

Ausgabe 1/2019

Konzentrierte Lasteinleitung im Stahl- und Stahlverbundbau unter Verwendung von hochfesten Kopfbolzen AiF Nr.: 19179 N

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF Nr.: 19179 N

Im Stahl- und Verbundbau müssen große Lasten häufig konzentriert in Massivbauteile eingeleitet werden. Klassische Anwendungsbeispiele sind beispielsweise Stützen, Fundamente oder auch Lagersockel. Bei der Auslegung und Dimensionierung der einzelnen Komponenten dieser Anschlüsse sind verschiedene Versagensmechanismen zu berücksichtigen. Nicht selten ist im Bereich von Stützen und Lagern der geringe Randabstand entscheidend, so dass beispielsweise ein Betonversagen gegen den Bauteilrand maßgebend wird. Mit einer gezielten Anordnung von Bewehrung im Bereich des Anschlusses kann die Tragfähigkeit im Beton wirksam gesteigert werden und Betonversagen verhindert werden, so dass die Befestigungsmittel wie z.B. Kopfbolzen für die Tragfähigkeit maßgebend werden.

Insbesondere im Bereich von konzentrierten Lasteinleitungen mit mehreren Bauteilrändern gibt es derzeit noch keine schlüssigen Nachweiskonzepte, die das Tragverhalten und die möglichen Versagensmechanismen im Bereich des Anschlusses berücksichtigen. Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Bemessungsmodells, mit dem die Tragfähigkeiten auf Grundlage der möglichen Versagensmechanismen berechnet werden können. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde das Tragverhalten der Anschlüsse bei konzentrierter Lasteinleitung in Situationen mit geringem Randabstand untersucht. Aufbauend auf experimentellen Untersuchungen, konnten numerische Validierungen und Parameterstudien

durchgeführt werden und ein analytisches Bemessungsmodell auf der Grundlage von neueren Forschungen im Bereich der Befestigungstechnik entwickelt werden.

Durch die geeignete Wahl der Versuchsparameter wurden in den Versuchen unterschiedliche Versagensmechanismen erzeugt. Dabei konnte über die Variation des Bewehrungsgrades die Tragfähigkeit der Betonkomponenten in den berandeten Bauteilen deutlich gesteigert werden, so dass ein Stahlversagen in den höherfesten Kopfbolzen maßgebend wurde. Mit der Fixierung der Ankerplatte unter Querlast war es möglich, Druckkräfte auf den Anschluss zu erzeugen und deutlich größere Tragfähigkeiten zu erzielen. Für stark bewehrte Lasteinleitungsbereiche sind eigentlich höherfeste Kopfbolzen interessant, da so lokal hohe Kräfte in den Beton eingeleitet werden können. Die Versuche unter Querlast haben allerdings gezeigt, dass auch im Bereich der Anschlüsse des Verbundbaus ein duktiles Tragverhalten wichtig ist, da so Lastumlagerungen im Bereich der Ankerplatte möglich sind. Ergebnis der Versuche war, dass auf Grund der deutlichen Festigkeitssteigerung durch zusätzliche Kaltverformung der höherfesten Kopfbolzen diese Duktilität nicht mehr vorhanden war und sich in den Versuchen mit höherfesten Beton teilweise ein sprödes Stahlversagen einstellte. Aus diesem Grund wurden im Rahmen des Vorhabens Untersuchungen zum Materialverhalten der höherfesten Kopfbolzen und zu den Verschweißungen durchgeführt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden numerische Untersuchungen durchgeführt, die an den Versuchen validiert wurden. Über die numerischen Untersuchungen war es möglich, die Lastverteilung im Anschluss zu erfassen und Rückschlüsse über die Aktivierung der Bewehrung im Bauteil zu ziehen. Mit den numerischen Modellen konnten die Traglasten der Versuche, bei denen sich durch eine Porenbildung im Bereich der Verschweißung ein vorzeitiges Versagen einstellte, realistisch abgeschätzt werden. Zusätzlich konnte über weitere Parameteruntersuchungen die Datenbasis erweitert werden und zusätzliche Einflussparameter untersucht werden.

