

**Ausgabe 2024/02**

## **Anwendung von Injektionsschrauben bei der Instandsetzung von dynamisch beanspruchten Stahlkonstruktionen | AiF Nr.: 21369 N**

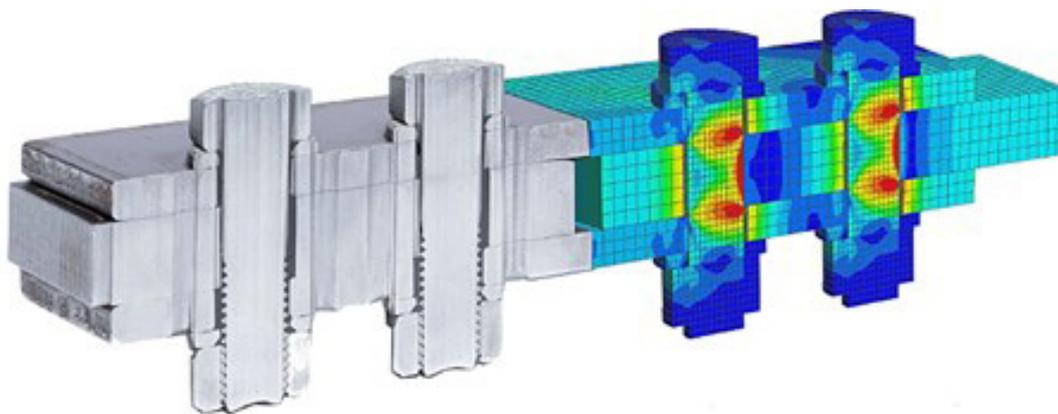
### **Zusammenfassung zum Forschungsvorhaben AiF Nr.: 21369 N**

Injektionsschrauben stellen durch Verfüllen des vorhandenen Lochspiels mit aushärtendem Injektionsharz eine schlupffreie Scher-Lochleibungsverbindung dar. Es ist weder ein zeitaufwendiges Aufreiben der Bohrlöcher wie bei Verbindungen mit Passschrauben noch eine umfangreiche Oberflächenbehandlung wie bei gleitfestvorgespannten Verbindungen erforderlich. Das Injektionsharz wird über eine Bohrung im Schraubenkopf in den Bereich zwischen Schraubenschaft und Lochwandung injiziert. Hierfür sind speziell angearbeitete Schraubengarnituren erforderlich, welche in DIN EN 1090-2, Anhang J festgelegt sind. Die Bemessung nicht vorgespannter und vorgespannter Ausführungen ist bereits in DIN EN 1993-1-8 enthalten, Angaben zur Ermüdungsfestigkeit der Verbindung liegen in den Kerbfalltabellen in DIN EN 1993-1-9 ebenfalls vor. Trotz vorhandener Regelungen zur Ausführung und Bemessung von Verbindungen mit Injektionsschrauben werden diese nach DIN EN 1090-2 als besonderes Verbindungsmittel eingestuft. Im Anwendungsfall sind daher Verfahrensprüfungen festzulegen und durchzuführen, wodurch die Anwenderfreundlichkeit aktuell stark eingeschränkt wird. Entgegen der Vorteile von Injektions-

schrauben gegenüber anderen schlupffreien Verbindungen hat sich die Verbindungsart bislang in Deutschland nicht etablieren können. Bisher lagen keine eindeutigen Kriterien vor, mit denen geeignete Injektionsharze ausgewählt werden konnten. Daher wurden relevante Materialeigenschaften von Harzsystemen untersucht und erforderliche Größenordnungen festgelegt. Anschließend wurde die Lochleibungsfestigkeit nach DIN EN 1090-2, Anhang G als maßgebende Bemessungsgröße für unterschiedliche Injektionsharze ermittelt. Zudem wurden die Bemessungsvorgaben nach DIN EN 1993-1-8 für vorgespannte Verbindungen überprüft. Umfangreiche Versuchsgrundlagen für die Addition der Traganteile infolge des Gleitwiderstandes und des Lochleibungswiderstandes des Injektionsharzes liegen bislang nicht vor. An unterschiedlichen Injektionsharzen und Oberflächen wurde die Interaktion der Traganteile untersucht, die Bemessungsvorgaben konnten für die untersuchten Verbindungen bestätigt werden. Die Erkenntnisse zum Last-Verformungsverhalten wurden zudem mit numerischen Untersuchungen ergänzt. Für die Ermüdungsfestigkeiten von Verbindungen mit Injektionsschrauben in DIN EN 1993-1-9 waren ebenfalls keine Versuchsgrundlagen

bekannt. Daher wurden Ermüdungsversuche an nicht vorgespannten und vorgespannten Verbindungen mit unterschiedlichen Injektionsharzen durchgeführt. Die Kerbfallvorgaben konnten harzunabhängig bestätigt werden. Da in DIN EN 1993-1-9 zudem keine Angaben zur Ermüdungsfestigkeit des Injektionsharzes enthalten sind, wurde das Ermüdungs-Gleitverhalten der injizierten Verbindungen untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass keine Materialermüdung der Harze auftritt. Stattdessen sind Kriecheffekte zu berücksichtigen, die maximalen Lochleibungsspannungen sind daher zu begrenzen. Die entsprechenden Grenzwerte wurden für die nicht vorgespannte und vorgespannte Ausführung festgelegt. Um einen sicheren Einsatz von Injektionsschrauben auch unter Umwelteinwirkungen zu gewährleisten, wurden unterschiedliche Aushärte- und Lagerungsbedingungen untersucht. Für die gewählten Harzsysteme konnte kein nennenswerter Einfluss

auf das Last-Verformungsverhalten der Verbindungen festgestellt werden, weswegen Verbindungen mit Injektionsschrauben auch bei geringen Temperaturen und unter Verkehr injiziert sowie bei extremen Temperaturbeanspruchungen an Brückenbauwerken angewendet werden können. Eventuelle Einschränkungen sind in detaillierten Ausführungsanweisungen aufzunehmen, um neben einer praktikablen Handhabbarkeit eine erforderliche Ausführungsqualität der Verbindung zu gewährleisten. Insgesamt konnten die Grundlagen für eine diskriminierungsfreie Anwendbarkeit von Injektionsschrauben geschaffen werden. Dabei ermöglichen die untersuchten Einflussgrößen einen sicheren Einsatz bei dynamisch beanspruchten Stahlkonstruktionen. Geeignete Injektionsharze wurden festgelegt und erforderliche Materialkenngrößen bestimmt. Zudem liegen umfangreiche Angaben zur Bemessung und Ausführung in Form eines erarbeiteten Bemessungs- und Ausführungskonzeptes vor.



*Bild 1: Schnitt durch einen Standardprobekörper mit Injektionsschrauben in der experimentellen und numerischen Betrachtung*

Das IGF-Vorhaben-Nr. 21369 N des Deutschen Ausschusses für Stahlbau e.V. (DAST) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Rahmen des Programmes zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines

Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens. Ein besonderer Dank gilt zudem den industrieteiligen Firmen für die Bereitstellung von Versuchskörpern sowie den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses für ihre Mitarbeit in den Ausschusssitzungen.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages