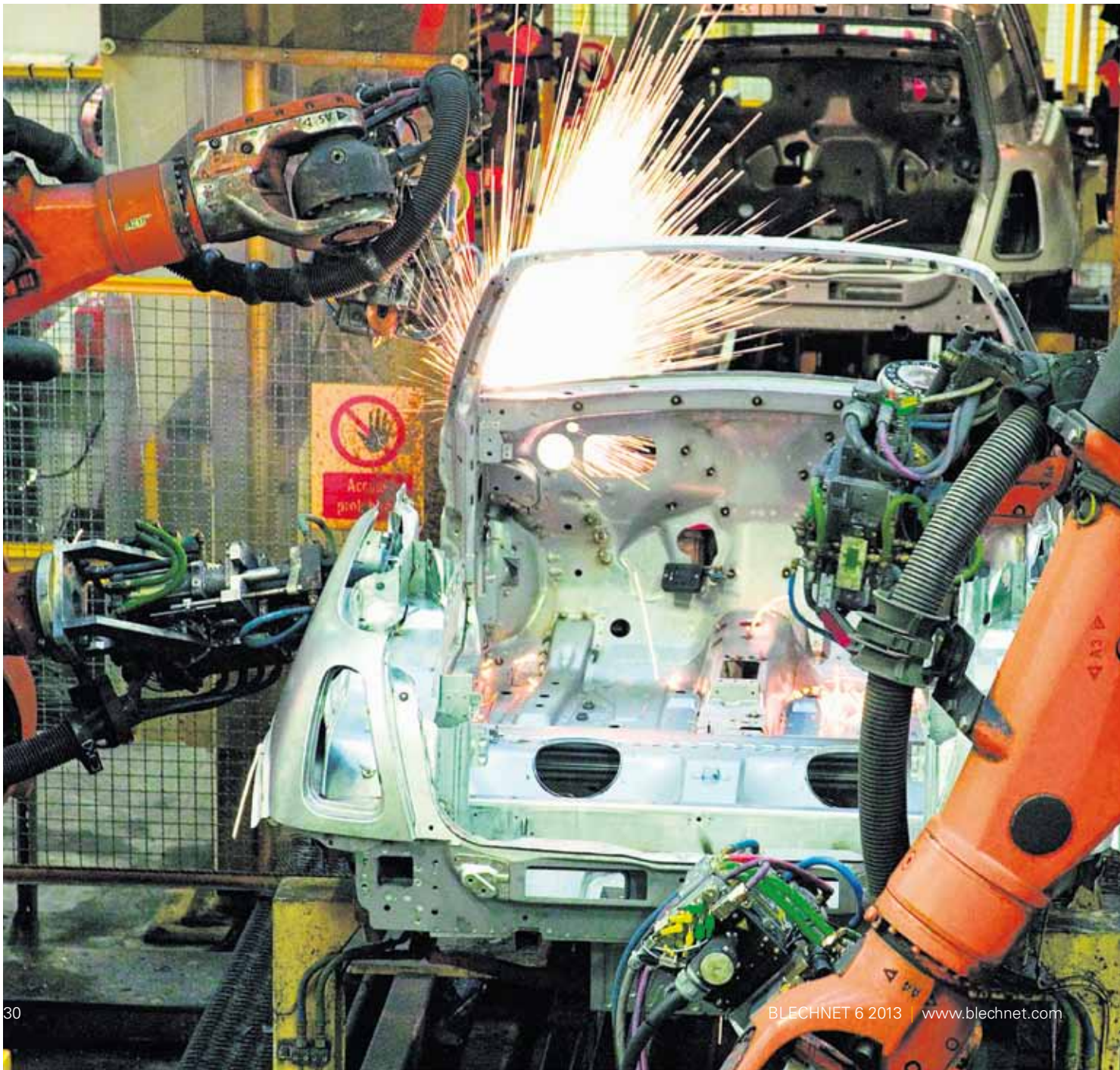


Schweißsimulation unterstützt Prozessverständnis in der Blechumformung

In Fertigungsbetrieben beruht die Auslegung und Durchführung des Schweißens von Bauteilen oft auf empirischen Untersuchungen und Erfahrungen. Eine gezielte Optimierung und Anpassung des Fertigungsverfahrens ist nur mit hohem Aufwand realisierbar. Ein prozessbegleitender Einsatz der Schweißsimulation jedoch ermöglicht einen detaillierten Einblick in den gesamten Prozess.

