

Positionspapier zum geplanten Förderschwerpunkt des BMBF

**Prozesskettenverkürzung beim Ur- und Umformen komplexer kundenindividueller
Zulieferteile**

im Rahmen der Leitinnovation ProKunde

„Flexible Produktionssysteme für die kundenindividuelle Produktion“

**Forschungs- und Entwicklungsbedarfe in der Blechumformung
in Deutschland**

Stand: 18.11.2005

An der Erarbeitung des Kurzberichtes waren beteiligt:

RWTH Aachen, Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren,
Fraunhofer-Institut Werkzeugmaschinen und Umformtechnik Chemnitz,
TU Darmstadt, Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen,
Universität Dortmund, Institut für Umformtechnik und Leichtbau,
TU Dresden, Institut für Produktionstechnik,
Universität Erlangen, Lehrstuhl für Fertigungstechnologie,
Universität Hannover, Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen,
TU München, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen,
Universität Stuttgart, Institut für Umformtechnik

Vorwort

Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Umformtechnik, eine der ältesten Produktionstechniken überhaupt, haben in den letzten Jahren insbesondere durch die veränderten Rahmenbedingungen in der Automobilindustrie deutlich an Dynamik gewonnen. Kürzere Lebenszyklen, eine ständig wachsende Modellvielfalt, starke Absatzschwankungen sowie Forderungen nach Leichtbau sind einige Aspekte, denen Hersteller und Zulieferer mit neuen technologischen Entwicklungen in der Umformtechnik begegnen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf umfassende Problemlösungen unter Berücksichtigung der gesamten Wertschöpfungskette gelegt.

Um den Herausforderung an neueste Technologien zur wirtschaftlichen, flexiblen Produktion hochanspruchsvoller Bauteile/Komponenten mit verkürzten Lieferzeiten besser gerecht werden zu können, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) einen Förderschwerpunkt "Flexible Produktionssysteme für Herausforderungen aus der kundenindividuellen Produktion - ProKunde" definiert.

Experten aus Wissenschaft und Forschung haben auf Grund Ihrer Erfahrungen das Thema „Prozesskettenverkürzung beim Ur- und Umformen komplexer kundenindividueller Zulieferteile“ als ein wichtiges Forschungsfeld innerhalb dieses Förderschwerpunktes identifiziert.

Im Auftrag des BMBF und initiiert vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT) haben sich im Juni 2005 erstmals Vertreter führender Institute der Umformtechnik in Deutschland getroffen, um die Ausgangssituation im Bereich der Blechumformung, als einen Schwerpunkt des o. g. Themas zu analysieren und um Handlungs- und Forschungsbedarfe abzuleiten.

Der vorliegende Kurzbericht enthält das Ergebnis der Abstimmungsgespräche. Er bildet die Basis für einen „Öffentlichen Diskurs“, durch den insbesondere mit Vertretern der Industrie und den zugehörigen Fachverbänden der identifizierte Handlungsbedarf diskutiert und bewertet werden soll. Ziel dieses Diskurses ist es somit, den Förderschwerpunkt „ProKunde“ für eine Empfehlung an das BMBF weiter auszugestalten.

Dr.-Ing. Uwe Krause

Dresden, September 2005

Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe , Außenstelle Dresden
Bereich Produktion und Fertigungstechnologien (PTKA-PFT)

Gliederung

1. Beschreibung der Ausgangssituation in der Blechumformung
2. Grundidee
3. Defizite, Handlungs- und Forschungsbedarfe
 - 3.1 Einsatz neuer Werkstoffe
 - 3.2 Entwicklung innovativer Prozessketten
 - 3.3 Eigenschaftsverbesserung von Produkten
 - 3.4 Optimierung von Umformwerkzeugkonzepten
4. Fazit

1. Beschreibung der Ausgangssituation in der Blechumformung

Der wirtschaftliche Erfolg technischer Komponenten und Formteile aus Blech ist heute mehr denn je stark abhängig von der Dynamik der Märkte, in denen Substitutions- und / oder Wettbewerbsprodukte auftreten. Wesentliche Anforderungen der produzierenden Unternehmen an Forschungsstellen und Entwickler bilden

- Produktionsanlagen mit neuartigen Konzepten für neue Produkte und Komponenten,
- Produktspezifische / technische Lösungen im Detail in Wechselwirkung mit dem Herstellungs- und / oder Weiterverarbeitungsprozess (Oberflächen / Design / Funktionalität / Gewicht / Festigkeit / Integration / Individualität / uvm.),
- Wirtschaftlichkeit in der Produktion (Skaleneffekte, Abschreibung, Prozesssicherheit),

und dies zumeist in der Kombination mit stets kürzer werdender zeitlicher Verfügbarkeit.

Die Marktentwicklungen zahlreicher, endverbrauchernaher Industrieprodukte wie PKWs, Audio- und Videoprodukte, PCs und IT-Komponenten haben in den letzten Jahren gezeigt, dass die Erfolgsfaktoren für das produzierende Gewerbe in Europa stärker denn je mit schwer abschätzbaren Risiken verbunden sind. In den letzten Jahren kann in diesen Märkten ein Trend beobachtet werden, der die

Unternehmen zum Zeitpunkt des Eintrittes in neue Märkte oder Nischen mit neuen Produkten vor zwei komplexe Szenarien stellt (siehe Bild 1):

