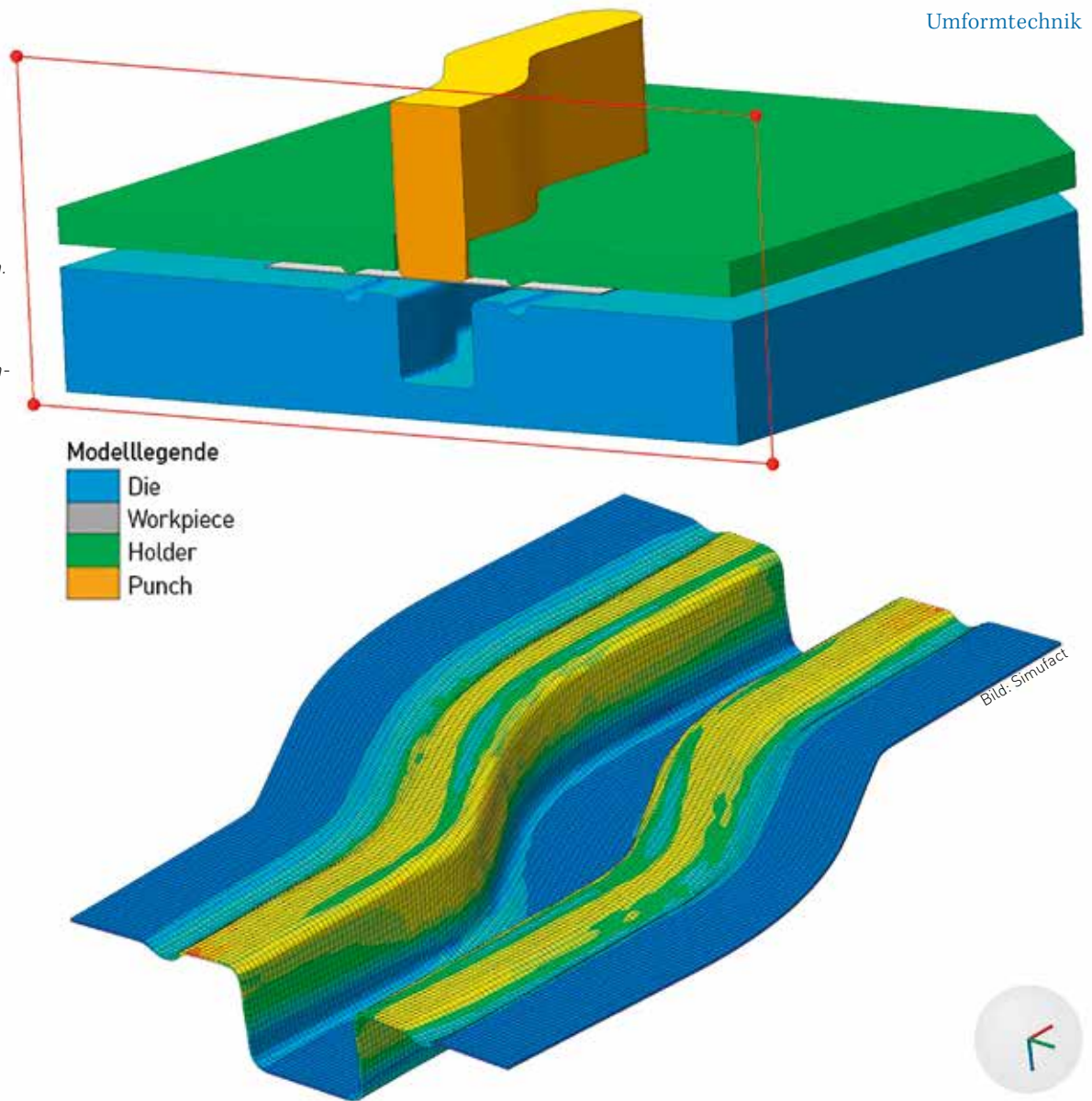


Bild 1: Umformsimulation mit geometrisch modellierten Ziehsicken. Oben: Schnitt durch das Simulationsmodell. Unten: Vergleichsumformgrad am umgeformten Bauteil.



