[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

1 Forschungsthema

Optimierte Berücksichtigung vorgelagerter Umformprozesse in der Schweißsimulation am Beispiel von Tiefziehbauteilen

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Obwohl die Schweißsimulation ein sehr großes Potential zur Effizienz- und Wirtschaftlichkeitssteigerung in der Produktentwicklung in sich birgt, wird sie bisher in der industriellen Praxis wegen der oft unzureichenden Genauigkeit, die aus der Annahme eines spannungsfreien Ausgangszustandes (auch bei Umformbauteilen) resultiert, kaum eingesetzt. In produzierenden Unternehmen besteht daher großes Interesse, die Beeinflussung der Struktur durch die Vorgeschichte des Umformens als Vorbelastung zur Verzugsminimierung berücksichtigen zu können und damit bei hoher Ergebnisqualität die virtuelle Produktentwicklung verwirklichen zu können.
Die Schweißsimulation bietet die Möglichkeit, nicht nur Temperaturfelder und Gefügezustände zu ermitteln, sondern auch Verzug und Eigenspannungen bei spannungsarmem Ausgangszustand (z.B. bei Blechen) zuverlässig zu berechnen und Strukturen diesbezüglich zu optimieren. Darüber hinaus sind unterschiedliche FE- Modelle zur Beschreibung von Umformprozessen in Softwaresystemen implementiert, auf deren Basis Blechdickenverteilungen, Eigenspannungen und die verformte Geometrie berechnet werden können. Bislang existieren zwar einige Kopplungsalgorithmen, die meist auf bestimmte Einzelfälle zugeschnitten sind, aber es fehlen umfassende Strategien zur Umsetzung der virtuellen Prozesskettensimulation für die große in der industriellen Praxis vorhandene Bauteilvielfalt. Um den Aufwand für solche Optimierungsberechnungen bei hoher Ergebnisqualität möglichst gering halten zu können, sind dringend genaue Kenntnisse über Daten- und Genauigkeitsverluste bei der Übertragung von physikalischen Eigenschaften zwischen zwei Simulationssystemen erforderlich. Diese sind bislang nicht im ausreichenden Maße vorhanden und hängen vor allem von der Modellierung (Vernetzungsstrategien, Werkstoffmodelle, Mapping- Zielgeometrie) ab.
Aus diesem Grund besteht dringender Forschungsbedarf zur effizienten und praxistauglichen numerischen Abbildung der Prozesskette Umformen- Schweißen am Beispiel von komplexen Beispielszenarios z.B. aus dem Automobilbau mit besonderem Augenmerk auf der Ergebnisqualität.

3 Forschungsergebnisse

Gemäß dem Arbeitsplan wurden zahlreiche Versuchsschweißungen und Simulationsberechnungen zu zwei Bauteiltypen durchgeführt (jeweils aus einem Aluminium- und einem Stahlwerkstoff und jeweils mit zwei Nahtvarianten). Exemplarisch wird hier der Vergleich der Genauigkeitsverluste beim Mapping vom Umformmodell auf Schweißmodelle mit einer unterschiedlich feinen Vernetzung gezeigt (Bild 1). Die linke Darstellung zeigt die Auffederung, die nach der Berechnung eines neuen Gleichgewichts in der Schweißsimulation bei einer sehr feinen Vernetzung (Elementkantenlänge 1,3 mm) mit dem gemappten Bauteilzustand aus der Umformsimulation eintritt. Bei einer Vergröberung des Zielnetzes in der Schweißsimulation auf eine Elementkantenlänge von 2,6 mm bzw. 10,6 mm steigen die Auffederung und damit die Genauigkeitsverluste deutlich an (Bild 1, mittlere und rechte Darstellung).
Abweichend vom Antrag wurde auf der letzten pbA- Sitzung beschlossen, die bisherigen Bauteile detaillierter zu untersuchen (z.B. weiteres Schweißverfahren: CMT), anstatt analoge Varianten an einem dritten Bauteil zu betrachten. Die Arbeiten liegen im Zeitplan.

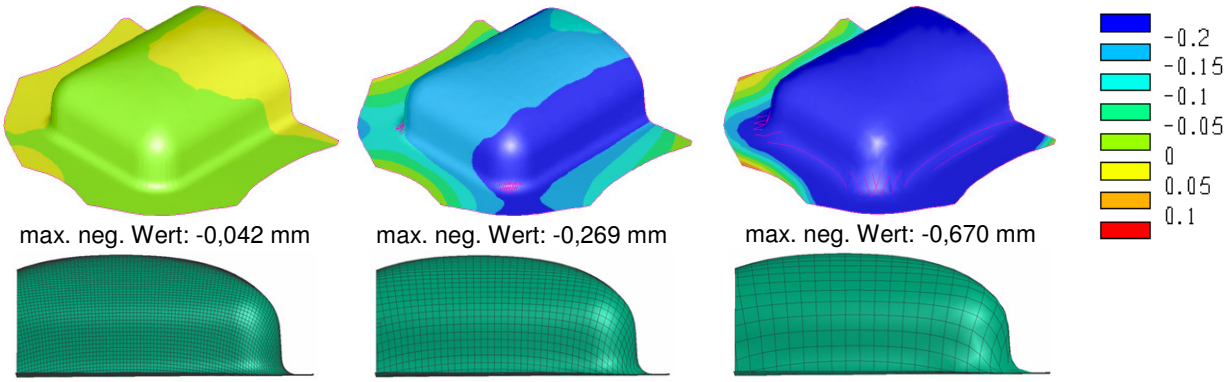

Bild 1: Vergleich der Genauigkeitsverluste beim Mapping bei unterschiedlich feinen Schweißnetzen: Elementkantenlänge 1,3 mm (links), 2,6 mm (Mitte) und 10,6 mm (rechts)