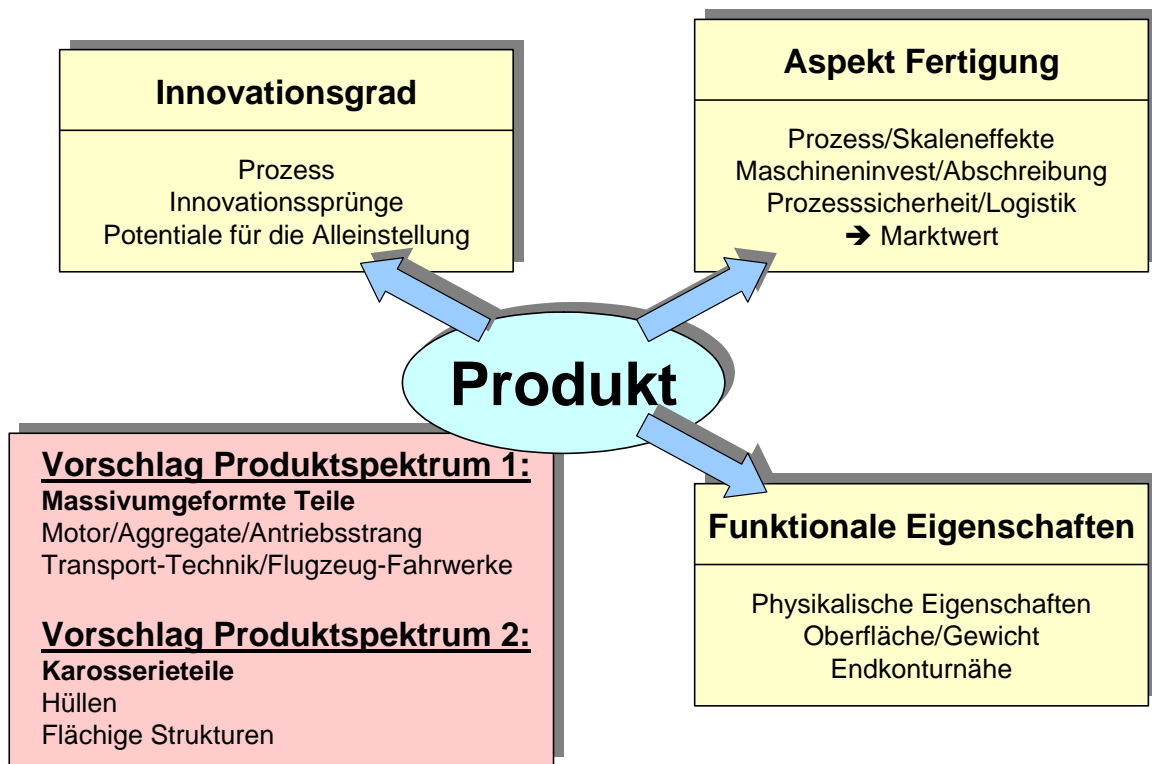


Bild 1: Ausgangssituation in der Blechumformung

Szenario A:

Fokussierung auf ein Spektrum von Produkten mit relativ niedrigem Risiko der Marktakzeptanz und der verkaufbaren Stückzahl in Verbindung mit einem oftmals erheblichen strukturellen Neuinvestitionsbedarf in Form von Werken, Gebäuden, Maschinen, Anlagen und Know-how, oder

Szenario B:

Fokussierung auf konzeptionell neuartige Produkte mit vergleichsweise hohem Risiko der Marktakzeptanz und / oder hohen Stückzahl, jedoch in Verbindung mit der Möglichkeit, vorhandene bzw. bestehende ggf. bewährte Logistikketten und Produktionsnetzwerke weiterhin zu nutzen.

In Abhängigkeit vom Markt bzw. vom Produkt stellt die verstärkte individuelle Konzeption von Endprodukten und zugehörigen Produktionssystemen in der Wertschöpfungskette aus der Sicht des Unternehmens eine wirtschaftliche Alternative zu den o. g. Szenarien A und B dar. Diese auf die Individualität und Flexibilität der Produkte bzw. Erzeugnisse ausgerichtete Fertigungstechnik in der Blechumformung steht daher im Fokus dieses Positionspapiers.

Eine Stärkung von integrierten Fertigungstechnologien in solche Produktionsketten sollte daher eindeutig nach den Ansprüchen

- Innovationshöhe bzw. –stärke der Produkte,
- Produktexzellenz aus Sicht der Produktionstechnik,
- Entwicklungsgeschwindigkeit (z. B. Time to Market, first mover advantages usw.) und der
- engen Verknüpfung von Forschung und Anwendung

erfolgen. Eine Konzentration auf die kundenindividuelle Produktion mit Blickrichtung auf besonders hohe Flexibilität (schwankende Marktvolumen) bei gleich bleibender Produktexzellenz hat folglich starke Auswirkung auf die damit verbundene Wertschöpfungskette. In diesem Kontext wird der Blechumformung und hierbei insbesondere der Markt der Blechformteile für die Verkehrstechnik, den Maschinenbau, Verbrauchsgüter aufgrund der Marktgröße in Deutschland besondere Bedeutung zugemessen.

In der Umformtechnik als einem wesentlichen Teilbereich der heutigen Fertigungstechnik entstehen heute Produkte für viele Konsum- und Investitionsgüter des täglichen Lebens. Die in den Unternehmen der Umformtechnik vorherrschende Produktionssystematik zeichnet sich typischerweise aus durch:

- investitionsintensive Maschinen- / Anlagen- und Werkzeugtechnik,
- Logistik / Transportaufwand für große Teile vs Produkte mit hoher Packungsdichte ,
- ausgesprochen breite Kenntnisse auf den Gebieten der jeweiligen Fertigungstechnik und des verarbeiteten Blechwerkstoffes

wobei diese Merkmale oftmals stark produkt- und marktabhängig sind und nur innerhalb von Produktgruppen kategorisiert bzw. pauschaliert werden können.

Dennoch sollen in den folgenden Schwerpunkten solche Cluster gebildet werden, um eine hinreichende Breitenwirkung der geförderten Handlungsfelder zu erzielen.

Kundenindividuelle Produktionssysteme in der Umformtechnik müssen demnach diesen drei Aspekten stets gleichzeitig Rechnung tragen, was die gleichzeitige Bewertung von Wechselwirkungen im gleichartigen Kontext erforderlich macht.