# SIMULATION SICHERT UND ERWEITERT BLECHUMFORMUNG

Simulation ermöglicht eine **detaillierte Betrachtung von Fertigungsprozessen**. Die Software berücksichtigt dabei die relevanten physikalischen Aspekte und stellt anwendungsfokussierte Funktionen bereit.

## Hendrik Schafstall und Ingo Neubauer

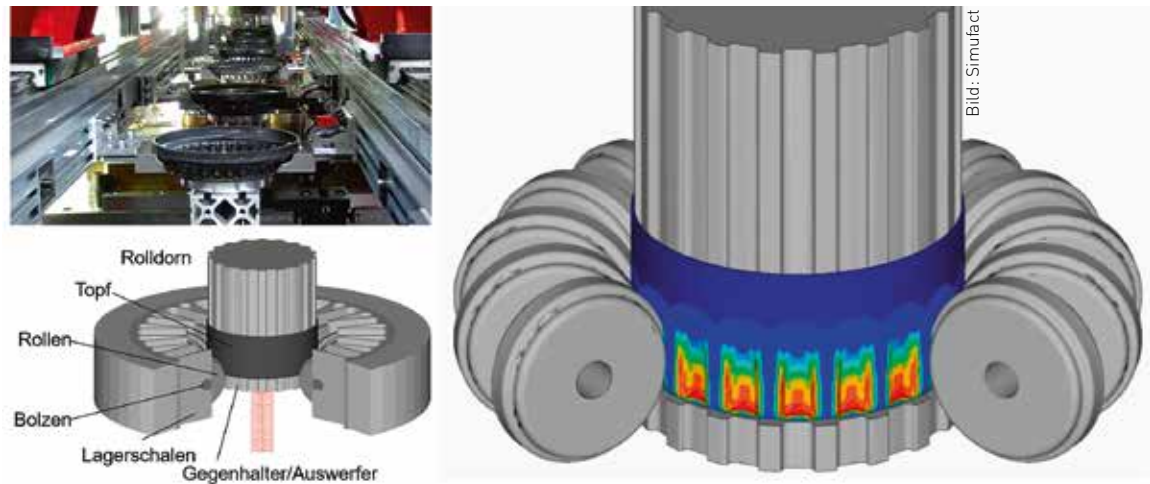
**B**ei der Auslegung von Blechumformprozessen sind neben der technischen Machbarkeit auch die Produkteigenschaften sowie die Auswahl geeigneter Maschinen und Werkzeuge wesentlich. Bei Simufact wird die Machbarkeit durch realitätsnahe Vorhersage von Maßhaltigkeit, Aufsprungverhalten, möglicher Rissbildung sowie dem

Dr. Hendrik Schafstall ist Managing Director & CEO der Simufact Engineering GmbH in 21079 Hamburg. Dr. Ingo Neubauer ist Director Research & Innovation im gleichen Unternehmen, Tel. (0 40) 79 01 28-0 00, info@simufact.de

ausgeschöpften Formänderungsvermögen beurteilt. Anhand des Simulationsergebnisses lassen sich Produkteigenschaften wie Wandstärkenverteilung und Kantenverwölbung sowie die Härteverteilung infolge der Kaltverfestigung abgeben.

Diese Informationen helfen dabei, Entscheidungen hinsichtlich Methodenplanung und Werkzeugkonstruktion auf eine fundierte Basis zu stellen und abzusichern. Da die Simulationssoftware dank anwendungsorientierter Benutzerführung direkt vom Werkzeugkonstrukteur angewendet werden kann, kann die

Bild 2: Werkzeugsystem zur Herstellung von Lamellenträgern mittels Blechmassivumformung.



