



# Druckbehälter aus hochfestem Stahl

## Machbarkeitsstudie und innovative Bemessungsansätze



Forschungsvereinigung  
Stahlanwendung e. V.



# Ein Gastbeitrag zum FOSTA Forschungsvorhaben „Dehnungsbasierte Bemessungskriterien für unbefeuerte Druckbehälter: Demonstration eines erweiterten DBF-Verfahrens“

Victoria Brinzel/Simon Schaffrath

Hochfeste Stähle ermöglichen im Stahl- und Anlagenbau eine deutliche Reduktion des Material- und Energieeinsatzes, z.B. durch verringerte Wanddicken und verkürzte Schweißzeiten. Trotzdem finden diese Stahlsorten derzeit im Druckbehälterbau kaum Anwendung. Ein Grund hierfür sind erhöhte Sicherheitsfaktoren, die für hochfeste Stähle in der relevanten Normgebung vorgeschrieben sind und die die Ausnutzung der verbesserten Festigkeitseigenschaften behindern. Diese normativen Vorgaben beruhen jedoch auf Erfahrungen mit normalfesten Stählen und berücksichtigen die exzellenten Zähigkeitseigenschaften moderner hochfester Stähle nicht.

## Neue Sicherheitsfaktoren durch die Kombination von Schädigungsmechanik und Probabilistik

Ziel zweier aufeinander aufbauender FOSTA-Forschungsprojekte an der RWTH Aachen (P758 und P950) war es, die Anwendbarkeit hochfester Stähle im Druckbehälterbau zu demonstrieren und innovative Methoden zur Ableitung effizienter und werkstoffgerechter Sicherheitsfaktoren zu entwickeln.

Schädigungsmechanische Modelle sind in der Lage, das Versagen von hochfesten Stählen in Finite-Elemente-Simulationen wiederzugeben. Probabilistische Sicherheitskonzepte, wie z.B. in EN 1990 definiert, können ausgehend von Bauteilversuchen gezielt Sicherheitsfaktoren für ein gewünschtes Zuverlässigkeitsniveau ableiten. Die Kombination beider Ansätze stellt eine innovative Möglichkeit zur Ableitung verbesserter Sicherheitsfaktoren für hochfeste Stähle dar.

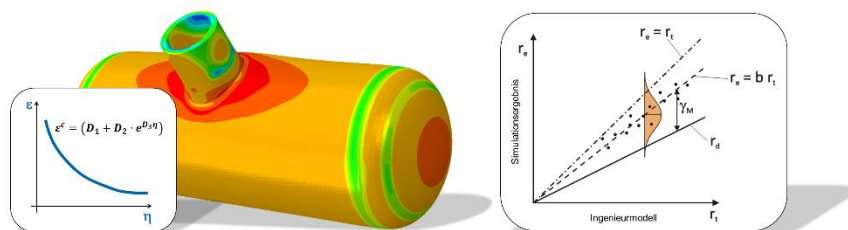


Abbildung 1: Der im Projekt entwickelte Ansatz kombiniert schädigungsmechanische Berechnungen mit probabilistischen Sicherheitskonzepten, um verbesserte Sicherheitsfaktoren für hochfeste Stähle abzuleiten.

Im Rahmen der Forschungsprojekte wurde ein schädigungsmechanischer Ansatz für die Berstdruckvorhersage entwickelt und die Rahmenbedingungen für eine zuverlässige Anwendung erforscht. Das so abgeleitete Versagenskriterium wurde in der Simulation einer Vielzahl von Bemessungssituationen eingesetzt. Mit Hilfe dieses Ansatzes können statt aufwendiger Berstversuche, die normalerweise für die Anwendung probabilistischer Sicherheitskonzepte erforderlich sind, nun auch Simulationsergebnisse für die Ableitung neuer Sicherheitsfaktoren verwendet werden. Dadurch wird die Anwendung probabilistischer Konzepte im Druckbehälterbau überhaupt erst ermöglicht, da eine rein auf Berstversuchen beruhende Herangehensweise aufgründ

der hohen Kosten der Versuche nicht umsetzbar ist. [Dieses Konzept wurde von der Jury des Stahl-Innovationspreises 2015 als eines der 10 besten Projekte in der Kategorie „Stahl in Forschung und Entwicklung“ ausgezeichnet.](#)

### **Erfolgreiche Demonstration im Berstversuch**

Zur Demonstration der Zuverlässigkeit des Verfahrens wurde ein Druckbehälter aus der hochfesten Stahlsorte P690Q von den Forschungsstellen und den Industriepartnern im projektbegleitenden Ausschuss entworfen, hergestellt und in einem Berstversuch zerstörend getestet. Der Behälter besitzt eine Wanddicke von 50 mm, eine Länge von 3 m und einen Außendurchmesser von 1,20 m. Der Auslegungsdruck nach EN 13445 beträgt 226 bar. Im Berstversuch versagte der Behälter bei 680 bar, dem Dreifachen des Auslegungsdruckes. Die Anwendbarkeit hochfester Stähle konnte eindrucksvoll demonstriert werden, das Versagen erfolgte nach deutlicher plastischer Verformung. Ein [Video zeigt den Berstversuch](#). Berstdruck und Versagensort wurden von den schädigungsmechanischen Simulationen korrekt vorhergesagt. Die Einsatzfähigkeit der entwickelten Methodik wurde somit validiert.

Die abschließende Anwendung des probabilistischen Sicherheitskonzeptes zeigte das Potenzial für eine deutliche Reduktion der Sicherheitsfaktoren für hochfeste Stähle auf. Detaillierte Forschungsergebnisse werden in Kürze im Abschlussbericht veröffentlicht. Die erarbeiteten Erkenntnisse werden in den Normgebungsprozess eingebracht.

### **Weitere Informationen**

- <http://www.iehk.rwth-aachen.de/index.php?id=645>
- <http://www.stb.rwth-aachen.de/projekte/2012/P950/P950.html>

### **Über die Autoren**

Dipl.-Ing. Victoria Brinnel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Eisenhüttenkunde, RWTH Aachen University

Dipl.-Ing. Simon Schaffrath ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Stahlbau, RWTH Aachen University