2. Grundidee

Neueste Entwicklungen im Krafffahrzeugbau sind durch steigende Anforderungen an die verwendeten Blechwerkstoffe gekennzeichnet. Unter dem Oberbegriff des Leichtbaus wird gefordert, dass entweder mit sinkenden Materialvolumen immer höhere Bauteilfestigkeiten erreicht werden oder mit immer leichteren Materialien zunehmend auch kritische Bauteilbereiche abgedeckt werden. Dies führt dazu, dass sich die Blechwerkstoffhersteller in einem stetig fortschreitenden Entwicklungsprozess befinden. Zum einen führen Weiterentwicklungen der Stahlwerkstoffe zu weiter steigenden Festigkeiten und zum anderen werden im Leichtmetallsektor immer neue Aluminium- und Magnesiumlegierungen entwickelt.

Die Produktionstechnik ist gezwungen, auf diese Werkstoffentwicklungen und neuartigen Verfahrenskonzepte zu reagieren. Die existierenden Verarbeitungskonzepte werden derzeit aber fertigungstechnisch kaum auf diese neuen Blechwerkstoffe abgestimmt. Aufgrund der vielfach höheren Festigkeiten der neuen Werkstoffe und/ oder erhöhten adhäsiven Neigungen sind der Verarbeitbarkeit mit konventionellen Werkzeugsystemen Grenzen gesetzt. Sowohl der abrasive und adhäsive Verschleiß als auch die vorherrschenden Prozesskräfte führen in Prozessbereiche, die für viele Firmen der Blechumformindustrie nicht mehr beherrschbar sind.

Um mit der Entwicklung der Blechwerkstoffe standzuhalten und die Verarbeitbarkeit moderner hochfester Stahlwerkstoffe sowie neuer Aluminium- und Magnesiumlegierungen zu gewährleisten, müssen neue Werkzeug- und Prozesskonzepte entwickelt werden. Sowohl tribologische Optimierungen

hinsichtlich Werkzeugwerkstoff, Beschichtung und Schmierstoff als auch Verbesserungen der Werkzeugsysteme und der Prozessführung sind in diesem Zusammenhang zwingend erforderlich, obwohl in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt wurden.

3. Defizite, Handlungs- und Forschungsbedarfe

3.1 Einsatz neuer Werkstoffe für hochfunktionale Werkstücke/ Komponenten

In den letzten Jahren hat die Entwicklung neuer Werkstoffe seitens der Stahl-, Aluminium- und Magnesiumindustrie stark zugenommen, getrieben vor allem durch die Anforderungen des Fahrzeugbaus und der allgemeinen Verkehrstechnik. Die Triebkraft für die Entwicklungsarbeit war und ist dabei der Leichtbaugedanke, d. h. die bewegte Masse zu reduzieren und somit weniger Energie aufbringen zu müssen. Dies hat positive Auswirkungen auf die Vielfalt der in den letzten Jahren entwickelten Blechwerkstoffe und Legierungen. Die Werkstofftrends können in drei wesentliche Gruppen unterteilt werden:

1. Im Bereich der Stahlwerkstoffe wurde eine Vielzahl an hoch- bis höchstfesten Stahlwerkstoffen entwickelt, deren Leichtbaupotential auf der erheblich gesteigerten Festigkeit basiert.
2. Daneben bilden Tailored Welded Blanks eine eigene Werkstoffgruppe aus dem Spektrum heute verfügbarer Stahlblechwerkstoffe, die in Teilbereichen noch als Gegenstand laufender Forschungsarbeiten anzusehen sind.
3. Die letzte Gruppe bilden die Leichtmetalle, bei denen sowohl die Aluminium- als auch die Magnesiumwerkstoffe hinsichtlich der Verarbeitungseigenschaften und der Festigkeit erheblich verbessert worden sind. Die Entwicklung neuer und vor allem höher- und höchstfester Werkstoffe bedeutet aber auch, dass Fertigungsverfahren an die durch die Werkstoffe gegebenen Bedingungen angepasst bzw. neue, werkstofforientierte Fertigungsverfahren weiterentwickelt werden müssen, die den besonderen Herausforderungen der Werkstoffe hinsichtlich der Verarbeitung, und hier speziell der Umformung, der Füge- und Trenntechnik sowie der zugehörigen Werkzeugtechnik gerecht werden.

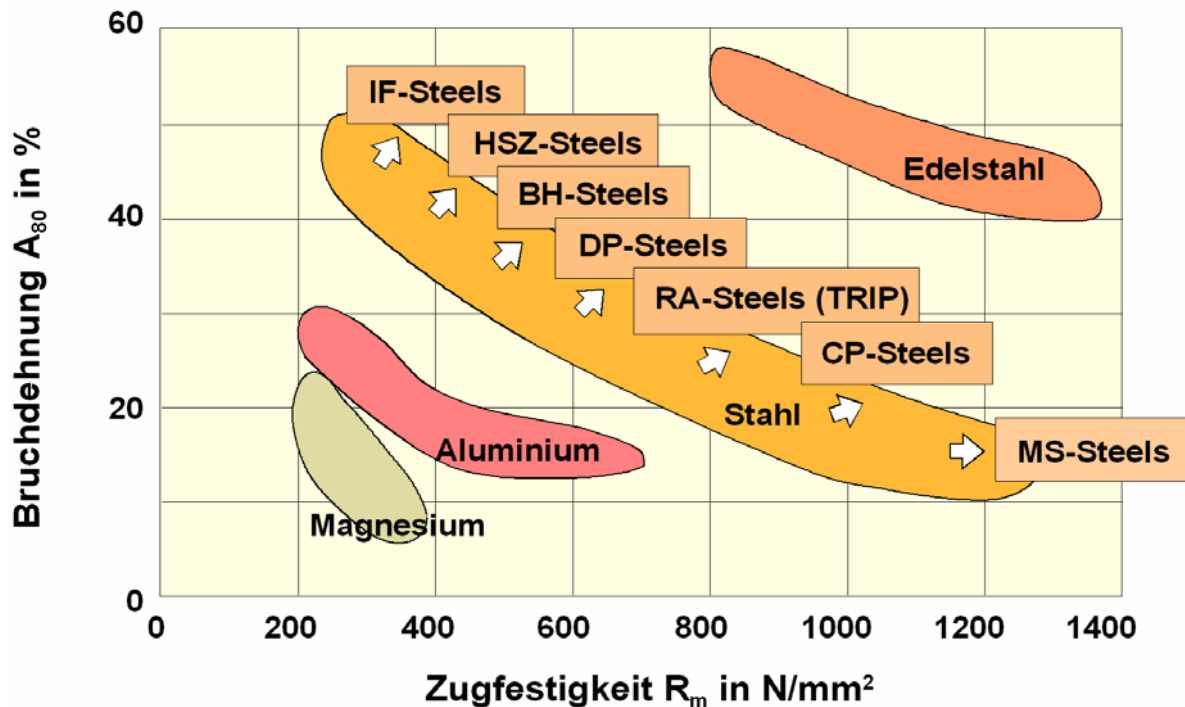


Bild 2: Bruchdehnung und Zugfestigkeit von Stahl-, Aluminium- und Magnesiumwerkstoffen