Simulation direkt mit den Funktionsflächengeometrien der Werkzeuge durchgeführt werden. Dabei ist auch die geometrische Abbildung von Ziehleisten möglich, um deren Effekt auf den Umformprozess mit größtmöglicher Genauigkeit wiedergeben zu können. Gegenüber der Verwendung von Ersatzmodellen hat dieses Vorgehen den Vorteil, dass zusätzlich zu den erforderlichen Umformkräften auch der Werkstoffzustand nach dem Durchlaufen der Ziehricke detailge-

treu abgebildet wird. Dies ist in Bild 1 anhand des Vergleichsumformgrades in einem S-Profil dargestellt.

### **BLECHMASSIVUMFORMUNG IST KOMPLEX UND BENÖTIGT ABSICHERUNG**

Auf Seiten der Produktentwicklung ist ein Trend zu komplexeren Bauteilen mit höheren Festigkeitsanforderungen festzustellen, der einen entsprechend hohen Entwicklungsaufwand für die Fertigung nach sich

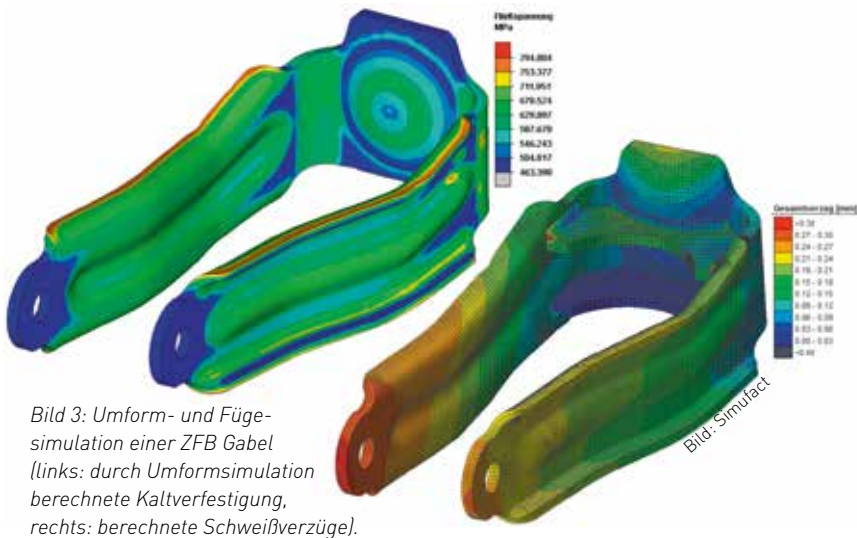


Bild 3: Umform- und Füge-simulation einer ZFB Gabel (links: durch Umformsimulation berechnete Kaltverfestigung, rechts: berechnete Schweißverzüge).

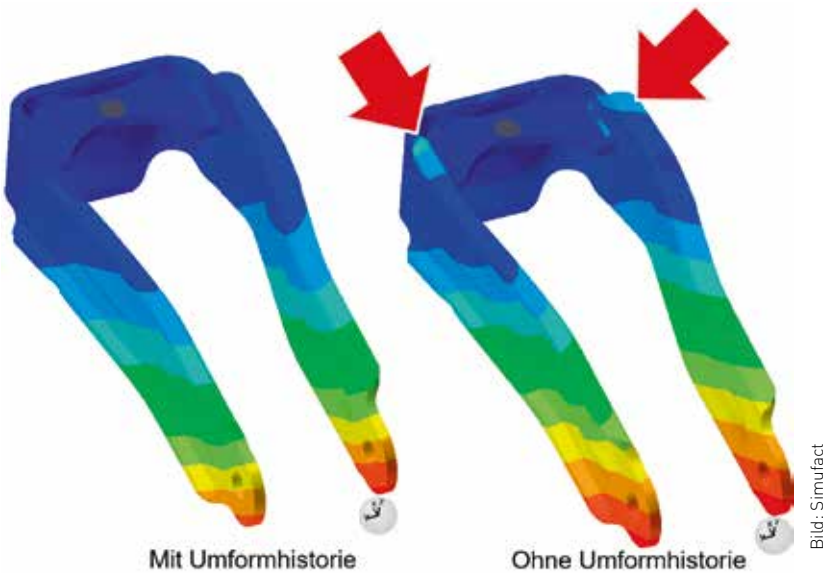


Bild 4: Berechnete Schweißverzüge an einer Zentralfederbein-Gabel (links: Ergebnis bei Berücksichtigung der Umformhistorie, rechts: Ergebnis ohne Berücksichtigung der Umformhistorie).