Aufbauend auf den experimentellen und numerischen Untersuchungen, war es möglich für die Anschlüsse bei konzentrierter Lasteinleitung ein analytisches Modell auf Grundlage der Befestigungstechnik zu entwickeln (vgl. Bild 1). Mit diesem Modell können z.B. Randeinflüsse und die Traglaststeigerung durch eine Bewehrung rechnerisch erfasst werden. Zudem können Lastumlagerungen im Bereich des Anschlusses durch die Rissbildung im Bereich des Betons verfolgt. Im Vergleich zu einem Nachweisverfahren über ein Stabwerkmodell kann so das Tragverhalten der Anschlüsse mit konzentrierter Lasteinleitung realistisch abgeschätzt werden.

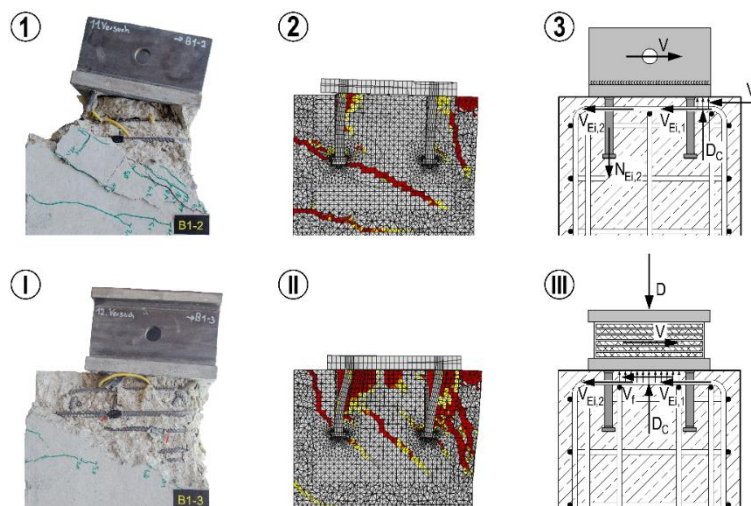


Bild 1: Entwicklung eines analytischen Modells auf Grundlage experimenteller und numerischer Untersuchungen für Anschlüsse zwischen Stahl und Beton mit konzentrierter Lasteinleitung

Das IGF- Vorhaben 19179 N „Konzentrierte Lasteinleitung im Stahl- und Stahlverbundbau unter Verwendung von hochfesten Kopfbolzen“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir danken für diese Unterstützung.

Ein besonderer Dank gilt den Industriepartnern „Mageba SA“ und „Maurer SE“ für die Bereitstellung der Ankerplatten und des Versuchsaufbaus sowie „Köster & Co. GmbH“ für die Bereitstellung und das Aufschweißen der Kopfbolzen. Für die fruchtbaren Gespräche in den Arbeitskreissitzungen danken wir den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses, der im Rahmen der Sitzungen des Arbeitsausschusses Verbundbau des bauforumstahl e.V. tagte.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Ausgabe 2/2019

Interaktionsbeziehungen für Normalkraft, Biegemomente und Torsion: Harmonisierung und Ergänzung der Stabilitätsnachweise für Stäbe mit Standard-Walzprofilen

AiF Nr.: 19044N

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF Nr.: 19044 N

Doppelsymmetrische Walzprofile, gehören zu den wichtigsten Bauteilen im Stahlhoch- und – Hallenbau. Wegen ihrer hohen Tragfähigkeit und einer aus einer sehr breit gefächerten Produktpalette folgenden Flexibilität werden sie heutzutage für Stützen und Binder ebenso verwendet wie für Pfetten und Kranbahnträger. Aufgrund ihrer Schlankheit sind die Profile jedoch meist stabilitätsgefährdet und stehen zudem unter einer Vielzahl von unterschiedlichen Einwirkungen und resultierenden Kombinationen verschiedener Schnittgrößen. Dies kann sehr gut am Beispiel eines geneigten Dachs verdeutlicht werden: Die Pfetten werden durch die Dachneigung infolge Aufbau- und Schneelasten auf doppelachsige Biegung sowie durch die Lasteinleitung am geneigten Obergurt auch auf Torsion beansprucht. Sollen die Pfetten zusätzlich die Binder gegen Biegedrillknicken, also seitliches Ausweichen des Druckgurtes, stabilisieren, müssen sie auch zusätzlich Normalkräfte aufnehmen.

