

Gruppe

FÜGEVERBINDUNGEN

Dr. Silke Sommer | Telefon +49 761 5142-266 | silke.sommer@iwm.fraunhofer.de

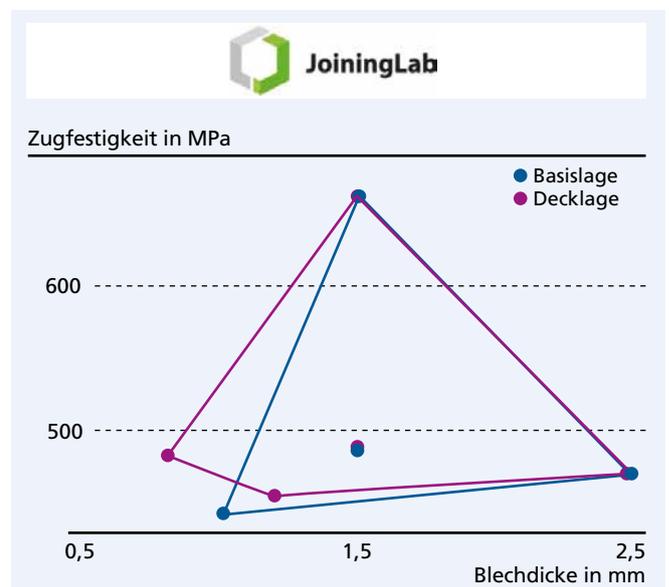
MODELLPARAMETER ZUR CRASHSIMULATION MECHANISCH GEFÜGTER VERBINDUNGEN

Innovative Leichtbaukonzepte zur Reduktion des Fahrzeuggewichts integrieren eine Vielzahl verschiedener Materialien und nutzen deren Eigenschaften optimal aus. In diesem Zuge gewinnen mechanische Fügeverfahren wie Halbhohlstanznieten (HSN), Vollstanznieten (VSN), Bolzensetzen (BS) und Fließblochschrauben (FLS) im Karosseriebau zunehmend an Bedeutung.

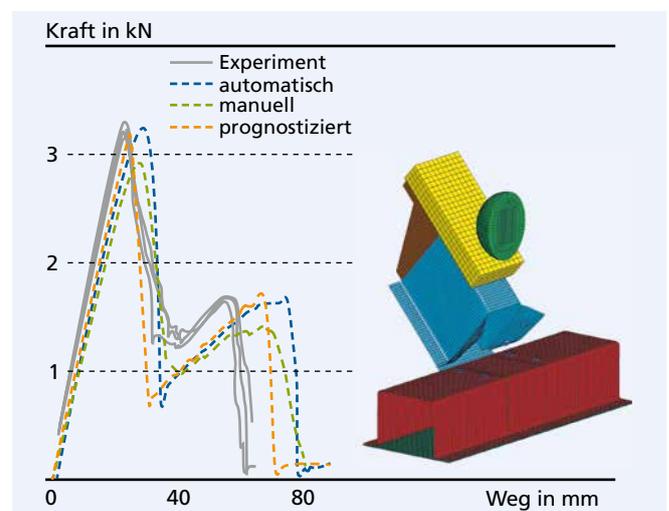
Bei der numerischen Simulation von Crashlastfällen, die ein wesentlicher Bestandteil der Auslegung und Entwicklung von Fahrzeugstrukturen ist, müssen Fügestellen berücksichtigt werden. Eine detailgetreue Abbildung von Fügeverbindungen in Simulationen eines Gesamtfahrzeugs ist jedoch aus Gründen der Komplexität nicht umsetzbar. Zur Beschreibung von Verbindungen kommen darum vereinfachte Modelle, sogenannte Ersatzmodelle, zum Einsatz, die das Verbindungsverhalten mit hinreichender Genauigkeit abbilden. Eines dieser Ersatzmodelle ist das CONSTRAINED_SPR3 Modell 2 (C-SPR3_M2), das wir am Fraunhofer IWM entwickelt haben.

Kalibrierung des Ersatzmodells

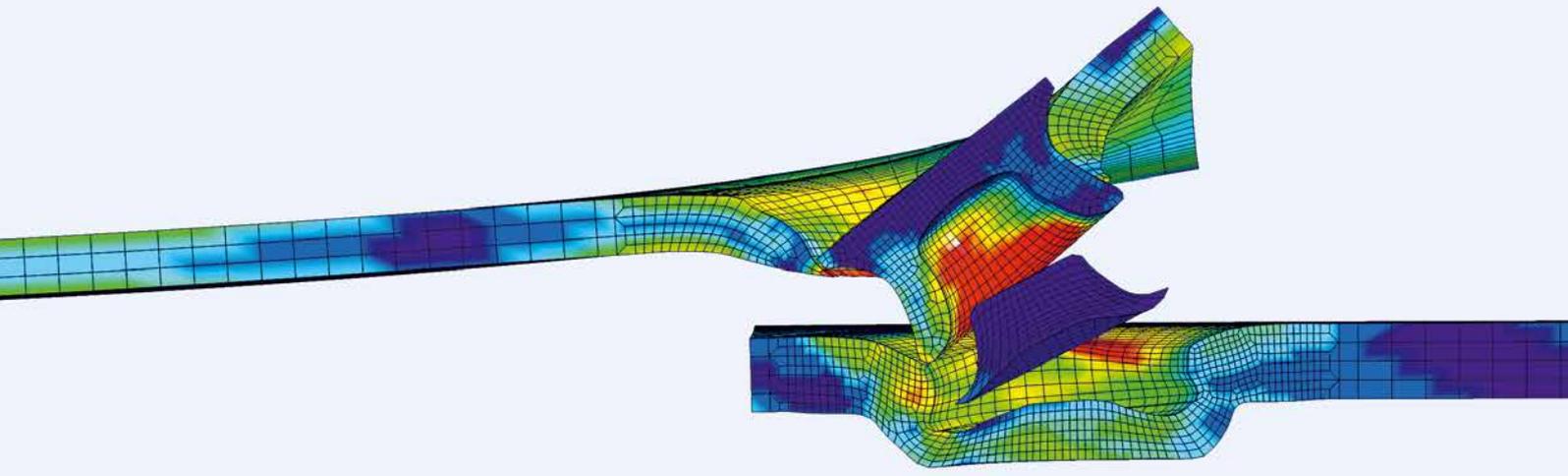
Das mechanische Verhalten einer gefügten Verbindung ist von der Belastungssituation abhängig. Verbindungskenngrößen wie die Tragfähigkeit, der Zeitpunkt des Schädigungsbeginns und der Trennung der Verbindung sowie die Energieaufnahme werden von der Verbindungsgeometrie, Belastungsart und Belastungsgeschwindigkeit bestimmt. Im Ersatzmodell werden diese Zusammenhänge durch ein parametrisiertes Modell beschrieben. Die Kalibrierung der Modellparameter wurde in der Vergangenheit manuell durch Simulationen von Versuchen an Verbindungsproben und einem »Reverse-Engineering«-Ansatz vorgenommen. Das ist zum einen zeitaufwendig und damit kostenintensiv. Zum anderen ist es nicht möglich, alle