HENDRIK SCHAFFSTALL

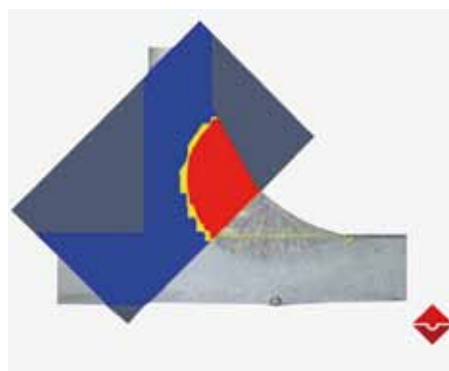
In nahezu allen Metall verarbeitenden Handwerks- und Industriebetrieben ist die wirtschaftliche und qualitätsgerechte Herstellung von Produkten ohne den Einsatz moderner Fügeverfahren nicht mehr denkbar. Eine international marktfähige Qualitätsproduktion erfordert heute von den Unternehmen den fachgerechten und kostenoptimalen Einsatz der unterschiedlichen Fertigungsverfahren, unter Ausnutzung einer bauteileigenenschaftsgerechten Abstimmung der einzelnen Fertigungsstufen. Hier hat die Schweißtechnik eine wichtige Bedeutung.



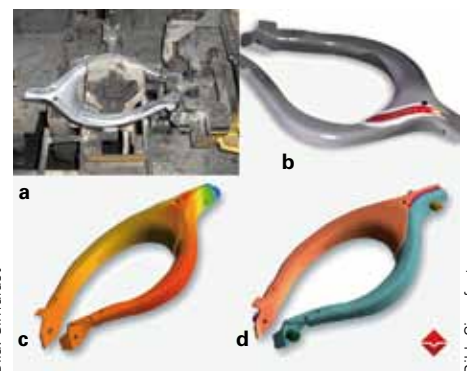
Im Vergleich zu anderen Verbindungsarten ist das Schweißen vorteilhaft in Bezug auf den Form- und Kraftschluss, der eine hohe Kraftübertragung bei geringen Nahtdicken ermöglicht, das Einsparen von Gewicht und die Einsetzbarkeit für Reparaturarbeiten. Zu den Nachteilen des Schweißens gehören der Wärmeverzug im Nahtbereich und in der Schweißbaugruppe, die Gefügeänderungen in der Schweißzone und die Qualitätssicherung. Auch Schweißnahtfehler sind nur mit einem hohen Aufwand durch Röntgen- oder Ultraschallmessungen feststellbar. Hier ist Prozesssicherheit



Einflussfaktoren beim Schweißen.



Simulation beziehungsweise Experiment: Abgleich Schmelzbad.



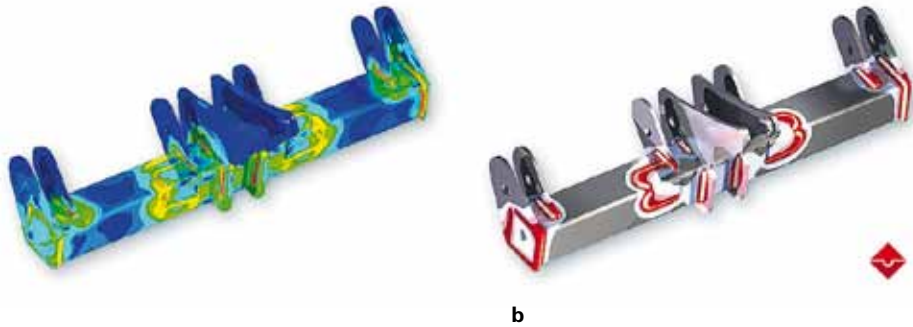
Schweißen eines Bauteils mit Spannvorrichtung: a Realteil, b Verzug, c Temperaturverteilung und d Simulationsmodell.

heit und Robustheit gefragt. Ziel einer Schweißverbindung ist es, ein reproduzierbares, verzugsarmes und bauteileigenschaftsgerechtes Produkt zu erzeugen, bei minimalen Fertigungskosten und ohne kostspielige Nachbearbeitung und Qualitätskontrolle. Eine besondere Fachkenntnis und Erfahrung bei der Auslegung und Anwendung des Schweißens ist hier erforderlich. Bislang wird ein Schweißprozess überwiegend aufgrund empirischer Untersuchungen und/oder der Erfahrung der Schweißfachleute ausgelegt. Der Schweißprozess ist jedoch ein komplexer Fertigungsprozess, bei dem unter anderem das Schweißverfahren, die Schweißreihenfolge, die Schweißquelle, die eingebrachte Energie, die Schweißgeschwindigkeit, gegebenenfalls der Schweißzusatzwerkstoff, die Materialkombination und die Materialdicke (Geometrie) aufeinander abgestimmt werden müssen. Darüber hinaus haben die Spannvorrichtung, ihre zeitliche Ein- und

Ausspannung, ihre Klemmpunkte, deren Geometrie sowie die Kräfteinbringung eine wesentliche Auswirkung auf das Endergebnis hinsichtlich des Verzugs.

Aufgrund der Wechselwirkungen und der Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten ist es aufwendig, einen optimalen Schweißprozess prozesssicher auszulegen. Durch den Einsatz moderner Simulationsprogramme können vorab detaillierte Informationen während des Schweißprozesses sichtbar gemacht sowie unterschiedliche Verfahrenskombinationen berechnet werden. Dadurch ist eine gezielte Identifikation und systematische Untersuchung hinsichtlich der prozessbestimmenden Parameter und deren Wirkung auf das Endergebnis möglich.

Lange Zeit wurde die Schweißsimulation nur im akademischen Bereich und in Forschungsstellen eingesetzt, da eine Modellbildung sowie die Berechnung nur von Spezialisten durchführbar und zu kompli-



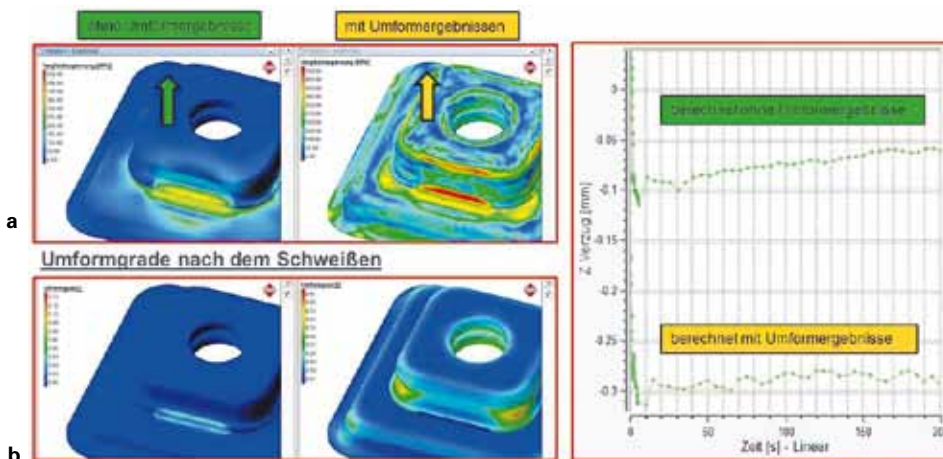
a Schweißsimulation eines Trägers: **a** Eigenspannungen nach dem Abkühlen und Ausspannen, **b** maximale Temperaturen.

Bild: Simufact

Gesamtverzug, der Temperaturverteilung, der Eigenspannung und Gefügeveränderung in der Schweißnaht und Festigkeit. Dazu stehen speziell entwickelte Auswertmöglichkeiten zur Verfügung.

Mit der Schweißsimulationssoftware Simufact.Welding können Schweißprozesse basierend auf den Fertigungsdaten ausgelegt und prozesssicher gestaltet werden. Jedes Bauteil hat aber eine Vorgeschichte beziehungsweise die geschweißte Bauteilgruppe wird weiterverarbeitet oder unterliegt speziellen Lasten. Durch die offene Datenstruktur ist es nun möglich, die berechnete Verbindung für weitere Belastungsanalysen zu verwenden, unter Mitnahme der lokalen Gefügeänderungen, Festigkeiten und Eigenspannungen sowie des Verzuges. Simufact.Welding ermöglicht es auch, aus den vorgeschalteten Fertigungsschritten die berechneten Zustände als Ausgangsbasis für die Schweißsimulation zu übernehmen, wie exemplarisch dargestellt ist. Der berechnete Verzug unterscheidet sich um den Faktor 3, je nachdem ob die Vorgeschichte berücksichtigt wird oder nur die CAD-Geometrien verwendet werden.

