

**Variabel Tool (VTB)**  
**Geometry-variable tool for small series production by means of  
incremental sheet forming**  
**(Formvariable Werkzeuge für die inkrementelle Blechumformung)**

IGF-Nr.: 219 EBR

**Forschungseinrichtungen**

- Forschungseinrichtung 1: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU  
Chemnitz (IWU)
- Forschungseinrichtung 2: VÚTS, a.s.  
Liberec (VUTS)



Ansprechpartner beim Institut 1: Dieter Weise  
+49 (0) 371 / 5397 - 1218  
dieter.weise@iwu.fraunhofer.de

Ansprechpartner beim Institut 2: Jan Marek  
+420 485 302 247  
jan.marek@vuts.cz

## Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 219 EBR der Forschungsvereinigungen Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. – FGW, Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid und der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. – FOSTA, Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

---

## Ausgangssituation

Das Projekt richtet sich an europäische Hersteller von komplex geformten 3D-Blechprodukten in verschiedenen Industriezweigen:

- Luft- und Raumfahrtindustrie
- Automobilindustrie
- Hochgradig kundenspezifische Produkte
- Elektronik
- Gesundheitswesen
- Design/Kreativprodukte

sowie Endprodukte für Verbraucher. Diese Märkte sind derzeit auf suboptimale Produktdesigns beschränkt, da die Formgebung großer 3D-Blechwerkstücke für die Einzelfertigung (kleine Losgrößen) zu teuer ist. Die Industrien können von der Entwicklung und Implementierung eines geometrisch flexiblen Werkzeugs profitieren, das die Kosten durch den Wegfall spezifischer Gegenwerkzeuge reduziert.

Seit einigen Jahren ist in fast allen Bereichen der Konsumgüterfertigung ein Trend zu einer größeren Modellvielfalt und zu einer deutlichen Verkürzung des Produktlebenszyklus erkennbar. Ein eindrucksvolles Beispiel ist die Automobilindustrie. Auch in anderen Branchen ist nach Trendprognosen zu erwarten, dass die Zahl der Produkte, die von individualisierten Kundenwünschen betroffen sind, in Zukunft erheblich zunehmen wird.

Herkömmliche Verfahren der Massenproduktion sind aufgrund ihrer hohen Abhängigkeit von bauteilspezifischen Werkzeugen nicht in der Lage, flexibel genug auf kurzfristige Änderungen zu reagieren. So dauern beispielsweise die Entwicklung und Herstellung eines Tiefziehwerkzeuges für die Massenproduktion bis zu zehn Monate und ist ggf. mit Kosten ab etwa einer Million Euro und mehr verbunden. Tatsächlich besteht ein enormer Bedarf an Verfahren, die die Herstellung kleiner Losgrößen mit minimalen Werkzeugkosten auf effiziente Art und Weise realisieren.

Die Verlagerung hin zu kleineren Serien mit erhöhter Formflexibilität ist für KMU besonders relevant: Die relativ niedrigen Investitionskosten von IBU (inkrementelle Blechumformung)-Aufbauten sind gut mit den Fähigkeiten von KMU vereinbar, und die den KMU innewohnende Flexibilität wird es ihnen ermöglichen, auf einem Markt mit kurzen Vorlaufzeiten und kleinen Serien wettbewerbsfähig zu sein. Eine Individualisierung der Produktion könnte somit ein Trend für europäische Hersteller sein.

Der von der Europäischen Kommission veröffentlichte Jahresbericht über europäische KMUs zeigt, dass KMUs wesentlich zur Wirtschaftskraft der EU28-Länder beitragen. Im Jahr 2014 waren 99 % aller Unternehmen KMU. Sie boten 2/3 der Arbeitsplätze und

erwirtschafteten 58 % der Wertschöpfung [1]. Das verarbeitende Gewerbe gehört zu den 5 größten Sektoren in Europa und im zweitgrößten Deutschland und trägt 22 % zur Wertschöpfung bei, d.h. nur ein Prozent weniger als der größte Sektor [2].

Die Herstellung von Maschinen und Ausrüstungen hat in den letzten Jahren an Gesamtvermögen, Wertschöpfung und Umsatz zugenommen, allerdings mit nur einer leicht wachsenden Zahl von Beschäftigten. Es zeigt, dass es einen lang anhaltenden Trend der Produktivitätssteigerung in der deutschen und tschechischen Maschinenproduktion gibt. Eine technologische Verbesserung und sinkende Produktionskosten gewinnen immer mehr an Bedeutung. Genau wie bei den 3D-Druckern wird die inkrementelle Formgebung diesen Bedarf widerspiegeln.

Das Hauptkriterium für die Beurteilung und Entscheidung über die verwendete Umformmethode ist die Anzahl der umgeformten Teile. Generell lässt sich sagen, dass das Standardumformverfahren - unter Verwendung eines Umformwerkzeugs (Niederhalter + Matrize + Stempel) in Verbindung mit einer Presse - für die Serien- und Massenproduktion kostengünstig ist. Die Anzahl der Produkte reicht von Tausenden bis zu Millionen von Teilen. Der Preis eines Umformwerkzeugs wird in diese Anzahl von Teilen aufgeteilt. Darüber hinaus ist es für jeden Produkttyp notwendig, das jeweilige spezielle Formwerkzeug herzustellen.

Für die Einzelteil- oder Kleinserienfertigung ist es im Gegenteil sehr vorteilhaft, ein IBU-Verfahren mit geometrisch flexibler Matrize zu verwenden, bei dem keine Kosten für die Herstellung des Formwerkzeugs anfallen. Es gäbe zwar Halterahmen, aber diese sind universell und damit für mehrere Produkttypen in einem ähnlichen Abmessungsbereich einsetzbar.

Der wirtschaftliche Nutzen der Methode wird auch durch die niedrigen Kosten bei der Änderung der Form oder Größe eines Produkts unterstützt. Die Änderung findet auf der Ebene der Software statt -die Neuprogrammierung der Bahn des Formwerkzeugs- und nicht wie bei der kostspieligen Konstruktions- und Fertigungsanpassung von Formwerkzeugen bei der konventionellen Umformmethode (Tiefziehen).

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Bewertung der Produktionszeit eines Produkts. Bei Verwendung der Standardmethode der Umformung mit Formwerkzeug ist die Produktionszeit für die Herstellung des Produkts um ein Vielfaches geringer. Die Produktionszeit eines Teils liegt in der Größenordnung von Sekunden, während die Umformzeiten des IBU bei Minuten bis Stunden liegen.

In Abhängigkeit von der Anzahl der produzierten Teile drückt sich dieses Kriterium signifikant in der Wirtschaftlichkeit der Produktion - den Endkosten eines Teils - aus.

Sekundäre Aspekte, die sich auf den Preis eines produzierten Teils auswirken, sind z.B. die Entsorgung alter und ausgedienter Umformwerkzeuge und der dazugehörigen Ausrüstung mit der konventionellen Umformmethode. Das ISF mit einem flexiblen Werkzeug eliminiert diesen Aspekt vollständig. Zusammenfassend lässt sich der Nutzen der Verwendung des IBU für die Fälle der Einzelteil- und Kleinserienproduktion und einer Produktion mit der Anforderung häufiger Form- und Maßänderungen des Teils als

außerordentlich positiv bewerten. Dies zeigt erhebliche Vorteile für die Herstellung von Komponenten für den Entwicklungs-, Prototyping- und Kleinserienbereich.

Die wirtschaftlichen Auswirkungen werden nicht nur in direkten Einsparungen bei den Kosten pro Teil bestehen, sondern die europäische Produktion auf einem ähnlichen Preisniveau wie die asiatische oder türkische Produktion halten, jedoch mit der Garantie einer höheren Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Der Zugang zu einer solchen innovativen Technologie ist einer der Schritte, wie Maschinenproduktion, Beschäftigung und Engineering in Europa gehalten werden können.

Mit der zunehmenden Globalisierung sind die Unternehmen in der tschechischen und deutschen Region gezwungen, mit einer wachsenden Zahl internationaler Unternehmen zu konkurrieren. In der Praxis ist dies nur möglich, indem sie über den Preis der Produkte, die Qualität oder den Mehrwert konkurrieren. Langfristig ist der aussichtsreichste Weg, die Entwicklung zu innovativeren und kostengünstigeren Produktionsverfahren. Immer mehr Unternehmen verdanken ihren Erfolg der Innovation: Durch die Entwicklung neuer Produkte oder durch eine effizientere Produktion. Innovation stärkt die Wettbewerbsposition und führt zu einer ergebnisorientierten Produktion.

Dies passt gut zu dem Trend der (Massen-)Individualisierung von Produkten, der in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen hat [3], denn immer mehr Kunden wünschen sich einzigartige Produkte, die ihren individuellen Vorstellungen entsprechen. Gründe dafür sind eine Designorientierung und ein steigendes Qualitäts- und Funktionsbewusstsein, das zuverlässige Produkte verlangt, die genau den spezifischen Bedürfnissen des Käufers entsprechen. Für viele Kunden lohnt es sich sogar, dafür höhere Preise zu zahlen [4] und auf Vorteile wie Verkauf oder Rückgabe zu verzichten.

Im Allgemeinen steht die Idee kleiner Losgrößen und maßgeschneiderter Produkte im Widerspruch zur Erzielung eines hohen Marktanteils für eine bestimmte Produktvariante, aber nach dem Long-Tail-Modell kann das Kollektiv aller Einzelprodukte, die ein geringes Absatzvolumen haben, einen Marktanteil ausmachen, der sogar den von relativ wenigen meistverkauften Produkten übersteigt [5]. Die Versorgung der KMU mit geeigneten Technologien, die es erlauben, diesen riesigen Markt zu nutzen, eröffnet den Unternehmen neue Möglichkeiten in Bezug auf

- Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit auf dem (inter-)nationalen Markt auch gegenüber Großunternehmen
- Expansion in Bezug auf Umsatz und Mitarbeiterzahl, wodurch neue Arbeitsplätze geschaffen und die bestehenden gesichert werden
- Aufbau neuer und intensiver strategischer Partnerschaften mit anderen Unternehmen, Stärkung ihrer Position auf dem Markt

Muller et al. weisen darauf hin, dass es für 52% der KMU in den EU28-Ländern derzeit ein drängendes oder äußerst dringendes Problem ist, Kunden zu finden. Die Erschließung neuer Marktsegmente wird es ermöglichen, eine völlig neue Kundengruppe anzusprechen und damit zur Entschärfung dieses Problems beitragen.

Die Kombination des IBU mit dem Vorteil flexibler geometrischer und preiswerterer Werkzeuge und Matrizen als auf herkömmliche Weise bietet ein wirtschaftliches Potenzial zur Anpassung von Produkten oder zur Integration von Freiformfunktionen. Die Nutzung der bei KMUs vorhandenen Infrastruktur für andere Prozesse bietet Potenzial für IBU mit geringen Investitionskosten.

Neue Maschinen, Kunst- oder Designkomponenten oder Außenteile benötigen im Allgemeinen einzigartige Designs, aber dies passt nicht zu den klassischen Metallumformungsmethoden, die mit einer engen Verknüpfung von Werkstück- und Werkzeuggeometrie verbunden sind. Hier führen leichte geometrische Abweichungen des Werkstücks zu zeit- und kostenintensiven Werkzeuganpassungen. Der heutigen Technologie fehlen anwendbare, automatisierbare und wirtschaftlich effiziente Lösungen für die flexible Herstellung unterschiedlicher Formen aus Blechteilen.

Die von Variabel Tool durch die inkrementelle Blechumformungstechnologie gebotene Möglichkeit, Teile für kleine und mittelgroße Serien mit einem geometrisch flexiblen Werkzeug herzustellen, ermöglicht es, ein teures Prototyping-Werkzeug einzusparen. Durch die Kostenreduzierung bei den Werkzeugen können auch Derivate in kleinen Stückzahlen wesentlich einfacher und kostengünstiger hergestellt werden.

Der kontrollierte und automatisierte Umformprozess führt zu einer gleichbleibend hohen Qualität der produzierten Teile. Der Umformprozess spart Kosten und Ressourcen und schont die Umwelt durch Lärmreduzierung und Vermeidung von Schmiermitteln. Diese Vorteile entsprechen genau den aktuellen Bedürfnissen der blechverarbeitenden Industrie. Viele Branchen, die 3D-geformte Blechteile verarbeiten, teilen diesen Bedarf. Hersteller von Windkraftanlagen, Hersteller von Gehäuseelementen, Autorestaurierungsunternehmen und sogar Luftkanalproduzenten stellen ihre maßgeschneiderten Blechteile derzeit oft von Hand her. Diese Situation führte auch zu einem Wettbewerb mit asiatischen Unternehmen. Variabel Tool wird also nicht nur die Produktion von maßgeschneiderten Blechteilen ankurbeln, sondern auch dazu beitragen, Arbeitsplätze in Europa zu sichern und Marktanteile von asiatischen Konkurrenten zurückzugewinnen.