Die meisten Fertigungsprozesse werden durch drei Haupteinflussfaktoren bestimmt, die direkt miteinander verknüpft sind:

- Werkstückwerkstoff,
- Werkstückgeometrie und
- die den Fertigungsprozess bestimmenden Fertigungsparameter.

Am Beispiel des Umformens kann verdeutlicht werden, welche Herausforderungen und Probleme aus der Entwicklung neuer Werkstoffe folgen. Nach der Auswahl des Werkstückwerkstoffes müssen die Werkstückgeometrie und der Formgebungsprozess an den Werkstoff und seine Eigenschaften angepasst werden, um die angestrebte Produktexzellenz zu erzielen. Die vorzunehmenden Veränderungen stellen jedoch häufig eine nicht wirtschaftliche und damit auch nicht zufrieden stellende Lösung des Problems dar, weshalb dem grundsätzlichen Verständnis des Werkstoffverhaltens und dessen Berücksichtigung bereits in der Phase der Produktentwicklung und der Prozessplanung eine immer größer werdende Bedeutung zukommt.

Für die Umformtechnik stellt das mit steigender Festigkeit einhergehende verringerte Formänderungsvermögen (Bild 1) zusammen mit der auftretenden Rückfederung das größte Problem dar. Während die Rückfederung in der Blechumformung die Form- und Maßgenauigkeit der gefertigten Bauteile entscheidend bestimmt, hat die hohe Festigkeit eine erheblich gesteigerte Belastung der Umformwerkzeuge zur Folge, das verringerte Formgebungsvermögen eine erhöhte Anzahl an Ziehstufen bzw. die Entwicklung neuer Prozessführungsstrategien. Trotz der vielen technischen Probleme, die bei der Verarbeitung dieser Werkstoffe auftreten, sind diese Werkstoffe gerade für die Transporttechnik und insbesondere den Automobilbau besonders attraktiv.

Forschungsbedarf besteht somit darin, den Einsatz neuer Werkstoffe und innovativer Halbzeuge wie z.B. Tailored Blanks, beschichtete oder vorbehandelte Bleche vor dem Hintergrund einer kostengünstigen und flexiblen Fertigung zu ermöglichen. Dabei ist es wichtig, dass das technologische Wissen auf diese neuen Halbzeuge übertragbar wird, um ohne hohe Vorlaufzeiten und -kosten das Potenzial dieser Werkstoffe und Halbzeuge rasch für neue Fragestellungen nach individuellen Bauteilen / Komponenten zu nutzen. Beispielhaft seien hier Beplankungsteile für die Verkehrstechnik (Bahn, Flugzeuge, PKW, Nutzfahrzeuge) genannt.

Von hoher Relevanz ist ebenso, stets das zum Werkstoff passende Fertigungsverfahren heranzuziehen. So kann es sinnvoll sein, in Abhängigkeit von der Festigkeit und des Formgebungsvermögens des Werkstoffes das bislang verwendete Verfahren zu verlassen und andere Verfahren anzuwenden. Hierbei muss der Anwender geeignet unterstützt werden, um den Wechsel von Werkstoff und Verfahren rasch und im Sinne zeit- oder kostenoptimierter Prozessketten zu bewältigen.

Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass vermehrt auch Mischbauweisen für die Struktur und die Außenhaut von Kabinen, Wagen und Transportvolumen zum Einsatz kommen. Die Kombination mehrerer Werkstoffe, wie sie bei Tailored Blanks oder hybriden Konstruktionskonzepten (Kombination von stofflichem und konstruktivem Leichtbau) bereits Anwendung findet, verschärft sich diese Problematik des unzureichenden technologischen Know-

Hows bei den Blechumformverfahren und der oftmals nachfolgenden Fügechnik komplexer Bauteile.

3.2 Entwicklung innovativer Prozessketten

Die Prozessketten zur Herstellung von Blechen sind aus ökonomischen und ökologischen Erwägungen heraus immer weiter optimiert worden. Auf die ganzheitliche Gestaltung der Gesamtkette von der Blecherzeugung über Coil und/oder Platine, Fertigung, bis hin zum fertigen innovativen Blechbauteil wird jedoch in viel zu geringem Maß Wert gelegt.

Defizit 1: Unzureichende Berücksichtigung der vollständigen Prozesskette

In modernen Walzwerken werden Bänder in kontinuierlichen Prozessen in hohen Geschwindigkeiten erzeugt. Den zunehmenden Anforderungen an höherfeste Werkstoffe kommen die Walzwerke in großem Maße nach. Allerdings steigen mit der Festigkeit in der Regel auch die Qualitäts- und Eigenschaftsschwankungen. Diese haben gerade durch stetig steigende Anforderungen und immer kleiner gewordene Produkttoleranzen, einen maßgeblichen Einfluss auf die Güte und Maßhaltigkeit des Endproduktes. Die Notwendigkeit eingeschränkter Toleranzen für Blechbauteile resultiert auch aus der zunehmenden Automatisierung und neuen Füge Technologien.