Für die Stabilitätsnachweise existieren aktuell mehrere Nachweisformate, die jedoch im Fall des Querschnittsnachweises nach Theorie II. Ordnung für eine praktische Anwendung oftmals zu kompliziert sind oder im Fall des Ersatzstabnachweises aus DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-6 nicht alle Schnittgrößenkombinationen abdecken.

Das Forschungsvorhaben befasst sich mit dem Einfluss von Torsionseinwirkungen auf die Querschnitts- und Bauteiltragfähigkeit von Stahlwalzprofilen. Hierzu wurden durch systematische Untersuchungen die Grenztragfähigkeit sowie das Verformungsverhalten von gedrunenen und stabilitätsgefährdeten Profilen ermittelt. In einer umfangreichen Versuchsreihe wurde an Trägerversuchen die Querschnittstragfähigkeit biege- und torsionsbeanspruchter Walzprofile mit zusätzlicher axialer Normalkraftbeanspruchung untersucht. Dabei wurden in drei Versuchsserien die in der Praxis häufig verwendeten Profiltypen IPE (Dachpfetten), HEB (Stützenquerschnitt) und HEA (leichte Kranbahnen) getestet. Durch Variation der Normalkraftbeanspruchung, Größe der Lastexzentrizität und Beanspruchungsrichtung konnten in den Versuchen unterschiedliche Versagensmechanismen beobachtet werden. Dabei traten für Beanspruchungen in Richtung der starken Querschnittsachse üblicherweise ein Stabilitätsversagen und für Beanspruchungen in Richtung der schwachen Querschnittsachse überwiegend ein Querschnittsversagen auf. Die an den Trägerenden aufgeschweißten Kopfplatten sorgen für eine Wölbbehinderung, die vor allem für die Versuche um die starke Querschnittsachse zu einem Tragfähigkeitsgewinn beitragen.

Der theoretische Teil des Forschungsvorhabens bestätigt mittels numerischer Nachrechnung die Plausibilität der Versuchsergebnisse. Hierbei konnte insbesondere der tragfähigkeits-mindernde Einfluss von Bauteilimperfectionen, Eigenspannungen und Torsionsbeanspruchungen gezeigt werden. Ausgehend von einem an Versuchen validierten numerischen Modell, wurde eine Parameterstudie durchgeführt. Dabei wurden folgende Parameter untersucht: unterschiedliche Belastungsarten, zahlreiche Variationen an Schnittgrößenkombinationen sowie verschiedene Schlankheiten, Profile und Stahlgüten, die nicht vom experimentellen Versuchsprogramm abgedeckt waren.

Abschließend wurde ein Ingenieurmodell entwickelt, dessen Verwendbarkeit mit Hilfe der experimentellen und numerischen Datenbasis bestätigt werden konnte. Mit dem entwickelten Modell zum Nachweis der Bauteiltragfähigkeit können die aktuellen Nachweisgleichungen aus dem Eurocode 3 durch zusätzliche Berücksichtigung der Torsionsbeanspruchung ergänzt werden, so dass eine praktische und wirtschaftliche Bemessung für eine Interaktion aus Normalkraft, Biegung und Torsion ermöglicht wird. Ein zusätzlich entwickeltes Abgrenzungskriterium ermöglicht die pauschale Vernachlässigung des Torsionsanteils und erlaubt somit für bestimmte Beanspruchungen einen Nachweis für Normalkraft und doppelachsige Biegung aus DIN EN 1993-1-1.