---

### **Forschungsziel**

Das Ziel von Variabel Tool ist die Substitution des maßgeschneiderten Werkzeugs durch ein formflexibles Werkzeugsystem für IBU-Prozesse. Dadurch werden Werkzeugmaterial, (Fertigungs-)Zeit und Ressourcen eingespart, was den höchsten Betrag der Kosten für ISF-Teile ergibt. Das vorgeschlagene flexible Werkzeugsystem zielt auf die folgenden Eigenschaften ab:

- Teilbezogene Aspekte: Das flexible Werkzeug soll geometrische Flexibilität, ausreichende Oberflächenqualität und einen hohen Detaillierungsgrad ermöglichen. Es sollte für mehrere Metalllegierungen anwendbar sein → der Schwerpunkt liegt auf Aluminium und Ziehstahl.
- Technologische Aspekte: Mit geeigneten CAM-Strategien soll ein gutes Zusammenwirken der Bewegung des Umformdorns (Maschinensteuerung) und des Gegenwerkzeuges erreicht werden. Der Vergleich mit „konventionellem IBU“ zeigt die Unterschiede in den erforderlichen Bahndesigns und Prozessparametern. Aus technologischer Sicht beabsichtigt Variable Tool, einen ausreichenden Know-how-Stand zu erreichen, der es zukünftigen Anwendern ermöglicht, den hier vorgestellten Ansatz auf ihren Fertigungsumgebungen anzuwenden.
- Ausstattungsbezogene Aspekte: Das vorgeschlagene variable Werkzeug soll die Integration in verschiedene Maschinentypen ermöglichen. Für das IBU und relevante Umgebungen werden modifizierte Fräsmaschinen, Roboterzellen oder maßgeschneiderte Umformmaschinen eingesetzt. Die Installation (mechanischer Einbau und Verbindung mit der Maschinensteuerung) sollte einfach sein und ein robuster Prozess muss gewährleistet sein.
- Wirtschaftliche Aspekte: Das flexible Werkzeugsystem sollte die Prozesszeiten deutlich reduzieren. Es sollte hohe Kosten für teilbezogene Werkzeuge oder Komponenten vermeiden. Darüber hinaus sollte es verschleißfest sein, um eine lange Werkzeugstandzeit und reproduzierbare Teilequalitäten zu gewährleisten.