1 Trainingsdatenmenge zur Prognose von Modellparametern ungeprüfter Verbindungen mit der Software JoiningLab.



2 Kraft-Wegkurven der T-Stoßsimulationen unter Querbelastung (links) und deformierte Geometrie im FE-Modell des T-Stoßes (rechts).



3 Detailsimulation einer mittels HSN gefügten einfachüberlappten Scherzugprobe.

Kombinationen von Blechdicken- und Materialpaarungen, die in einer modernen Fahrzeugkarosserie auftreten, experimentell unter allen relevanten Randbedingungen zu prüfen.

JoiningLab: Prognose von Modellparametern und viel mehr

Im Rahmen des AiF-Projekts »Daten- und prognosebasierte Generierung von Modellparametern für die Crashesimulation mechanisch gefügter Verbindungen« (FOSTA P1094 / IGF Nr. 18468 BG) haben wir mit unseren Projektpartnern, der Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik (GFal) und dem Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik der Universität Paderborn (LWF), Methoden entwickelt, die Kalibrierung des C-SPR3_M2 zu automatisieren und außerdem Modellparameter für unbekannte, nicht geprüfte Verbindungen vorherzusagen. Diese Methoden wurden von der GFal in der Software JoiningLab implementiert und somit zur Anwendung zugänglich gemacht.

Die Software JoiningLab ermöglicht, alle relevanten Verbindungsdaten der mechanischen Fügeverfahren (HSN, VSN, FLS und Schließringbolzensetzen) zu bündeln und zu verwalten. Des Weiteren stellt sie Tools zur Analyse und Bewertung von Daten zur Verfügung (zum Beispiel Ähnlichkeitsuntersuchungen). Modellparametersätze für die Ersatzmodellierung C-SPR3_M2 können automatisch aus Kraft-Verschiebungskurven bestimmt und im LS-Dyna® Inputformat ausgegeben werden. Eine Prognosefunktionalität ermöglicht, mittels Regressionsalgorithmen Modellparameter ungeprüfter Verbindungen vorherzusagen. Hierzu wird ein Trainingsdatensatz aus den in der Datenbank hinterlegten Verbindungsdaten ausgewählt (Abbildung 1). Anhand einer Kreuzvalidierung, dessen Ergebnis in Form eines Balkendiagramms ausgegeben wird, kann die Qualität der Prognose anschließend bewertet werden. Außerdem wird mithilfe eines Ampelsystems Rückmeldung über die Qualität und die

Genauigkeit der Prognose gegeben. Auf Basis der gewählten Trainingsdaten können nun Eigenschaften und Modellparameter ungeprüfter Verbindungen vorhergesagt werden.

Validierung auf Proben- und Bauteilebene

Zur Validierung der erarbeiteten Methoden zur automatisierten Anpassung und zur Prognose von Modellparametern wurden quasistatische und dynamische Experimente auf LWF-KS-2-Proben- und Bauteilebene am LWF in Paderborn durchgeführt. Es wurde unter anderem eine Halbhohlstanznietverbindung von Aluminium EN AW-6016 mit Stahl HC340LA als ausgewählte Verbindung für die Validierung untersucht. Als Musterbauteil wurde eine mittels HSN gefügte in Quer- und Längsrichtung belastete T-Stoßprobe betrachtet. In Abbildung 2 sind die Kraft-Wegkurven der Versuche und Simulationen unter Querbelastung mit manuell und automatisch angepassten sowie prognostizierten Modellparametern dargestellt. Sowohl die automatische Anpassung als auch die Prognose gibt das gemessene Verbindungsverhalten in guter Näherung wieder. Die im Versuch auftretenden Kraftniveaus und die Reihenfolge, mit der sich die Fügepunkte des Bauteils unter Last lösen, werden durch die Ersatzmodellierungen gut abgebildet.

Mit der Software JoiningLab steht ein Tool zur effizienten Kalibrierung des C-SPR3_M2 und zur Vorhersage des Verbindungsverhaltens ungeprüfter Verbindungen zur Verfügung. Dies kann eine Grundlage zur Auswahl von Fügeverfahren im Designprozess sein und ermöglicht eine erste, abschätzende Crashesicherheitsbewertung mechanisch gefügter Bauteile ohne Hardwaretestergebnisse.

Philip Rochel, Dr. Silke Sommer