zieht. Das Leichtbaupotenzial von Blechbauteilen führt auch dazu, Bauteile, welche in der Vergangenheit als Massivumformteile ausgeführt wurden, durch Blechumformprozesse zu fertigen. Weiterhin werden in immer stärkerem Maße Umformverfahren kombiniert, um beispielsweise durch Integration von Präge- und Querfließprozessen Funktionselemente wie Verzahnungen oder Gewindehülsen in die Blechbauteile einzubinden. Ein gutes Beispiel liefert hierzu der Blechmassivumformprozess, der als übergeordnete Zielsetzung die Funktionsintegration und -erweiterung von Blechbauteilen ermöglicht, jedoch eine signifikante Steigerung der Bauteilkomplexität zur Folge hat.

**XYXV YXCYBXC YVXC YCXBY XC BY CXVY XBXY CXBYCX**

Als wesentliches Merkmal dieses Umformverfahrens werden Verfahren der Massivumformung wie Stau- chen oder Fließpressen auf tiefgezogene oder abge- streckte Zwischenformgeometrien angewendet be- ziehungsweise in einem kombinierten Prozess inner- halb eines Werkzeugsystems realisiert. Gerade für derartig komplexe Werkzeuge ist eine Absicherung

eines konstruktiven Entwurfs durch Simulation zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit unabdingbar. Dabei erfordert eine Prozesssimulation die Anwen- dung und Kombination der simulationsspezifischen Technologien, die für die Modellierung der einzelnen Verfahren entwickelt wurden. Als Beispiel kann der in Bild 2 gezeigte Fertigungsprozess von Lamellenträ- gern angeführt werden, in dem die komplexe Form- gebung der mantelseitigen Nuten in einem durch Tiefziehen und Abstrecken vorgeformten Topf durch profilierte Rollen vollzogen wird.

Die Modellierungswerkzeuge der Simufact-Pro- dukte befähigen den Anwender, alle Möglichkeiten der realen Prozessgestaltung auch in seinem Berechnungsmodell abzubilden. So können Verfahrenskombinationen wie die Blechmassivumformung im Simulationsmodell detailliert dargestellt werden. Mapping-Algorithmen ermöglichen dabei eine genaue Datenübertragung, um gegebenenfalls von Schalen- modellen zu Volumenmodellen wechseln zu können. So können alle Funktionen, die typischerweise für die Simulation von Kaltumformprozessen benötigt werden, genutzt werden. Hierzu zählen die vollautomatische Neuvernetzung bei großen Formänderungen und die Verwendung duktiler Schädigungskriterien zur Vorhersage rissgefährdeter Bereiche. Die Software unterstützt somit alle Anwender, die eine Komplet- tanwendung zur Abbildung ihrer Umformprozesse benötigen.

Produkte entstehen durch den Zusammenbau von Einzelteilen unter Verwendung einer auf die Bau- teil-Anforderungen, -Werkstoffe und Stückzahlen angepassten Fügetechnik. Diese muss dabei als Teil der Fertigungsprozesskette betrachtet werden, da sie Maßhaltigkeit und technische Eigenschaften der Ge-

**MM UMFORMTECHNIK IN KÜRZE**

**TITEL 1-ZEILIG CA. 400 ZEICHEN**

Vellatur reptate neculparunt, int volectio omnim- perores doloreium facepra tinulliquam ut volessi- mil lksflksdflsflsflksöflksöflksflksflksdmagna non sequis molorporerae pariatin custiis tioruntur custiis tioruntur renditem voles eratem nos aut renditem voles eratem nos aut esedit aut ditius ut lacimpo rporeror coribusciat.

[maschinenmarkt.de](http://maschinenmarkt.de) Suche „XXXXXXXXXXXX“

**TITEL 1-ZEILIG CA. 400 ZEICHEN**

Vellatur reptate necul- parunt, int volectio omnimperores dolo- reium facepra tinulli quam ut volessimil lksf lks dfls flsfls köslf sölf kslfksl fksd mag- nia nonsequis molor- porerae pariatin custiis tioruntur renditem dfkjsölf sfdk jsa fdkjsa kfdj sölkfd. Pariatin custiis tioruntur renditem voles eratem nos aut esedit aut ditius ut lacimpo sjfdk jksjff ölkjsajfd öskfdj askfdjksdfjölksa djösalrporeror coribusciat.

[maschinenmarkt.de](http://maschinenmarkt.de) Suche „XXXXXXXXXXXX“

sambaugruppe beeinflusst. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, auch bei der virtuellen Prozesskette Zusammenbau und Fügeprozess mit gleicher Detailgenauigkeit abzubilden, wie sie für die Modellierung der Formgebung der Einzelkomponenten angewendet wird.

## KOMBINATION VON UMFORM- UND FÜGEPROZESSEN

Industrielle Fügeverfahren wie das Punkt- oder Bahnschweißen sowie umformende Fügeverfahren wie Clinchen oder Stanznieten lassen sich mit Software von Simufact detailliert simulieren. Alle Simufact-Produkte verwenden einen kompatiblen Solver, so dass Prozessketten aus Umform- und Fügeprozessen auch programmübergreifend abgebildet werden können. Als Beispiel wird dazu die in Bild 3 dargestellte Zentralfederbein (ZFB)-Gabel betrachtet. Das Bauteil wird in einem mehrstufigen Umformprozess aus Blechhalbzeug geformt und mittels Lichtbogenschweißen mit Stegblechen am Gabelkopf komplettiert. Der Methodenplan für den Umformprozess wurde durch Simulationsrechnungen abgesichert. Hierzu kam ein Volumenmodell zum Einsatz, um die Effekte der engen Biegeradien bei vergleichsweise großer Materialdicke abbilden zu können. Aus den Berechnungen konnte abgeleitet werden, dass die umformende Formgebung eine Steigerung der Streckgrenze von circa 460 MPa auf rund 795 MPa hervorruft (Bild 3, rechts).

Zur Ermittlung des aus dem Fügeprozess zu erwartenden Bauteilverzugs und dessen Kompensation kann dieser in einer Schweißstruktur-Simulation detailgetreu abgebildet werden. Dies wurde für die ZSB-Gabel exemplarisch sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der Kaltverfestigung aus dem vorherigen Umformprozess durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Kaltverfestigung im Werkstoff bei unverändertem Spannkonzent zu unterschiedlichen Verformungen der Bauteilgeometrie führt. Die abweichenden Bereiche sind in Bild 4 markiert. Bei den Untersuchungen, die in Zusammenarbeit mit der Firma Vollmann Group durchgeführt wurden, ergab sich folgendes: Die bei Vernachlässigung dieser Kaltverfestigung berechneten Verzüge an der Schweißgruppe

lagen außerhalb der geforderten Toleranzen und hätten Kompensationsmaßnahmen an der Fixiervorrichtung erfordert. Demgegenüber zeigten die Ergebnisse der Berechnungen mit Berücksichtigung der Kaltverfestigung aus dem Umformprozess die Einhaltung der geforderten Maßtoleranzen und zudem eine bessere Übereinstimmung mit den realen Verzügen aus der späteren experimentellen Umsetzung.

Als Fazit kann somit festgehalten werden, dass eine verlässliche Vorhersage von Verzügen aus einer Fugesimulation auch die Berücksichtigung der Umformhistorie der zu fügenden Komponenten erfordert. So lassen sich mögliche Fehlentscheidungen bei der fertigungstechnischen Umsetzung eines Prozesses verhindern. 