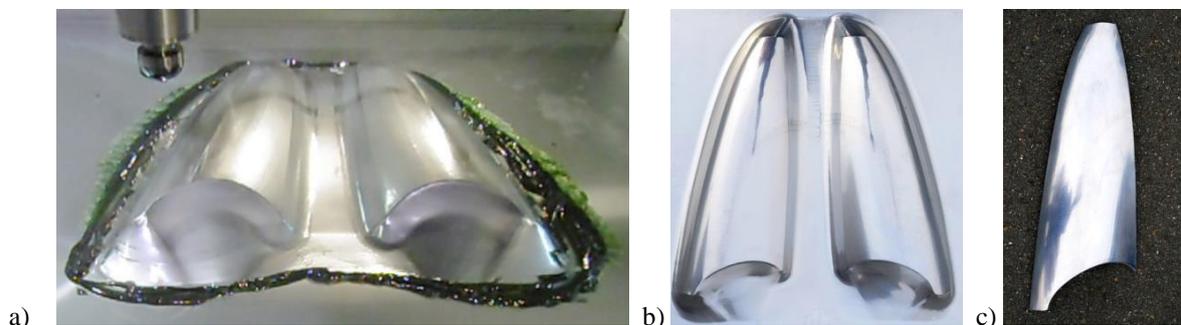
---

## **Vorgehensweise und Forschungsergebnisse**

Um die oben genannten Ziele zu erreichen, war eine detaillierte Analyse der vorhandenen Ausrüstung, des Umformprozesses und der Anforderungen an ein flexibles Werkzeugsystem erforderlich. Daher wurde ein kombinierter konstruktiver und experimenteller Ansatz geplant. Zunächst wurden mehrere Konzepte entwickelt und verglichen. Numerische Simulationen (Einsatz des NX-Programms mit dem verwendeten NX-Nastran-Solver) unterstützten die Wahl des besten Werkzeugkonzepts. Dieses Konzept wurde auf einen vollständig konstruierten (unter Verwendung von 3D SOLIDWORKS) Prototyp eines flexiblen Werkzeugsystems übertragen. Der Prototyp bestand aus der Hardware (einschließlich Steuereinheiten) und der Software, die eine Anbindung an bestehende Umformmaschinen ermöglicht. Um die Umformmaschine "Dynapod" des Fraunhofer IWU mit dem neuen Werkzeugsystem zu verbinden, wurde die Steuereinheit der Maschine angepasst und mit dem Demonstrator verbunden. Das Werkzeugsystem wurde in Liberec mit dem dort vorhandenen Maschinenpark (Fräsmaschinen DECKEL MAHO DMU 65, WHN/Q 13 CNC und DECKEL MAHO DMU 50) gefertigt und anschließend montiert und nach

Chemnitz transportiert. Hier wurden die Versuche auf mehreren Komplexitäts- und Anforderungsebenen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden für das Konsortium zusammengestellt und diskutiert. Anschließend wurden Optimierungsstrategien implementiert und angewendet. Als letzter Schritt erfolgte der Transfer des gesammelten Wissens in Empfehlungen für Anwendungen in KMU.

Variabel Tool orientierte sich an den Bedürfnissen der blechverarbeitenden Industrie. Insbesondere Prototyping, Derivate oder kleine und mittlere Losgrößen standen im Mittelpunkt des Forschungsprojektes. Um bestmöglich anwendbare Ergebnisse zu erzielen, konzentrierte sich Variabel Tool auf die Entwicklung eines formflexiblen Gegenwerkzeugs für ISF-Prozesse. Dadurch konnten Zeit und Ressourcen eingespart werden. Die gesamte Herstellung maßgeschneiderter Werkzeuge war nicht mehr erforderlich. Durch die Erprobung und Anwendung des Werkzeugsystems waren Demonstratoren aus dem Portfolio des Nutzerkomitees möglich. Diese Demonstrator Teile wurden entsprechend den Herausforderungen schrittweise in ihrer Komplexität erhöht. Dieser Ansatz bot den Entwicklern die industriell relevanten Herausforderungen und ermöglichte es den Mitgliedern des Nutzerkomitees, die Technologie in einem frühen Stadium an relevanten Fällen zu experimentieren und zu validieren (Abbildung 1). Die Arbeitspakete wurden um die für KMUs identifizierten industriellen Herausforderungen herum strukturiert (Abbildung 2). Industrielle Fälle, repräsentativ für Anwendungen in den Zielgruppen, leiteten die Entwicklungen und den Technologietransfer.



**Abbildung 1: a) Geklemmtes und geformtes Blech nach dem Umformprozess; b) Geformtes Blech nach dem Lösen der Klemmung und grobem Beschneiden; c) Linker hinterer Kotflügel nach dem Beschneiden und Bördeln**

Arbeitspaket 1 übersetzte die detaillierten Anforderungen aus der Industrie in ein scharfes Profil. Hier wurden die Bedürfnisse bezüglich Integration, Teilequalität und Effizienz (Ressourcen, Kosten) gesammelt, diskutiert und für die folgenden Arbeitspakete vorbereitet.

Arbeitspaket 2 verfolgte das Anforderungsprofil aus dem ersten Arbeitspaket. Mehrere Werkzeugkonzepte wurden definiert, diskutiert und optimiert. Diese Konzepte basierten zum einen auf bisherigen Lösungen aus anderen industriellen Anwendungen und waren

zum anderen völlig neue Varianten. Am Ende dieser Arbeit wurde das beste Konzept für die folgenden Schritte ausgewählt.