Bei der Maßhaltigkeit von Blechbauteilen spielen neben den Abweichungen der Nennmaße vor allem Rückfederungseffekte und in Fällen von Warmumformung auch Temperaturschwankungen eine große Rolle. Insbesondere bei höher- und höchstfesten Stählen sind die Anforderungen an die Maßhaltigkeit nur mit deutlich größerem Aufwand zu erreichen. Handlungsbedarf besteht daher in der Entwicklung neuer innovativer Methoden, die in hohem Maße die gesamte Prozesskette abbilden sollen. Mit Hilfe der durchgängigen Prozesskettensimulation können im Vorfeld eine ganze Reihe von Problemstellungen, die ansonsten erst in der Erprobungsphase sichtbar würden, erkannt und gelöst werden.

Die Anlaufzeit von neuen innovativen Prozessketten ist damit wesentlich zu verkürzen, die Entwicklung und Fertigung neuer Bauteile als einer der größten Kostentreiber kann deutlich aufwandsminimiert werden.

Defizit 2: Unzureichende Entwicklung von Methoden zur Beherrschung von Verfahrenskombinationen

Große Potenziale können durch die Verkürzung der Prozesskette erwartet werden. Hier bieten sich Verfahrenskombinationen als ein Lösungsansatz an. Verfahrenskombinationen alleine führen aber nicht zwangsläufig zu einem vereinfachten Prozess. Häufig ist das Gegenteil der Fall. Sind einzelne Prozesse noch gut und durch die Kombination von Prozesssimulation und Realexperiment beherrschbar, so führen Verfahrenskombinationen zu einer dramatisch steigenden Anzahl an Einflussgrößen und somit neuen Fehlerquellen. Hier besteht Handlungsbedarf in der Entwicklung neuer Methoden zur sicheren Beherrschung von neuen Verfahrenskombinationen.

Defizit 3: Unzureichendes prozessübergreifendes Toleranzmanagement entlang der gesamten Prozesskette

Bislang werden fast ausschließlich die vor- und nach gelagerten Prozesse einbezogen. Große Potenziale können von einem prozessübergreifenden Toleranzmanagement erwartet werden. Hierzu gehört auch die prozessübergreifende Bearbeitung von Problemstellungen und Lösungen durch schnittstellenübergreifende Spezifikationsvorgaben. Prozessübergreifende Festlegungen und Optimierung der Spezifikationen in Bezug auf die Teilprozesse finden kaum statt. Dies liegt daran, dass selten bekannt ist, welche beschreibenden Merkmale für die Funktionalität des Blechbauteils und das prozesssichere Betreiben der Fertigungsschritte notwendig sind. Hier ergibt sich somit ein großes Potenzial, die Bearbeitung wirtschaftlicher zu gestalten.

Defizit 4: Unzureichende Einbindung realer Vorgänge in numerische Simulationen

Ein weiteres Problem ist die unzureichende Abbildung der realen Vorgänge innerhalb einer Prozesskette durch die numerische Simulationen. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die zur Beschreibung des

Werkstoffverhaltens und der tribologischen Prozessbedingungen Anwendung finden, sind noch nicht ausreichend erforscht. So fehlen beispielsweise hinreichende Kenntnisse über eine geeignete Formulierung von Verschleißgesetzen und Veränderungen der elastischen Werkstoffeigenschaften nach großen Deformationen. Der prozessübergreifende Transfer dieser Erkenntnisse bzw. die Erarbeitung von Übertragungsalgorithmen fehlt. Insgesamt müssen die Prozessmodelle wesentlich genauer formuliert werden, um damit die Fertigung technologieintensiver Blechbauteile zu evaluieren. Dies führt dazu, dass Simulationsergebnisse nicht ohne weiteres auf Realprozesse übertragen werden können.

Defizit 5: Unzureichende Einbindung der Tribologie in die gesamte Prozesskette und mangelhafte Übertragbarkeit der Laborergebnisse

Neben den möglichen Ansätzen im Bereich der Modellierung gilt es auch die tribologischen Verhältnisse im Prozess zu kennen und zu verstehen. Hier besteht ein großes Potenzial in der Berücksichtigung ökologischer Aspekte in der Fertigung. Weitere Anstrengungen sollten z. B. in den Bereichen Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung dahingehend unternommen werden, der Umweltproblematik in noch größerem Maße gerecht zu werden. Die Umformtechnik bietet so die Möglichkeit, sich als eine der am ökologisch verträglichsten Technologien zu etablieren. Es gilt, Methoden zur Übertragung von Analogieversuchen auf Realprozesse zu entwickeln. So kann sich z. B. ein Schmierstoff im Laborversuch als geeignet erweisen, diese Erwartung jedoch im Realprozess nicht erfüllen. Gleiches gilt für den steigenden Einsatz von beschichteten Blechen. So kann z.B. Zinkabrieb in Laborversuch relativ gut simuliert und nachgebildet werden, im realen Prozess führt Zinkabrieb und dadurch bedingte Adhäsion am Werkzeug jedoch immer noch zu enormen Schwierigkeiten. Für die Aussagekraft unterschiedlicher Laborergebnisse muss analysiert werden, unter welchen Voraussetzungen eine Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Analogieversuchen auf Realprozesse gegeben ist und welche Methoden die Übertragbarkeit verbessern können.

Defizit 6: Unzureichende Nutzung kontinuierlicher Prozesse

Fertigungsprozesse sind häufig dadurch charakterisiert, dass zwischen den einzelnen Bearbeitungsstationen ein Materialspeicher bzw. die Zwischenlagerung der Bauteile erfolgt. Kontinuierlichen Fertigungsprozessen als durchgängige Fließfertigung vom Coil bzw. Platine bis hin zum fertigen qualitätsgerechten Bauteil gewinnen zunehmend an Bedeutung. Handlungsbedarf besteht hier in der Entwicklung neuer Technologien für eine gezielte kontinuierliche Blechbearbeitung. Insbesondere die Problematik von unterschiedlichen Bearbeitungsgeschwindigkeiten in den einzelnen Teilprozessen und deren Synchronisierung muss gelöst werden.

3.3. Eigenschaftsverbesserung von Produkten

Flächige Bauteile aus Blech, wie sie z.B. bei der Außenhaut für Kraftfahrzeuge, aber auch für die von Flugzeugen oder Zügen zum Einsatz kommen, sollen im Fokus dieser Forschungsinitiative stehen.