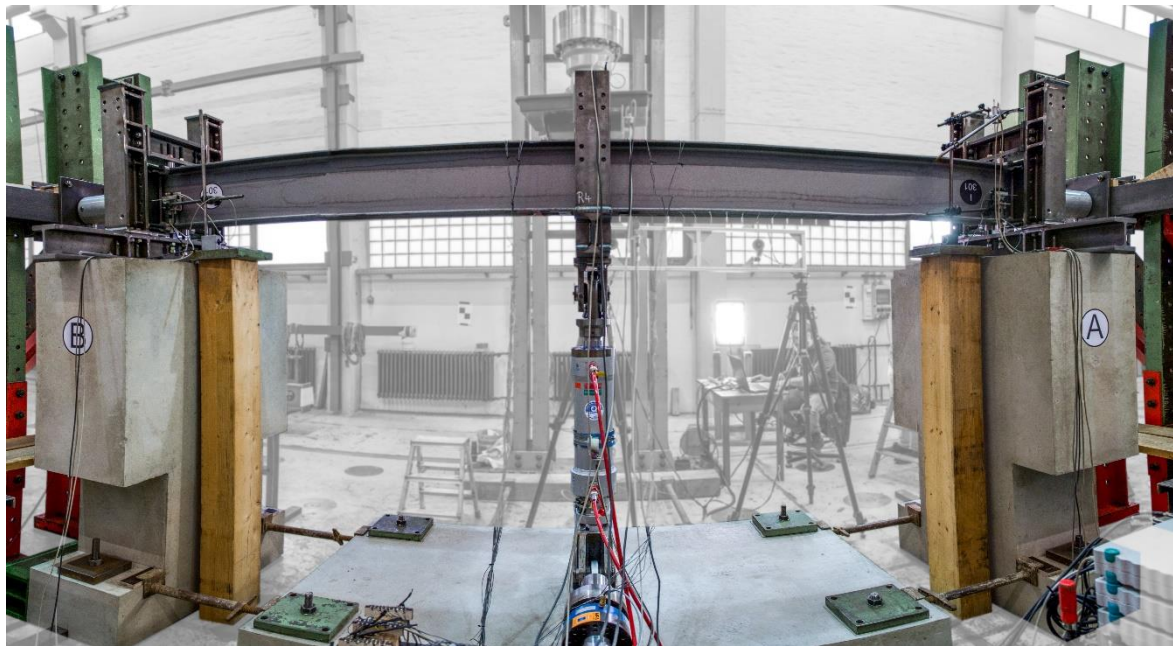


Bild 1: Ansicht des Versuchsaufbaus der N-M-T-Versuchsreihe an der Universität Stuttgart

Das IGF- Vorhaben 19044 N „Interaktionsbeziehungen für Normalkraft, Biegemomente und Torsion: Harmonisierung und Ergänzung der Stabilitätsnachweise für Stäbe mit Standard-Walzprofilen“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASSt) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir danken für diese Unterstützung.

Ein besonderer Dank gilt den Industriepartnern „Stahlwerk Thüringen“ für die Bereitstellung der Versuchskörper, „Haller Stahlbau“ für die Versuchskörperfertigung sowie „Donges Steeltec“ und „Christmann & Pfeifer“ für die kostenfreien Beratungsleistungen. Für die fruchtbaren Gespräche in den Arbeitskreissitzungen danken wir den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses, der im Rahmen der Sitzungen des Arbeitsausschusses Technisches Büro des bauforumstahl e.V. tagte.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Ausgabe 3/2019

Realistische Nutzlasten für Parkhäuser auf probabilistischer Basis AiF Nr.: 19138N

Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF Nr.: 19138N

Im Rahmen des behandelten Forschungsvorhabens wurde die Thematik der Nutzlastansätze für Parkhausbauwerke in Deutschland umfassend behandelt. Aufgrund der stetigen Veränderungen im Kraftfahrzeugbestand sind auch die statistischen Merkmale der Fahrzeuggewichte tendenziellen Änderungen unterworfen. In den vergangenen Jahrzehnten sind diese Gewichte aufgrund der Entwicklungen im Bereich der Sicherheitstechnik, der Fahrzeugkomfort sowie des Trends zu größeren Fahrzeugen im Mittel angestiegen.

Der wesentliche Schlüssel für die Identifikation gesicherter Lastmodelle ist eine fundierte und realistische Einschätzung des Fahrzeugbestandes in Deutschland sowie der Art und Weise, wie Parkhäuser genutzt werden. Es ist hierzu eine Datenbasis erarbeitet worden, die letztlich aus drei Quellen gespeist wird