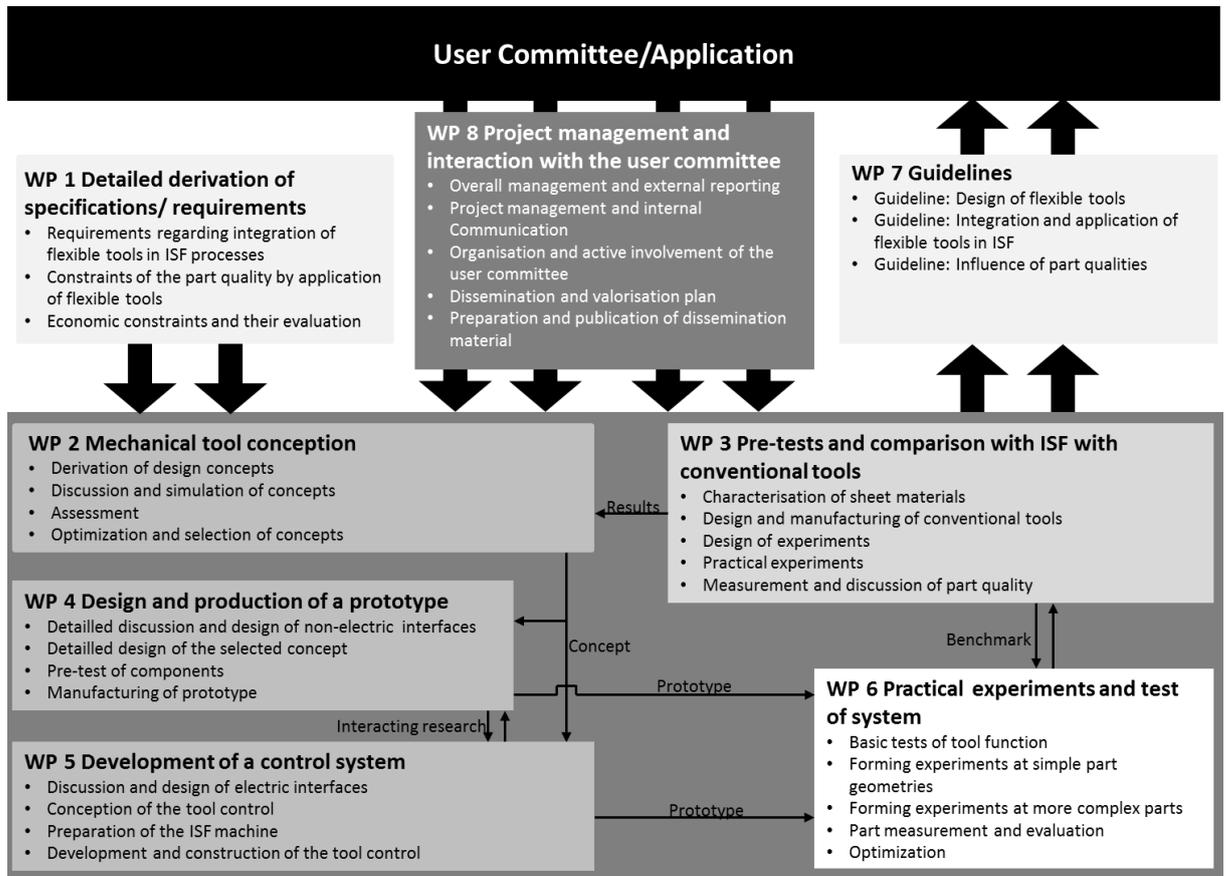


Abbildung 2: PERT-Chart von Variabel Tool

Arbeitspaket 3 sollte der Maßstab für das neue Werkzeugsystem sein. Hier wurde der Stand der Technik des ISF zur Bildung von Demonstrator-Geometrien angewendet werden. Dazu wurden die erforderlichen Werkzeugbahnen berechnet und ausgeführt. Für einen anschließenden Vergleich wurden die Formteile und Prozessparameter gemessen.

Arbeitspaket 4: Das ausgewählte Konzept aus Arbeitspaket 2 wurde detailliert, konstruiert und dokumentiert. In enger Zusammenarbeit mit Arbeitspaket 5 wurde der Demonstrator aufgebaut.

Arbeitspaket 5: Die Steuerung des neuen Werkzeugsystems in Verbindung mit der Umformmaschine und der Blechschließenheit wurde konstruiert und gebaut. Die bestehende Maschine "Dynapod" wurde modifiziert, um das flexible Werkzeugsystem zu integrieren.

Arbeitspaket 6: Das neue Werkzeugsystem wurde an mehreren Teilegeometrien (einfache und komplexe Formen) getestet. Die realisierten Teile wurden vermessen, Optimierungsstrategien implementiert und angewendet.

Arbeitspaket 7: Um die Ergebnisse bezüglich des Designs flexibler Werkzeuge, der Integration und Anwendung solcher Werkzeuge im ISF und deren Einfluss auf die Teilequalität auf die Industrie zu übertragen, wurden Empfehlungen für die Anwendung erarbeitet.

Arbeitspaket 8: Die Projektleitung stellte eine fokussierte und nutzerorientierte Arbeit sicher und half, die Ergebnisse in die Anwendung/Nutzung durch KMUs zu transferieren.

