwichelementen sowie die notwendigen Versuchsergebnisse und -auswertungen für den Erwerb einer bauaufsichtlichen Zulassung.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

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 20211 N bzw. FOSTA P1314 „Half Monocoque Structures – Raumbildende Tragstrukturen aus Sandwichelementen“ 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

Half Monocoque Structures - Space-forming load-bearing structures made of sandwich elements

Project number:	IGF no. 20211 N / FOSTA P1314
Research association:	Research Association for Steel Application (FOSTA)
Research institutes:	Chair of Steel Construction, TU Dortmund
Project duration:	01.11.2018 - 30.04.2022
Contact persons:	Glen Akama Esemé M.Sc.

Abstract

Sandwich elements have load-bearing properties that allow loads to be transferred in and out of their plane, in addition to their outstanding space-enclosing function and thermal insulation properties. Single-story structures, for example small warehouses, gas station stores and car washes, can therefore be built with sandwich elements only, dispensing with additional load-bearing frame substructures. There is a lack of verification procedures for this, especially for load transfer, which would enable this economical construction method.

The aim of the research project was to validate and if necessary, further develop existing calculation approaches for load-bearing capacity and serviceability and the detailed solutions for load introduction and load distribution on the basis of experimental investigations. The knowledge gained from the holistic view of the construction method should then serve as the basis for obtaining a building authority approval.

To achieve these goals, a self-supporting structure made of sandwich elements was first designed as a sample object. For this purpose, all necessary design drawings and detailed solutions for the formation of the load application points and connection points were elaborated and specified for this application.

Using a test matrix defined in the research proposal, experimental investigations were carried out on the load-bearing behavior of a self-supporting structure made of sandwich elements. The extensive local and global axial compression tests were carried out on test specimens, considering a practical and application-related design of the load application points. The deformations and the maximum ultimate loads were measured.

Afterwards, the measured ultimate loads were statistically evaluated and the actual local and global bearing capacity as well as the failure behavior of the self-supporting structure made of sandwich elements were analyzed. Analytically determined ultimate loads in the ultimate limit state and serviceability limit state were used as reference. It turned out that the experimentally determined ultimate loads are far above the analytically calculated values. Thus, it was shown that a design of the structure with the existing design approaches provides conservative results and is thus on the safe side. The design of the load introduction structure for uplifting forces could also be ensured by a presented design approach.

In order to ensure a holistic view of the construction, an economic and ecological consideration of the construction method was carried out. In the economic analysis, it was shown that self-supporting structures made of sandwich elements without a steel substructure bring savings

in investment costs of approx. 9% and in heating costs of approx. 10%. Also, in the life cycle assessment it was shown that the construction method brings emission and energy savings and is more environmentally friendly.

Overall, the research report provides sound scientific and technical basics for the design, construction and dimensioning of self-supporting structures made of sandwich elements as well as the necessary test results and evaluations for the acquisition of a building authority approval.

The goal of the research project was achieved.

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. 20211 N / FOSTA P1314 "Half Monocoque Structures – Space-forming load-bearing structures made of sandwich elements" 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