Bild: Simufact



b Verzug des Deckels nach dem Schweißen: **a** mit Berücksichtigung der Umformergebnisse (Kopplung der Umformsimulation und Schweißsimulation), **b** aufgrund der CAD-Geometrie.

ziert in der Anwendung war. An einen produktionsbegleitenden Einsatz der Prozesssimulation war nicht zu denken.

Im Jahr 2005/2006 wurde auf Initiative der deutschen Automobilindustrie die Entwicklung eines neuen Schweißsimulationsprogramms gestartet. Ziel war es, dem Schweißfachmann produktionsbegleitend ein Werkzeug an die Hand zu geben, das ihm ein besseres Prozessverständnis ermöglicht sowie die virtuelle Auslegung und Optimierung des Verfahrens. Den Entwicklungsauftrag für das Schweißsimulationsprogramm erhielt das deutsche Softwarehaus Simufact Engineering aus Hamburg, welches bereits im Bereich der Simulation von Umformprozessen über eine jahrzehntelange Erfahrung verfügt und somit als idealer Entwicklungspartner galt. Auf dieser Basis wurde in den letzten sieben Jahren das Produkt Simufact.Welding entwickelt, ein neuartiges, einfach zu bedienendes Simulationsprogramm für den industriellen Einsatz, welches auf die Bedürfnisse in der Fertigung zugeschnitten ist und kein spezielles Berechnungs-Know-how erfordert. Als Berechnungskern wurde der Marc-Solver verwendet, der bereits seit über 50 Jahren kommerziell entwickelt wird. Hier wurden schweißspezifische Erweiterungen und Anpassungen vorgenom-

men. Den Schlüssel für einen fertigungsnahen Einsatz stellt die grafische Benutzerschnittstelle (GUI) dar. Diese wurde so konzipiert, dass sie die Sprache des Schweißfachmannes spricht und die Eingabe entsprechend den Vorgaben aus der Fertigung ermöglicht. Dazu gehören die Berücksichtigung der Spannkonzeppte, der Schweißpfade und der Energieeinbringung, der Schweißreihenfolge mit Geschwindigkeiten und Pausenzeiten und ein Zeitmanagement. Auf Anwendersseite sind keine Abstraktionen oder Vereinfachungen mehr erforderlich, sondern der Simulationsprozess kann wie der reale Fertigungsprozess aufgebaut werden. Eine Kalibrierung der Wärmequelle, die zum Schmelzbad führt, ist jedoch immer erforderlich, da in der Simulation mit einer modellhaften Abbildung der Wärmeeinbringung in Form einer Wärmequelle gearbeitet wird. Dazu stehen verschiedene Modelle zur Verfügung, die vom verwendeten Schweißverfahren und vom Material abhängen.

Eine Prozessoptimierung ist einfach möglich, da beispielsweise die Schweißreihenfolge, die Pfade und die Spannkonzeppte einfach geändert, neu berechnet, ausgewertet und verglichen werden können. Dies ermöglicht einen gezielten Vergleich zum Beispiel hinsichtlich des Einflusses auf den

Die Einbeziehung der Vorstufen beziehungsweise der nachgeschalteten Prozesse trägt zur Prozessoptimierung bei und ermöglicht es, die Prozesse ideal aufeinander abzustimmen. So können beispielsweise Prozesstemperaturen während der Umformung für eine zeitlich parallel ablaufende Schweißung genutzt oder aber die eingebrachten Eigenspannungen aus der Umformung so gesteuert werden, dass eine verzugsarme Schweißung möglich ist beziehungsweise sogar der Verzug bereits in der Vorstufe vorkompensiert wird. Die virtuelle Verkettung und Betrachtung des Schweißprozesses gibt viel Spielraum für eine prozesssichere und kostengünstige Auslegung der Fertigungsstufen.

Mit dem neuen Simulationsprogramm Simufact.Welding wurde jetzt eine zukunftsfähige Lösung entwickelt, die neue Maßstäbe in der Schweißsimulation setzt und die fertigungsnah eingesetzt werden kann. Das Programm wird kontinuierlich und gemäß der Anforderungen aus der Industrie gemeinsam weiterentwickelt. Simufact.Welding ermöglicht so ein besseres und detaillierteres Prozessverständnis für alle Beteiligten und so kann der Schweißprozess bereits im Vorfeld prozesssicher, kostengünstig und verzugsarm ausgelegt werden.