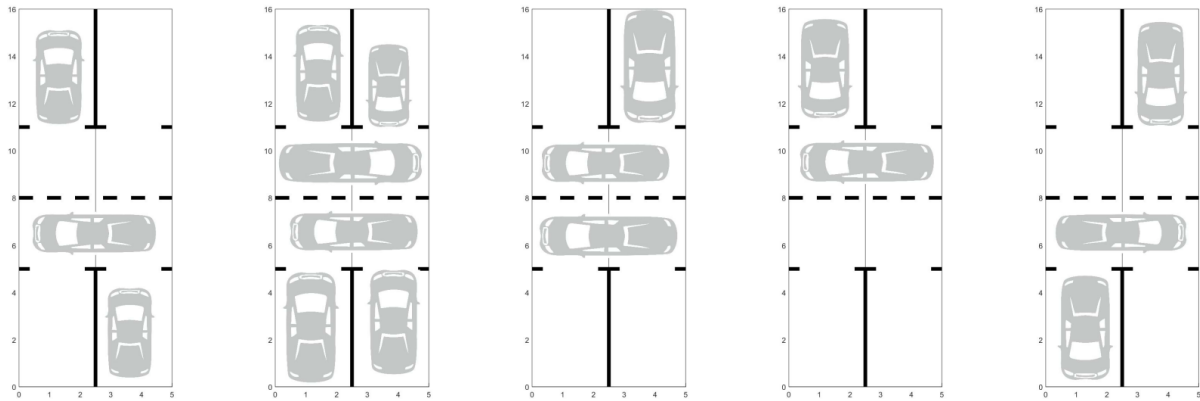
- Datenstamm des Kraftfahrzeugbundesamtes (KBA)
- Eigene Lastmessungen an vier Parkhausbauwerken
- Kontinuierliche Belegungsdaten von 178 Parkhäusern in Deutschland

Für die statistische Absicherung der Lasteffekte wurde eine Monte-Carlo Simulation aufgebaut, um die statistischen Auswirkungen an typischen Parkhaustypen zu bestimmen. Die Durchführung der Simulation selbst führte beschriebene Untersuchungsaspekte und die daraus gewonnenen statistischen Modelle so zusammen, dass eine sehr repräsentative Modellierung der aktuellen und zukünftigen Nutzung von Parkflächen möglich wurde. Die

Simulation spiegelt somit die kombinierte Auswirkung aller relevanten Zufallsprozesse (Fahrzeugflotte, Parkanordnung, Parkposition, Verweildauer etc.) auf die Tragwerkseffekte innerhalb des kompletten Bezugszeitraumes von 50 Jahren wider. Im Ergebnis wurden somit die jährlichen Extremwerte bestimmt und die charakteristischen Werte konnten auf Basis entsprechend gesicherter Verteilungen berechnet werden. Gleichzeitig wurden auch die bereits früher genutzten Modelle zur Extremwertprognose verwendet. Als Eingangsgröße für diese Methoden wurden die im Rahmen der Studie gewonnenen statistischen Kennwerte der einzelnen Zufallsprozesse genutzt. Somit sind auch die resultierenden Ergebnisse aller Methoden prinzipiell direkt miteinander vergleichbar.

Für die Rückrechnung der äquivalenten Flächenlasten wurden jeweils die gleichen Tragwerksmodelle verwendet, die auch für die Bestimmung der genauen charakteristischen Werte angesetzt wurden. Das Kriterium für die Bestimmung der Flächenlastmodelle war es dabei, dass die durch sie hervorgerufenen Tragwerkseffekte mindestens so hoch ausfielen, wie die charakteristischen Effekte, die auf Basis der Simulation bestimmt wurden.

Die gewonnenen Ergebnisse werden in unterschiedlicher Weise aufbereitet, damit eine Plausibilisierung mit Bezug auf verschiedene Parameter und der Vergleich unterschiedlicher Auswertungsmethoden ermöglicht wird. Alle gewonnenen Daten und Ergebnisse der Studie können dazu dienen, die künftige Diskussion in diesem Bereich daten- und faktenbasiert zu unterstützen.



Beispielhafte willkürliche Belegung von Parkstrukturen

Das IGF-Vorhaben 17886 der Forschungsvereinigung Deutscher Ausschuss für Stahlbau (DASt) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF), aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie aufgrund eines

Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Den Förderern sei für die Unterstützung und Hilfe bestens gedankt. Für die fruchtbaren Gespräche in den Arbeitskreissitzungen danken wir den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses, der im Rahmen der Sitzungen des Arbeitsausschusses DASt tagte.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages