

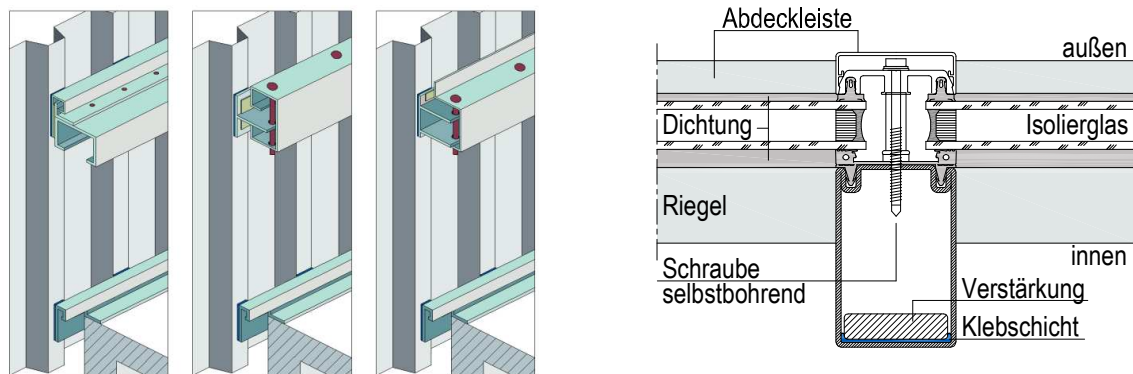
# Eurocode-basiertes Bemessungskonzept für Klebverbindungen im Stahlbau

*Prof. Dr.-Ing. habil. H. Pasternak, Y. Ciupack, M.Sc., Lehrstuhl für Stahl- und  
Holzbau, Brandenburgische Technische Universität, Cottbus, Deutschland;  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. h. c. K. Dilger, Dipl.-Ing. Erdeniz Ince, Institut für Füge- und  
Schweißtechnik, Technische Universität, Braunschweig, Deutschland*

## Ausgangssituation

Die Anwendung innovativer Klebtechnologien steigert die Produktivität, Qualität und Effizienz des Stahlbaus. Sie stellt außerdem eine Alternative zu den klassischen Fügeverfahren dar, welche grundsätzliche Nachteile für Stahlkonstruktionen mit sich bringen. In einem laufenden Forschungsvorhaben werden die Grundlagen für den Nachweis der Tragfähigkeit anhand zweier Anwendungsfälle aus dem Stahlfassadenbau erarbeitet.

Ein Nachweis von Stahlklebverbindungen auf Grundlage aktueller Normungen ist derzeit nicht möglich. Zeitlich aufwendige und teure Zulassungsverfahren wären notwendig, weshalb sich kleine und mittlere Unternehmen (kmU) für weniger geeignete Fügeverfahren entscheiden. Die Aufnahme der Klebtechnologie für den Stahlbau in die Normung würde hier Abhilfe schaffen.



**Bild 1. Links: geklebter Fassadenanschluss; rechts: geklebte Fassadenverstärkung**

## Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Um die Akzeptanz der Klebtechnologie im Bauwesen zu steigern, ist es erforderlich diese Fügetechnik normungsnah aufzuarbeiten. In dem Forschungsvorhaben wurden zwei Musterbauteile hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit analysiert und ihre Konzepte gemäß der Anforderungen des Eurocode kalibriert. In einem ersten Schritt wurden genormte Kleinteilversuche (Zugscherversuch und Kopfzugprobe) an drei Klebstoffen durchgeführt. Ziel der Kleinteiltests war die Bestimmung notwendiger Kennwerte von

Klebschichten für die Implementierung der Klebschichteigenschaften in analytische Ingenieurmodelle. Dabei wurden die stochastischen Schwankungen der Ergebnisse berücksichtigt und die baunormtypischen charakteristischen Materialeigenschaften basierend auf einem 75%-Vertrauensniveau als 5%-Fraktil berechnet. Im Anschluss wurden experimentelle Untersuchungen an Musterbauteilen (Bild 1) durchgeführt, um die analytischen Modelle kalibrieren zu können. Ein Vergleich der Versuchsergebnisse mit denen der Ingenieuransätze lieferte die Ausgangsbasis für die Anwendung des semiprobabilistischen Verfahrens nach [1]. Ziel der Methode ist die Ermittlung von Teilsicherheitsbeiwerten ( $\gamma_R$ ), welche die natürliche Streuung der Basisvariablen, die Modellungenauigkeiten und die Abweichungen im Versuch erfassen. Durch die Kalibrierung des Bemessungskonzeptes wird eine deterministische Nachweisführung ermöglicht, welche sich allgemein durch Gleichung (1) ausdrücken lässt.

$$\gamma_E \cdot E_k \leq \frac{R_k}{\gamma_R} \cdot \eta_t \cdot \eta_m \quad (1)$$

Beim Nachweisverfahren nach Eurocode ist zu verifizieren, dass für einen festgelegten Bezugszeitraum die zu erwartenden Folgen der Einwirkungen E (engl.: „effect“) den dazugehörigen Bauteilwiderstand R (engl.: „resistance“) mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit nicht überschreiten. Bei diesem Nachweisformat sind die Größen E und R mit Unschärfen stochastischen Charakters behaftet, die mit Hilfe von probabilistischen Konzeptionen erfasst werden. Aufgrund der Komplexität dieser Aufgabe sind die Nachweise in der Bemessungspraxis mit Teilsicherheitsbeiwerten ( $\gamma_E$  und  $\gamma_R$ ) durchzuführen.

Von wesentlichem Interesse waren im Rahmen des Forschungsvorhabens ebenso die Auswirkungen von umgebungs- und herstellungsbedingten Effekten auf das Trag- und Verformungsverhalten der Anwendungsbeispiele. Aus diesem Grund wurden die Kleinteiltest sowie die Musterbauteilversuche bei verschiedenen Temperaturen (-20°C, 25°C, 50°C, 80°C) und bei variierender Klebschichtdicke (0,2mm, 0,5mm, 2,0mm, 3,0mm, 5,0mm) durchgeführt. Umrechnungsfaktoren zur Berücksichtigung von Temperatureinflüssen ( $\eta_t$ ) und von Klebschichtdicken ( $\eta_m$ ) waren Ergebnis der Untersuchungen. Desweiteren wurde überprüft, inwieweit sich die in den Kleinteiltests beobachteten Auswirkungen der Effekte auf die Musterbauteile übertragen lassen. Es wurde festgestellt, dass der Einfluss von Temperatur und

Klebschichtdicke abhängig ist von dem Anteil der Klebfuge am Gesamttragverhalten des Musterbauteils.

Die in dem Forschungsprojekt ermittelten bauwesenstypischen Kennwerte gelten ausschließlich für einmalige, kurzzeitig wirkende Belastungen. Von besonderer Bedeutung ist die Wahl des Klebstoffsystems und der analytischen Modelle zur Beschreibung des Tragverhaltens des geklebten Musterbauteils. Um die Vorgehensweise nach [1] anwenden und Stahlklebanwendungen normungsnah aufarbeiten zu können, ist es notwendig, dass Ingenieuransatz und Klebstoff aufeinander abgestimmt werden. Die Definition, analytische Beschreibung und Erzeugung eines repräsentativen Versagenkriteriums durch das Klebstoffsystem ist von tragender Bedeutung für den Erfolg der Konzeptkalibrierung und somit für die Etablierung der Klebtechnik im Bauwesen.

### **Danksagung**

Das Vorhaben IGF-Nr. 16494 BG der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. – FOSTA, Düsseldorf, 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. An dieser Stelle soll allen, die zum Gelingen des Projekts beitragen, nochmals gedankt werden, insbesondere der AiF und dem projektbegleitenden Ausschuss für die Bereitstellung von Materialien und die stetige Bereitschaft zur Diskussion.

### **Literatur**

- [1] DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung, Dezember 2010.
- [2] DIN EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 1-1/A2: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau, Dezember 2010.
- [3] Mainz, J.; Pasternak, H.: Zum vereinfachten rechnerischen Nachweis von Klebverbindungen im Stahlbau; Bauingenieur (86) 2011, S. 262-268
- [4] Straalen, IJ. J. van: Calibration of Design rules from tests on basis of probabilistic techniques – First step to re-formulate annex z of Eurocode 3 for normal distribution – Final report, TNO Report: 97-CON-R0905/2, 1997.
- [5] Ciupack, Y.; Pasternak, H.: Kalibrierung von Bemessungskonzepten gemäß Eurocode am Beispiel von Klebverbindungen; Bauingenieur (87) 03.2012, S. 116-123.