Bauteile bzw. Karosserien müssen Anforderungen an Design und Crashesicherheit, Komfort und der fahrtechnischen Leistung genügen. Neben der werkstoffbedingten Festigkeit und der konstruktionsbedingten Steifigkeit der Bauteile bei rein statischer Belastung kommt gerade für den Einsatz im Außenhautbereich von Kraftfahrzeugen auch dem dynamischen Verhalten beim Einwirken äußerer Belastungen (Struktur- und Oberflächenschwingungen, Hagelschlag usw.) eine besondere Bedeutung zu.

Darüber hinaus stellt die Verarbeitungsgenauigkeit der Blechteile im Zusammenbau einer Karosserie ein wichtiges Qualitätsmerkmal dar. Für die im Flugzeug-, Eisenbahn und Karosseriebau zunehmende Automatisierung der Füge- und Montagetechnik sind im Bereich der Blechumformung formgenaue Blecheinzelteile eine zwingende Voraussetzung, da diese alle weiteren Toleranzen der Karosserie bestimmen. Der Fertigungskompetenz im Presswerk für möglichst reproduzierbare Teile und der hohen Prozessstabilität kommt somit eine Schlüsselfunktion zu. Der hohe Anspruch an die maßliche Reproduzierbarkeit der Blechteile äußert sich insbesondere am Beispiel der im

zunehmenden Maße von verschiedenen Automobilherstellern praktizierten Plattformstrategie und andere Karosseriebaukonzepte z.B. im Flugzeugbau. Die Anschlussbereiche der Plattform oder Basiskomponenten zu den Anschlussteilen müssen hohe Genauigkeitsanforderungen erfüllen, sodass die Qualität des Zusammenbaus an verschiedenen Fertigungsstandorten gleichzeitig sichergestellt ist. Steigende Genauigkeitsforderungen an hochfeste Karosseriestrukturteile aus Blech erfordern eine werkstoffangepasste Auslegung bzw. Anpassung der eingesetzten Werkzeuge sowie eine materialspezifisch optimierte Einstellung von Maschinen- und Prozessparametern. Die diesbezüglich geforderte Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit setzt optimal ausgelegte sowie stabile Prozesse mit minimierten Rüst- und Ausfallzeiten der Produktionsanlagen voraus.

Neben den maßlichen Anforderungen an Blechformteile einer Karosserie bzw. eines Verkehrsmittels werden zur Gewichtsreduzierung unterschiedliche Leichtbaukonzepte realisiert. Diese lassen sich in die Teilbereiche Formleichtbau, Konzeptleichtbau, Fertigungsleichtbau und Werkstoffleichtbau einteilen. Beim Formleichtbau wird durch Strukturelemente oder Bombierungen das Widerstandsmoment von Bauteilen erhöht, so dass die Blechdicke bei Beibehaltung der Bauteileigenschaften reduziert werden kann. Beim Konzeptleichtbau werden Bauweisen mit einem vorteilhaften Verhältnis von Funktion zu Gewicht eingesetzt. Beim Fertigungsleichtbau kommen beispielsweise Tailored Blanks (verschweißte Bleche mit unterschiedlichen Eigenschaften), Patchwork Techniken (Verbundblechtechnik) oder Bonded Blanks (Doppellagenblechtechnik) mit dem Ziel zum Einsatz, das Bauteil werkstoffseitig in den hoch beanspruchten Bereichen zu verstärken und das Gewicht in weniger beanspruchten Bereichen zu reduzieren. Beim Werkstoffleichtbau hingegen wird die Gewichtsreduzierung über die spezifischen Eigenschaften des eingesetzten Werkstoffes erzielt.

Das in diesem Kontext zu formulierende Handlungsfeld in der Blechumformung bildet demnach die Verbesserung der geometrischen Genauigkeit und der mechanischen Eigenschaften flächiger Strukturen und Hüllen und diese simulativ möglichst genau vorherzusagen. In der Blechumformung werden heute zumeist Einzelprozesse der Prozesskette betrachtet und mittels FE-Simulation begleitet

bzw. abgesichert. Der Schwerpunkt liegt dabei im Bereich der Simulation des eigentlichen Umformprozesses, ohne Berücksichtigung zuvor durchgeführter bzw. nachfolgender Prozessschritte. Durch die nicht-durchgängige Betrachtungsweise und fehlende Berücksichtigung der Schnittstellen sind zu erwartende Bauteilfehler nicht hinreichend genau vorhersagbar, z.B. ein durch Rückfederung hervorgerufener Verzug eines großflächigen Blechteils. Während die Phänomene der Rückfederung annähernd bekannt sind, sind nur unzureichende Möglichkeiten zu dessen effizienter Kompensation im gesamten Prozess vorhanden. Darüber hinaus werden signifikante Einflussgrößen wie das Freisetzen von Eigenspannungen durch den Bauteilbeschnitt, die Platinenlagerung speziell großer Teile und das Fügen im Rahmen einer simulationsgestützten Prozessauslegung bislang nicht ausreichend betrachtet. Der Einsatz neuer Blechwerkstoffe eröffnet dabei weitere Problemfelder, zumal herkömmliche Ansätze beispielsweise zur Abbildung der Rückfederung nur eingeschränkt anwendbar sind. Eine weitere Beeinflussung der Bauteilqualität entsteht durch tribologische Effekte wie Reibung und Verschleiß, die sich auf die Prozessstabilität sowie die Bauteiloberfläche auswirken. In der FE-Simulation wird die Tribologie nicht ausreichend realitätsnah in der gesamten Prozesskette abgebildet.

3.4 Optimierung von Umformwerkzeugkonzepten

Der deutsche Werkzeug- und Formenbau für die Blechumformung besitzt eine führende Stellung im Weltmarkt. Wegen des hohen Anteils anspruchsvoller menschlicher Arbeitsleistung in den zugehörigen Wertschöpfungsketten im Vergleich zu z.B. Technologien aus der chemischen Verfahrenstechnik oder der Elektronik besitzt er in Deutschland auch eine hohe arbeitsmarktpolitische Relevanz. Seine besondere Bedeutung wird dadurch unterstrichen, dass die Entwicklungszeit neuer, innovativer Bauteile und Komponenten maßgeblich durch ihn bestimmt wird. Beispielsweise bei der Automobilentwicklung liegt der Werkzeugbau auf dem (zeitlich) kritischen Pfad, d. h. er bestimmt maßgeblich den Zeitpunkt des Erreichens der Serienreife des neuen Fahrzeuges. Aber auch in anderen Branchen besetzt er eine Schlüsselfunktion, weil Design, Funktionalität

und Qualität der Produkte häufig von der Funktionalität der zu ihrer Fertigung eingesetzten Werkzeuge und Betriebsmittel bestimmt werden.

Formen und Werkzeuge werden stets in Einzelfertigung hergestellt. Für jedes neue Produkt ist im Allgemeinen die Gesamtprozesskette von der Entwicklung des Prozesses, seine Umsetzung im Werkzeug, dessen Konstruktion und Fertigung bis zur Erprobung (Tryout) vollständig zu durchlaufen. Aus dieser Charakteristik lassen sich unter Beachtung aktueller Entwicklungen folgende Defizite ableiten:

Defizit 1: In Deutschland hergestellte Umformwerkzeuge für den Fahrzeugbau sind für das längerfristige Bestehen im internationalen Wettbewerb zu teuer.

Der erwähnte hohe Wertschöpfungsanteil hoch qualifizierter Mitarbeiter in der Bauteilentwicklung, Planung neuartiger Produktionstechnologien und der Werkzeugherstellung für Bauteile aus Blech führt bei den derzeitigen deutschen Kostenstrukturen zu überdurchschnittlich hohen Personalkosten im Vergleich zu Wettbewerbern in Asien, Ost- und Südeuropa (z.B. Portugal). Wenn durch grundsätzlich neue Lösungen dieser Anteil deutlich gesenkt werden könnte, würde der deutsche Werkzeugbau trotz eines bleibenden Preispremiums wegen des zweifelsfrei hohen qualitativen und technologischen Niveaus seiner Produkte durch Rück- und Neugewinnung von Marktanteilen seine Produktionskapazitäten wieder erweitern und so zum Entstehen neuer Arbeitsplätze beitragen.

Das im Werkzeug- und Formenbau oftmals personengebundene Erfahrungswissen ist typischerweise nicht vollständig, ungenügend strukturiert und nicht systematisch abrufbar. Das führt zwangsläufig zu teilweise suboptimalen Lösungen in einzelnen Prozessschritten, dadurch bedingten Korrekturen und Nacharbeiten und letztlich zu hohen Durchlaufzeiten bis zum bemusterungsfähigen Gutteil. Die Gesamtprozesskette des Werkzeugbaues für Blechformteile ist in der Abhängigkeit von einzelnen Prozessstufen naturgemäß nicht transparent, d.h. der technologische Prozess der Werkzeugfertigung ist ungenügend reproduzierbar. Es müssen daher Strukturen und Methoden

gefunden werden, die diese Zusammenhänge abbilden und so Voraussetzungen für die termin- und qualitätsgerechte Auftragsabwicklung gewährleisten.

Eine Reduzierung der spezifischen Personalkapazität wird auch über eine Steigerung der Effektivität der Werkzeugfertigung durch Einsatz leistungsfähigerer Entwicklungswerkzeuge und Fertigungstechnologien erreicht.

Wirkungsvolle Handlungsfelder dafür sind:

- Verringerung des Entwicklungsaufwandes durch effizienteren Einsatz von Methoden der numerischen Simulation (Erhöhung der Aussagesicherheit durch verbesserte Modelle und Kennwerte; Virtual Reality Techniken in Verbindung mit der Prozesssimulation als Entwicklungswerkzeuge etc.)
- Verringerung der Fertigungszeiten durch optimierte Bearbeitungsstrategien und -anlagen sowie die Optimierung des Planungs- und Engineering-Prozesses (Erhöhung der Simulationsgenauigkeit zur Verbesserung der Fertigungsdaten für die Werkzeuganfertigung)

Defizit 2: Die heute üblichen Baukonzepte von „Einzweck-Umformwerkzeugen“ sind für den Einsatz für immer kleiner werdende Serienstückzahlen nicht geeignet.

Eine Reduzierung der Werkzeugkosten senkt die notwendige wirtschaftliche Mindeststückzahl. Man kann davon ausgehen, dass die heute angestrebten Losgrößen und Gesamtstückzahlen häufig zu hoch angesetzt werden. Daher ist die Erschließung neuer Wege für die Konstruktion und flexible Verwendung von Umformwerkzeuge durch neue Verfahrens- und Baukonzepte unabdingbar.

Eine flexible Verwendung solcher Zieh-, Schneid und Nachformwerkzeuge kann durch eine Art „Mehrfachnutzung“ herkömmlicher Umformwerkzeuge, beispielsweise durch eine weitgreifende Modularisierung und Standardisierung der Werkzeugkomponenten erreicht werden. Dieses bedingt wiederum neuartige Anforderungen an die Werkzeugauslegung und deren Prozessstabilität. Kann die gewünschte Mindeststückzahl auch dann nicht erreicht werden, muss der Formspeichergrad schrittweise aufgelöst bzw. zurückgenommen werden. Die

bisher zahlreichen Versuche der partiellen / inkrementellen Blechumformung sind hinsichtlich ihrer Eignung zur Lösung dieser Aufgabe zu bewerten und ggf. weiterzuentwickeln.

Defizit 3: Hinsichtlich neuartiger Anforderungen weisen die heutigen Umformwerkzeuge häufig funktionale Defizite auf.