4 Darstellung: Forschungsziel - angestrebte Forschungsergebnisse - erzielte Forschungsergebnisse, Verwendung der Zuwendung

Forschungsziele	**erzielte Forschungsergebnisse**
(1) Entwicklung effizienter Methoden zur wirtschaftlichen Umsetzung der Prozesskettensimulation	Arbeiten laufen.
(2) Systematische Untersuchung der Eigenschafts-Übertragungs- Methode Schalenelement-Schalenelement im Hinblick auf deren Eignung für (1)	ist weitgehend erfolgt.
(3) Durchführung umfangreicher Untersuchungen zu unterschiedlichen FE- Modellierungsmethoden und verschiedenen Werkstoffmodellen (3a) am Tiefziehnapf und am „S-Rail“ und darauf aufbauend	ist größtenteils erfolgt.
(3b) an der komplexen Strukturen eines Dachträgers aus der Automobilindustrie	Untersuchung der Ersatzvarianten läuft.
(4) Realitätsabgleich durch reale Testschweißungen und Messungen (Verzüge und Eigenspannungen)	wird bis Mitte 2010 abgeschlossen.

Für das Projekt „Optimierte Berücksichtigung vorgelagerter Umformprozesse in der Schweißsimulation am Beispiel von Tiefziehbauteilen“ wurden für 2010 40.250,-- € bewilligt. Die Mittel wurden entsprechend des Einzelfinanzierungsplanes und des beschäftigten Personals abgerufen und verwendet. Eingesetzt wurden Diplom-Ingenieure HPAA, Fachpersonal HPAC und HPAE sowie studentische Hilfskräfte.
Die Angestellten mit wissenschaftlicher Ausbildung (HPA A) führten das Vorhaben verantwortlich durch. Sie planten und leiteten die Versuchsdurchführung, führten Simulationsberechnungen durch und waren an der Auswertung maßgeblich beteiligt. Der Angestellte mit Abschlussprüfung (HPA C) führte die Schweißungen und die damit in Verbindung stehenden Messungen durch. Die Angestellten mit Abschlussprüfung (HPA E) waren für den Versuchsaufbau und die Vorbereitung der Bauteile verantwortlich. Die studentischen Hilfskräfte unterstützten die Versuchsdurchführung und die Arbeiten an den Simulationsmodellen.

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass die bewilligten Mittel angemessen waren.

5 Wirtschaftliche Bedeutung für kleine und mittlere Unternehmen

Nicht nur im Fahrzeugbau, sondern auch immer mehr im allgemeinen Maschinenbau wird der Entwurf, die Dimensionierung und die Produktion von Konstruktionen auf kleine und mittelständische Unternehmen übertragen (Ingenieurbüros, Zulieferer).
Um die Wettbewerbsfähigkeit und Existenzsicherung dieser Unternehmen zu gewährleisten, ist nicht nur eine beanspruchungsgerechte Konstruktionslösung nötig, sondern auch ein konkurrenzfähiger Entwicklungsaufwand, der durch simulationsbasierte Methoden unterstützt wird. Insbesondere im Hinblick auf die immer kürzer werdenden Produktions- und Entwicklungszyklen wird eine immer stärker werdende Flexibilität der Unternehmen gefordert. Durch die Effizienzsteigerung durch die Prozesskettensimulation Umformen- Schweißen und durch die optimierte Vorgehensweise zur Ermittlung der Schweißeigenspannungen profitieren von den Forschungsergebnissen in hohem Maße auch KMU und Ingenieurbüros, die bisher zur Auslegung über Versuche nicht in der Lage waren, künftig aber rechnergestützte Dimensionierungen durchführen können.

6 Beabsichtigte Umsetzung der Forschungsergebnisse

Die wirtschaftlichere Anwendbarkeit der Kopplung von Umform- und Schweißsimulation gibt den Unternehmen die Möglichkeit, bei umgeformten Bauteilen Verzug und Eigenspannungen wesentlich genauer als bisher (ohne Berücksichtigung vorgelagerter Prozesse) zu ermitteln und wird deshalb die versuchstechnische Strukturoptimierung in der Bauteilentwicklung immer mehr ersetzen. Die Ergebnisse aus diesem Projekt sollen künftigen Anwendern optimierte Methoden zur Implementierung der Prozesskettensimulation für konkrete Anwendungen aufzeigen und damit die sukzessive Umstellung von der versuchsbasierten zur virtuellen Konstruktionsdimensionierung erleichtern.
Die Weitergabe der Ergebnisse an die produzierenden Unternehmen soll durch regelmäßige anwendungsbezogene Veranstaltungen zum Technologietransfer z.B. an der SLV München oder beim DVS und durch die Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschriften, im Internet, auf Tagungen und bei Seminaren erreicht werden. Darüber hinaus bietet die SLV München als Dienstleister produktbezogene Beratungen und verschiedenste Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, wie z.B. Lehrgänge für Schweißfachingenieure, -techniker und Schweißfachleute an, in die die aktuellen Forschungsergebnisse mit einfließen.

7 Durchführende Forschungsstelle

[redacted]