

Ausgabe 2025/01

Tragverhalten von Kopfbolzendübeln bei Profilblechen mit hohen Stegen unter Brandbelastung | GF-Nr.: 01IF21403N

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben IGF-Nr.: 01IF21403N

Verbunddecken, bestehend aus profilierten Stahlblechen und einem Betongurt, stellen eine moderne und effiziente Bauweise im Verbundbau dar. Charakteristisch für diese Bauweise ist die Verwendung von Profilblechen, die vorzugsweise zwischen den Sekundärträgern der Verbundkonstruktion spannen. Wird eine Verbundwirkung durch Kopfbolzendübel angestrebt, so hat die Geometrie der Verbunddecke einen entscheidenden Einfluss auf das Tragverhalten der Kopfbolzendübel. Das Tragverhalten von Kopfbolzendübeln in Profilblechen bei Raumtemperatur wurde in den letzten Jahren in zahlreichen Forschungsarbeiten umfassend untersucht, was zur Entwicklung neuer Bemessungsansätze in der EN 1994-1-1:2024 E führte. Bisher ist jedoch unklar, wie diese neuen Bemessungsansätze im Rahmen einer Brandbemessung nach EN 1994-1-2:2024 E angewendet werden können. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob die bestehenden Bemessungsansätze in EN 1994-1-2 auch für moderne Profilblechgeometrien anwendbar sind oder ob diese einer grundlegenden Anpassung aufgrund eines möglicherweise veränderten Erwärmungsverhaltens bedürfen. EN 1994-1-1 bietet die Möglichkeit, Verbund-

träger im Teilverbund zu bemessen, was das wirtschaftliche Potenzial der Verbundbauweise deutlich erhöht. Die in EN 1994-1-2 formulierte Forderung, die Änderung der Längsschubkräfte infolge Erwärmung des Verbundquerschnitts zu berücksichtigen, schränkt die Anwendung dieses Verfahrens für den Brandbemessungsfall jedoch faktisch ein. Bereits im IGF Forschungsvorhaben N19105 wurde gezeigt, dass die Brandbemessung von Verbundträgern im Teilverbund mit Vollbetondecken bei Einhaltung des Mindestverdübelungsgrades nach EN 1994-1-1 grundsätzlich unproblematisch ist. Ob diese Feststellung auch auf Verbundträger mit Profilblechen übertragbar ist, konnte jedoch noch nicht geklärt werden. Ziel dieses Forschungsvorhabens war die Beurteilung des Tragverhaltens von Kopfbolzendübeln unter Brandbeanspruchung in modernen Profilblechgeometrien, die in den Anwendungsbereich der neuen Bemessungsansätze der EN 1994-1-1:2024 E fallen. Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen sollten Vorschläge zur Erweiterung der neuen Bemessungsansätze auf die Brandbemessung nach EN 1994-1-2 erarbeitet werden. Darüber hinaus sollte das Tragver-

halten von Verbundträgern mit Profilblechen im Brandfall untersucht werden, um fundierte Aussagen zur Anwendbarkeit der Teilverbundtheorie im Brandfall ableiten zu können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Die Tragfähigkeit von Kopfbolzen in vertikal angeordneten Profilblechen wurde sowohl bei Raumtemperatur als auch bei erhöhten Temperaturen untersucht, wobei die Art des Profilblechs und die Positionierung der Kopfbolzen variiert wurden. Insgesamt wurden 21 Push-Out-Versuche sowohl bei Raumtemperatur als auch unter Brandeinwirkung nach der Einheitstemperaturzeitkurve durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Versagensmodus bei den Push-Out-Versuchen mit steigender Temperatur ändert. Während bei niedrigen Temperaturen ein betondominiertes Versagen auftritt, kommt es mit steigender Bauteiltemperatur zu einem Abscheren der Kopfbolzen (vgl. Bild 1). Der Übergangsbereich zwischen diesen Versagensarten ist durch ein kombiniertes Versagen gekennzeichnet, bei dem sowohl Betonausbrüche am Bolzenfuß als auch die Bildung von Fließgelenken auftreten. Es wurde fest-