Der Kostendruck des Marktes auf Umformwerkzeuge und Formen für die Blechumformung, seine Konsequenzen auf den Fertigungsaufwand dieser Produkte, die technische Ausstattung der Werkzeuge und Formen (Normteile, technischer Standard) und auch deren angestrebte flexible Verwendung führen zu neuen funktionalen Anforderungen. Solche Anforderungen, die neue Konstruktionskonzepte bedingen, sind beispielsweise:

- „Leichtbau-Werkzeuge“, die insbesondere der Materialpreisentwicklung Rechnung tragen und dem spanenden Bearbeitungsaufwand Rechnung tragen,
- Kombinierte Werkzeuge, in denen beispielsweise die Integration von Fügeoperationen realisiert werden oder

intelligente Werkzeuge, die die Prozessstabilität gegenüber den heute in der Großserie eingesetzten Werkzeugen „selbststabilisierend“ gewährleisten.

4. Fazit

Komplexe Umformbauteile kostengünstig, individuell und auch zeitnah herzustellen erfordert eine Vielzahl von Maßnahmen in unterschiedlichsten Abschnitten der Umformprozesskette. Die Maßnahmen können sehr vielfältig sein. Diejenigen, für deren Lösung ein dringender Handlungsbedarf besteht, gilt es zu identifizieren.

Die beteiligten Forschungsinstitute haben diese Maßnahmen untersucht und bewertet. Wo insbesondere durch Forschung und Entwicklung Hilfestellung zu leisten ist, darin besteht das Ergebnis der Untersuchungen (siehe Bild 3).

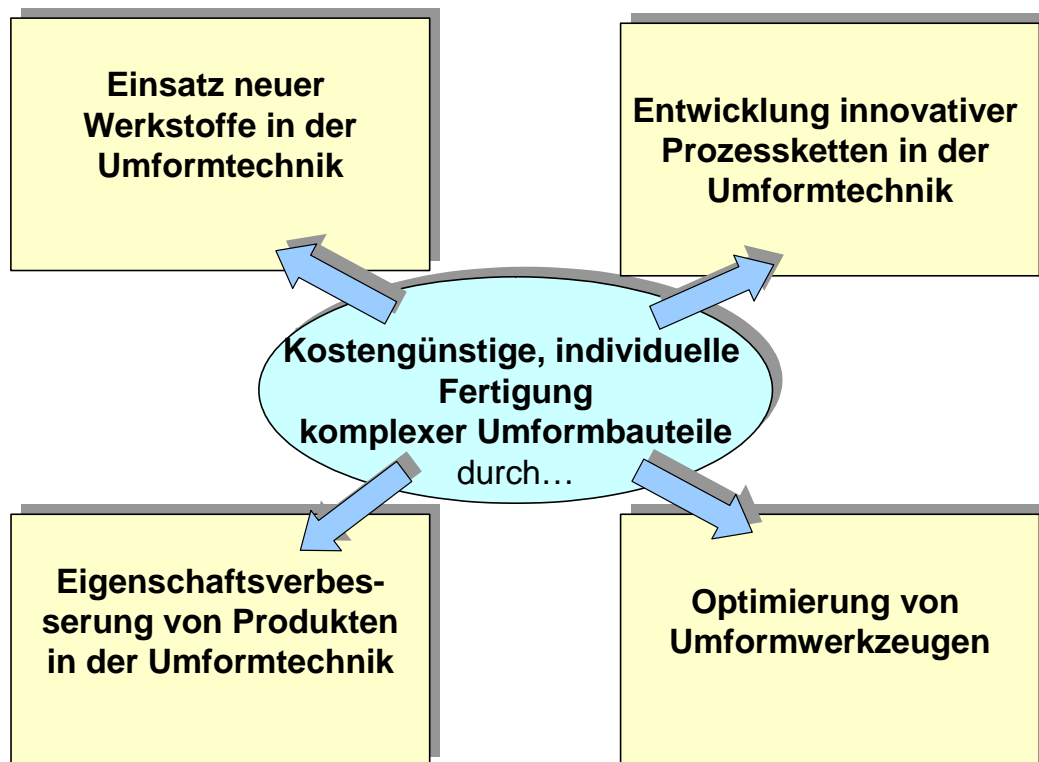


Bild 3: Kostengünstige individuelle Fertigung komplexer Umformteile

- Die Verarbeitung neuer Werkstoffe und Halbzeuge wie z.B. Tailored Blanks, beschichteter oder vorbehandelter Bleche muss unter Aufrechterhaltung der in diesen neuen Werkstoffen / Halbzeugen steckenden Potentiale mit den vorhandenen oder mit neuen Umformverfahren weiter entwickelt werden.
- Eine unzureichende Berücksichtigung der vollständigen Prozesskette erfordert die Entwicklung neuer innovativer Methoden, die in hohem Maße die gesamte Prozesskette abbilden. Mit einer durchgängigen Prozesskettensimulation können bereits im Vorfeld der Entwicklungen eine Vielzahl von Problemen erkannt und beseitigt werden. Dieses führt insbesondere zur Kostensenkung beim Produktionsanlauf.
- Die Umformverfahren sind im Sinne einer Verbesserung der Bauteileigenschaften (geometrische Genauigkeit, mechanische Eigenschaften, Bauteilqualität u.a.) und mit Unterstützung von Simulationsprozessen weiter zu optimieren. Hier ist insbesondere durch

den Einsatz kontinuierlicher Fertigungsprozesse erhebliches Verbesserungspotential zu erwarten.

- Durch den Einsatz leistungsfähigerer Entwicklungswerkzeuge in der Werkzeugfertigung und optimierter Strategien zu deren Herstellung lassen sich Werkzeugkosten senken. Mit neuartigen Konstruktionsmethoden und neuen Verfahrens- und Baukonzepten soll unter Berücksichtigung derzeitiger und künftiger Anforderungen (Leichtbau, kombinierte Werkzeuge u.a.) eine flexible Werkzeugnutzung erreicht werden.

Nach intensiver Diskussion mit Industrievertretern unter Einbeziehung der betreffenden Fachverbände sollen diese Schwerpunkte dem BMBF zur Ausgestaltung der Leitinnovation „Flexible Produktionssysteme für die kundenindividuelle Produktion“ vorgeschlagen werden. Mit den Schwerpunkten wird den Zielen der Leitinnovation entsprochen.