---

## Zusammenfassung

Ziel des Projekts war es, die Möglichkeiten des IBU mit variablem Gegenwerkzeug näher zu betrachten. Zu diesem Zweck sollten Konzepte verglichen, eine Variante umgesetzt und getestet werden.

In voller Übereinstimmung mit der Machbarkeitsstudie sollte das Funktionsmodell aus einer dreiachsigen Kinematik bestehen. Jede Achse wurde angetrieben und elektronisch gesteuert. Die Vorrichtung ist so ausgelegt, dass sie synchron mit einer oberen Formeinrichtung arbeitet und die erforderliche Gegenkraft aufbringt. Der obere Formkopf mit dem Drückdorn ist Bestandteil einer vorhandenen Werkzeugmaschine. Das Funktionsmuster des Gegenwerkzeugs wird synchron mit dem Blechspannrahmen und der Werkzeugmaschine gesteuert. Das Gegenwerkzeug verfügt über eine eigene NC-Steuerung, die das IBU ermöglicht und in den Sicherheitskreis integriert ist.

In Betriebsversuchen konnte die Funktionalität des Funktionsmusters und das Erreichen der definierten Sollparameter nachgewiesen werden. Darüber hinaus wurden Umformversuche mit dem neuen Konzept erfolgreich durchgeführt. Dazu wurde ein technologisches Verfahren entwickelt, um insbesondere den Programmstart und dessen Ende komplikationslos durchführen zu können. Die Vergleiche mit Single-Point-Incremental-Forming- und Two-Point-Incremental-Forming-Teilen zeigten die Funktionalität des gefundenen Ansatzes und seine Vor- und Nachteile.

Wie zu erwarten war, war die Qualität der mit variablen Gegenformen geformten Teile geringer als die der mit festen Gegenformen geformten Teile. Eine Optimierungsstrategie ist daher notwendig, um die Teilequalität zu erhöhen. Gleichzeitig bietet der gefundene Weg aber auch ein enormes Potenzial zur Umsetzung solcher Strategien und zur deutlichen Steigerung der Teilequalität. Mehrstufiges Umformen, selektives Gegenformen, Richten oder Kalibrieren sind Möglichkeiten, die jetzt denkbar sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Projektziele vollständig erreicht wurden. Darüber hinaus hat sich ein breites Spektrum an Möglichkeiten eröffnet, das IBU weiterzuentwickeln und andere technologische Operationen zu integrieren.

Dies gibt auch einen Ausblick auf die zukünftige Forschung:

- Optimierung des Umformprozesses (Strategieanpassungen für einen einmaligen Umformschritt)
- Durchführung weiterer Umformschritte (zur Verschiebung der Umformgrenzen)
- Integration weiterer Arbeitsgänge (Fügen, Wärmebehandlung, ...)

---

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, [www.fgw.de](http://www.fgw.de), angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie bei Herrn Weise unter 0371 / 5397 - 1218.

Literatur:

---

[1] Muller, P.; Gagliardi, D.; Caliandro, C.; Bohn, N. U.; Klitou, D.: A partial and fragile recovery – Annual Report on European SMEs 2013/2014. European Union, 2014. [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/performance-review/files/supporting-documents/2014/annual-report-smes-2014\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/performance-review/files/supporting-documents/2014/annual-report-smes-2014_en.pdf) (shown on 2015-08-25).

[2] N.N.: 2014 SBA Fact Sheet GERMANY. European commission, 2014. [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/performance-review/files/countries-sheets/2014/germany\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/performance-review/files/countries-sheets/2014/germany_en.pdf) (shown on 2015-08-26).

[3] Piller, F. T.: Mass Customization: A Strategy for Customer-Centric Enterprises. In Lyons, A. (editor): Customer-Driven Supply Chains: From Glass Pipelines to Open Innovation Networks, Springer, 2011.

[4] Franke, N.: Testing the Value of Customization: When Do Customers Really Prefer Products Tailored to Their Preferences. Journal of Marketing: September 2009, Vol. 73, No. 5, pp. 103-121.

[5] N.N.: Chris Anderson: The Long Tail. The future of entertainment is in the millions of niche markets at the shallow end of the bitstream. In: Wired Magazine. 12, Nr. 10, The Conde Nast Publications, New York Oktober 2004, ISSN 1059-1028, S. 170-177.