gestellt, dass die Betonschädigung am Bolzenfuß mit zunehmendem Lastniveau zunimmt. Die Temperaturmessungen haben gezeigt, dass die Geometrie des Profilblechs keinen direkten Einfluss auf das Erwärmungsverhalten der Kopfbolzen hat, da der Wärmeeintrag hauptsächlich über die Schweißverbindung zum Stahlträger erfolgt. Bei Profilblechen mit tiefen Sicken führt jedoch die reduzierte Abdeckung des Stahlträgerobergurtes durch den Betongurt zu einem Erwärmungsverhalten, das einer vierseitigen Beflammung ähnelt. Dies führt zu einer beschleunigten Erwärmung des Kopfbolzens, dessen Temperatur jedoch weiterhin mit 80 % der Flanschttemperatur abgeschätzt werden kann. Auch die Position des Kopfbolzens innerhalb der Profilblechsicke hat nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf dessen Erwärmungsverhalten. Die Ergebnisse eigener experimenteller Untersuchungen bestätigten eine gute Übereinstimmung zwischen den im Projekt erarbeiteten Bemessungsansätzen und den in den Brandversuchen erzielten Tragfähigkeiten. Insbesondere die im Vergleich zur EN 1994-1-2:2010 zutreffendere Vorhersage des Versagensmodus unterstreicht die Eignung des vorgestellten Verfahrens.

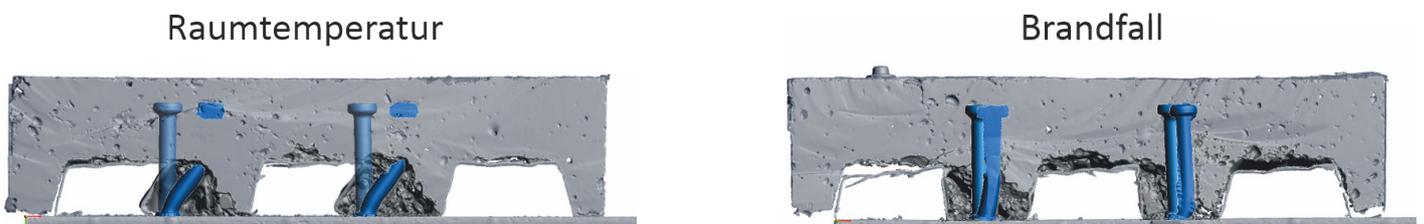


Bild 1: 3D-Scans von Push-out-Probekörper vor und nach der Versuchsdurchführung

Die zweite Forschungsfrage behandelte das nichtlineare Trag- und Verformungsverhalten von Verbundträgern unter Brandbeanspruchung. Dazu wurden Brandversuche an Verbundträgern mit geringen Verdübelungsgrad durchgeführt und ausgewertet (vgl. Bild 2). Diese experimentellen Ergebnisse wurden durch numerische Nachrechnungen ergänzt, gefolgt von einer umfassenden Parameterstudie. Die dabei gewonnene Datenbasis ermöglichte eine detaillierte Analyse der Einflüsse aller relevanten Konfigurationsparameter.

Die Ergebnisse bestätigten Feststellungen aus N19105, dass sich im Brandfall aufgrund der inhomogenen Temperaturverteilung im Verbundquerschnitt unterschiedlich gerichtete Schlupfeffekte entwickeln. Diese Effekte führen zu einer zeitlichen Veränderung der Längsschubkräfte und Verformungen der Verbundfuge im Vergleich zur Situation bei Raumtemperatur.

Die Erkenntnisse aus den durchgeführten Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Teilverbundtheorie auch im Brandfall für übliche Verbundträger des Hochbaus mit senkrecht zur Trägerachse angeordneten Profilblechen unter Einhaltung des Mindestverdübelungsgrades zuverlässig angewendet werden kann.

Die EN 1994-1-2:2024 E erlaubt die Anwendung einer teilweisen Verdübelung für Verbundträger, die nach dem vereinfachten Bemessungsverfahren der Ebene 2 der Anhänge B und C bemessen werden. Die im Rahmen der Brandversuche an Verbundträgern gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass dieses Nachweisverfahren auch für sehr geringe Verdübelungsgrade geeignet ist. Es ermöglicht eine gute Abschätzung der Feuerwiderstandsdauer und erweitert damit die Möglichkeiten der Bemessung von Verbundträgern im Brandfall.

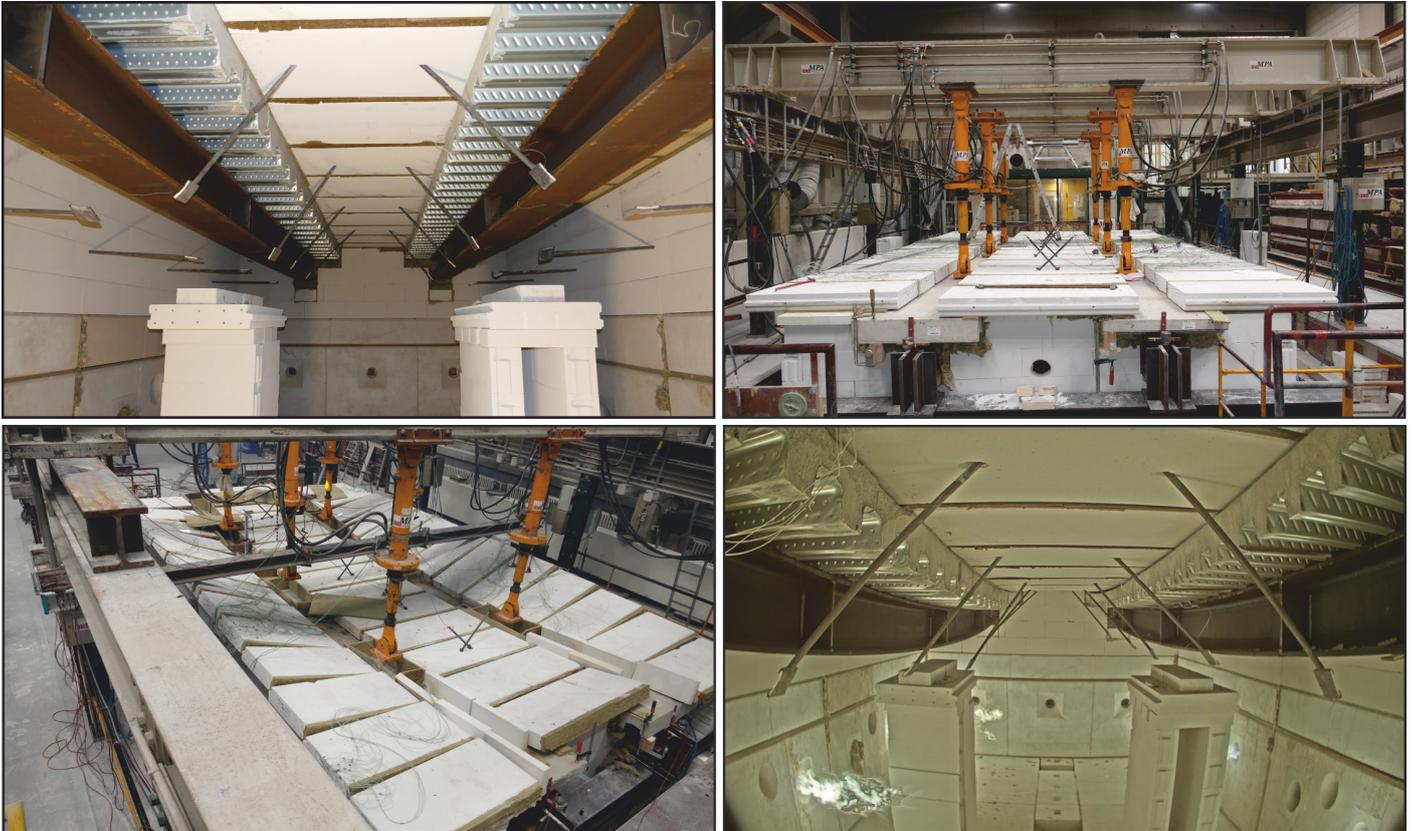


Bild 1: Durchführung von Brandversuchen an Verbundträgern am iBMB in Braunschweig

INDUSTRIELLE
GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG 


Forschungsnetzwerk
Mittelstand

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages