

Wirtschaftliche Herstellung von  
Prototypen und Kleinserien

---



Inkrementelle  
Blechumformung am  
Fraunhofer IWU

**Fertigteile in  
Rekordzeit**

FORM  
THE  
FUTURE



# Inkrementelle Blechumformung

## Inhalt

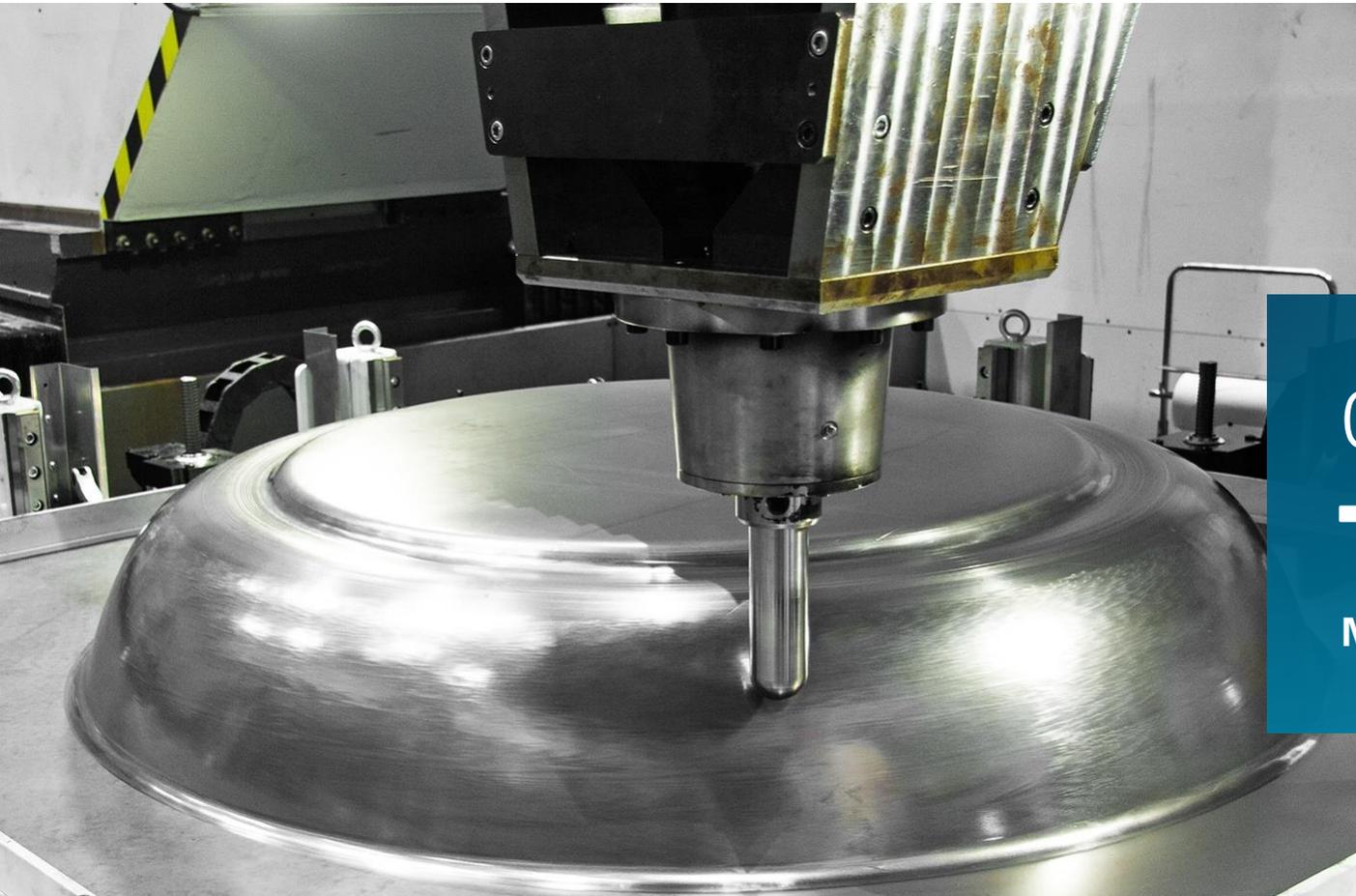
---

1. **Motivation und Anwendungsfelder**
2. **Verfahrensvarianten und Prozessparameter**
3. **Inkrementelle Blechumformung am Fraunhofer IWU**
4. **Technologiedemonstrator Silberhummel®**
5. **Beispielteile**



# Inkrementelle Blechumformung

Wirtschaftliche Herstellung von Prototypen und Kleinserien

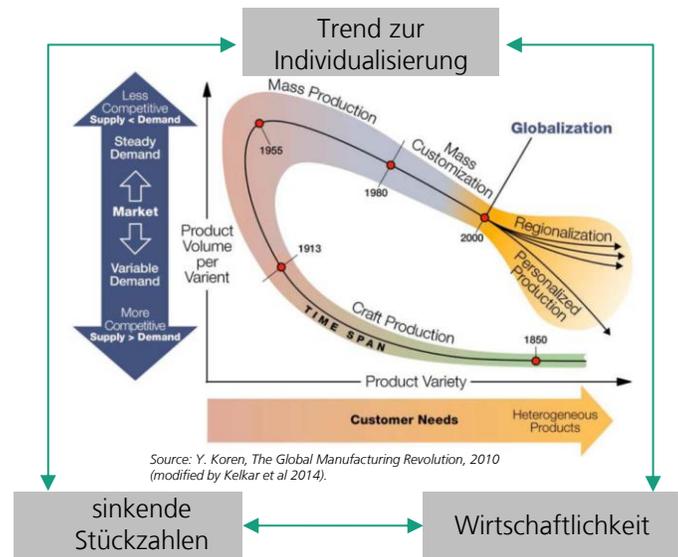


01

Motivation und Anwendungsfelder

# Inkrementelle Blechumformung

## Motivation und Verfahrensprinzip



### Herausforderungen an die Produktionstechnik

- Erhöhung der Flexibilität
- Senkung der bauteilspezifischen Produktionskosten

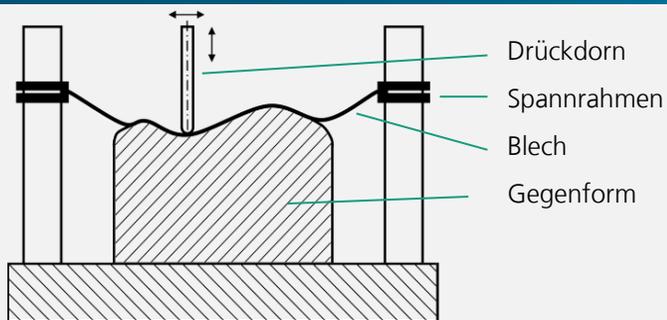
### Lösung

- schrittweise, kinematische Formerzeugung
- Werkzeuge mit minimalen Formspeichergrad

### Nutzen

- € geringe Werkzeugkosten
- ↔ hohe Flexibilität
- 📊 größere Umformgrade im Vergleich zum Tiefziehen

## Verfahrensprinzip



# Inkrementelle Blechumformung

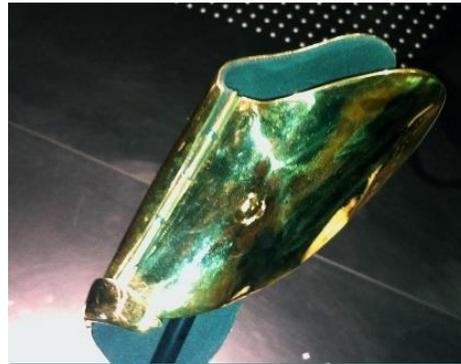
Potentielle Anwendungsfelder und Märkte



Architektur



Luxusfahrzeuge



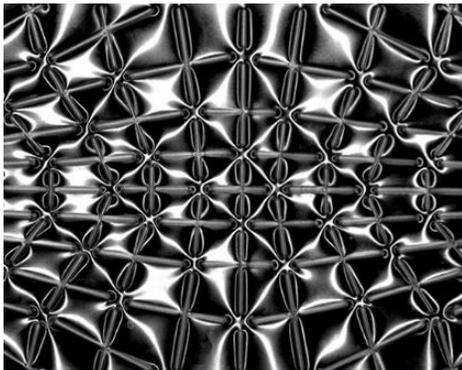
Medizintechnik



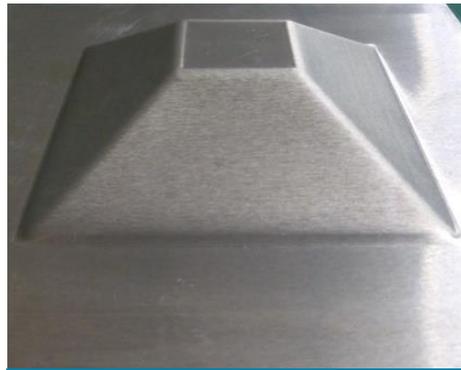
Haushaltsgeräte



Gehäusebauteile



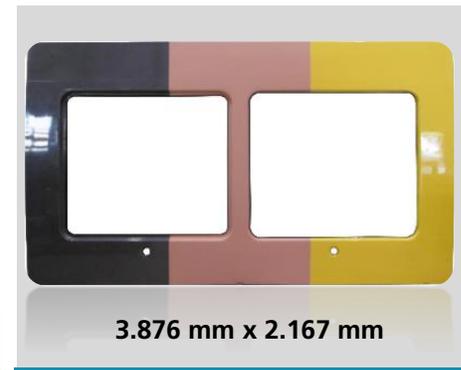
Kunst



Luft- und Raumfahrt



Beschilderung



3.876 mm x 2.167 mm

Transport



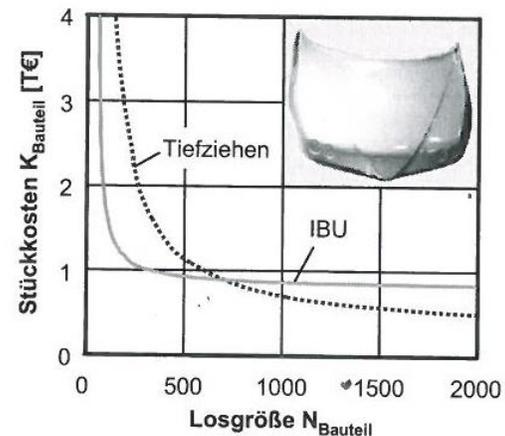
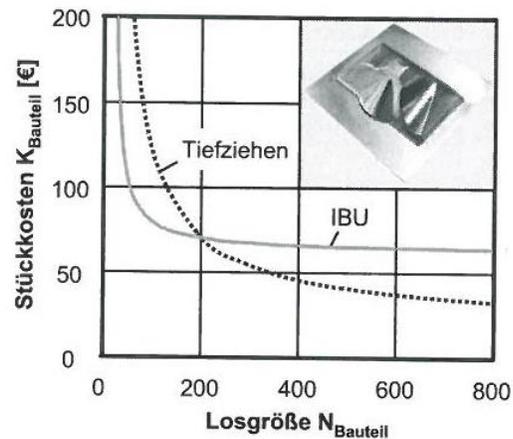
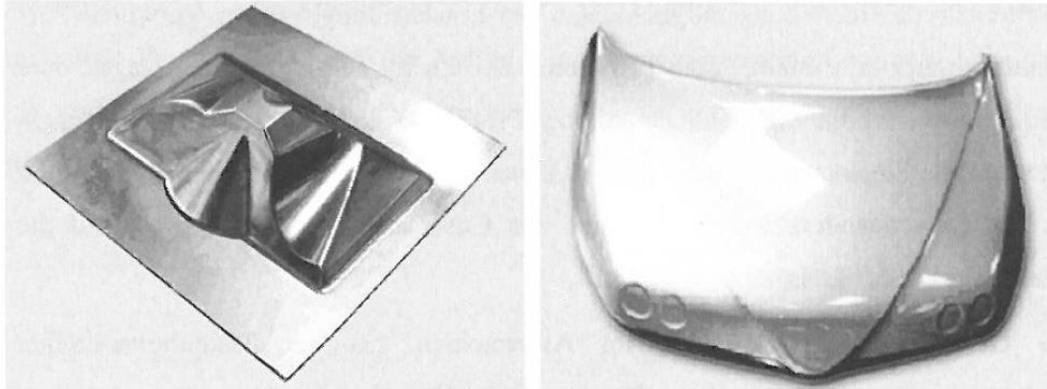
Wärmetauscher

Hinweis: Alle hier dargestellten Bauteile wurden am Fraunhofer IWU bzw. in Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft mittels IBU hergestellt.

# Inkrementelle Blechumformung

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung\*

\* [Ames, J.: Systematische Untersuchung des Werkstoffflusses bei der inkrementellen Blechumformung mit CNC-Werkzeugmaschinen. Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen, Dissertation, 2008.]

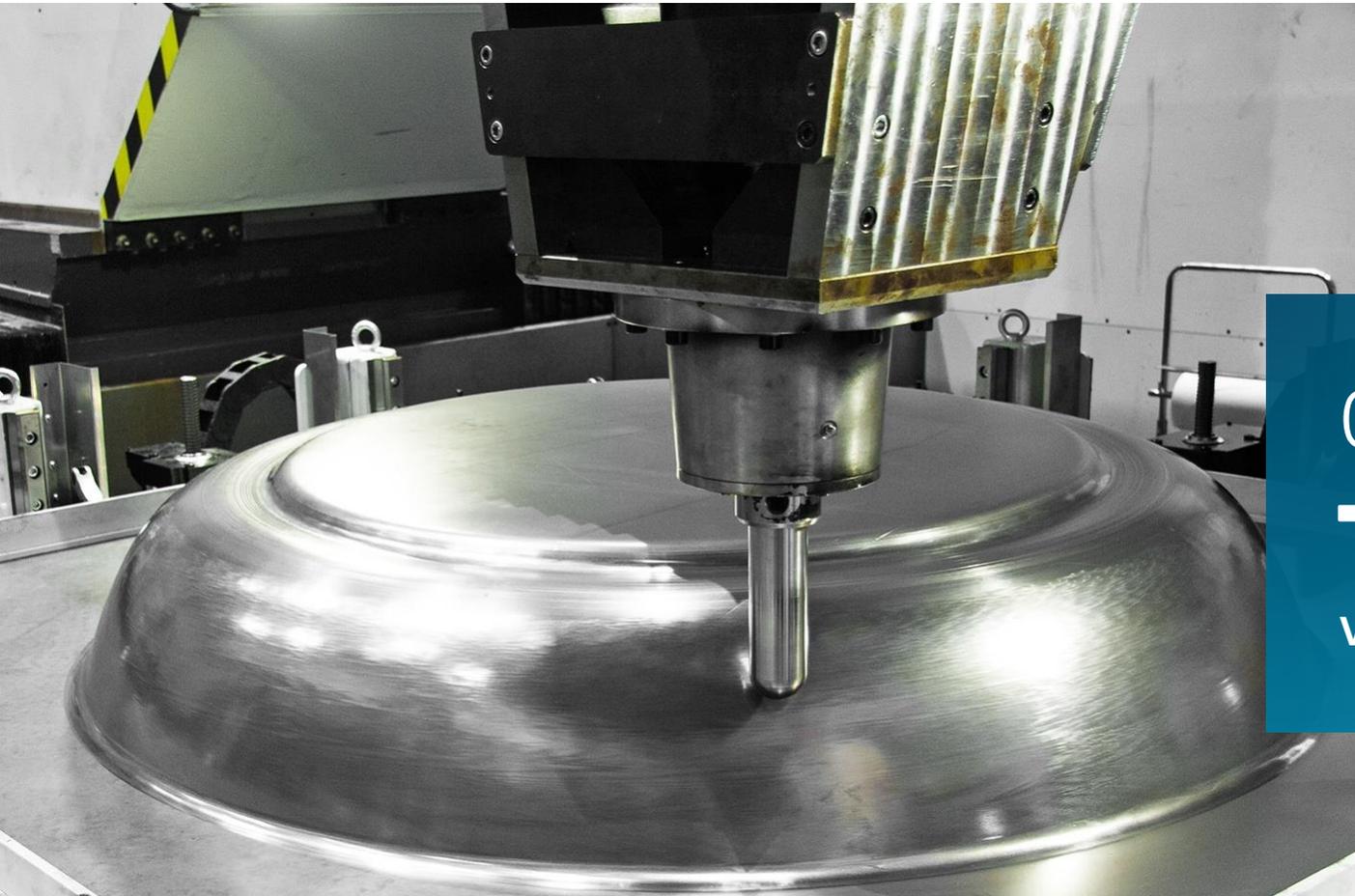


		Kleine Demonstrator-geometrie		Großflächiges Automotive-Bauteil		
		Tiefziehen	IBU	Tiefziehen	IBU	
Abmessungen	Bauteillänge $x_{Bauteil}$	m	0,45	1,80		
	Bauteilbreite $y_{Bauteil}$	m	0,27	2,00		
	Bauteilhöhe $z_{Bauteil}$	m	0,12	0,15		
	Bauteilfläche $A_{Platine}$	m <sup>2</sup>	0,13	3,60		
Produktionsdaten	Losgröße $n$	-	100	500		
	Horizontale Zustellung $\Delta h$	mm	-	0,1	-	0,2
	Länge des Umformkopfpfades $l_{Plad}$	m	-	1.250	-	18.000
	Umformkopfgeschwindigkeit $v_{Umformkopf}$	m/min	-	15	-	30
	Stückzeit $t_{Bauteil}$	-	2 sec	1,4 h	3 sec	10 h
$K_{Form}$	Bezogene Herstellkosten $K_{Herstell}$	€/kg	20			
	Komplexitätsfaktor $C_{Komplex}$	-	1,0	0,7	1,0	0,7
	Anzahl der Bearbeitungsstufen	-	2	1	2	1
	Gesamtkosten für Formwerkzeug $K_{Form}$	€	12.282	1.592	454.896	58.968
$K_{Blech}$	Anschaffungspreis Rohmaterial $K_{Material}$	€/kg	6,0			
	Gesamtkosten für Platinen $K_{Blech}$	€	570		84.240	
$K_{Anlieg}$	Maschinenstundensatz $K_{Stunde,Anlage}$	€/h	50	25	100	50
	Anlagenkosten $K_{Anlage}$	€	5,6	3.500	83,3	250.000
$K_{Personal}$	Personalstundensatz $K_{Stunde,Personal}$	€/h	20			
	Anzahl Bediener $N_{Personal}$	-	1	0,3	1	0,3
	Personalkosten $K_{Personal}$	€	2,2	2.800	16,7	100.000
	<b>Gesamtkosten <math>K_{Gesamt}</math></b>	€	<b>12.860</b>	<b>8.462</b>	<b>549.236</b>	<b>493.208</b>
	<b>Stückkosten <math>K_{Bauteil}</math></b>	€	<b>128,6</b>	<b>84,6</b>	<b>1098,5</b>	<b>986,4</b>

Beispielkalkulation der Stückkosten für die Benchmarkbauteile

# Inkrementelle Blechumformung

Wirtschaftliche Herstellung von Prototypen und Kleinserien



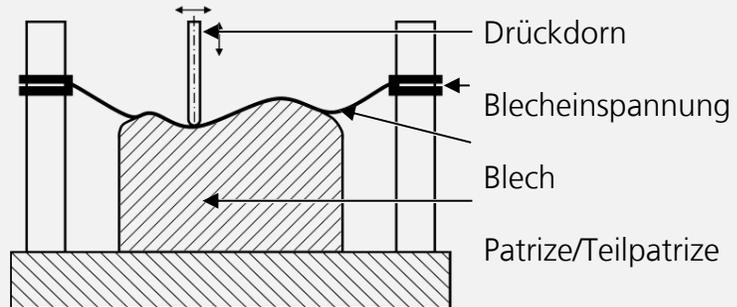
02

Verfahrensvarianten und Prozessparameter

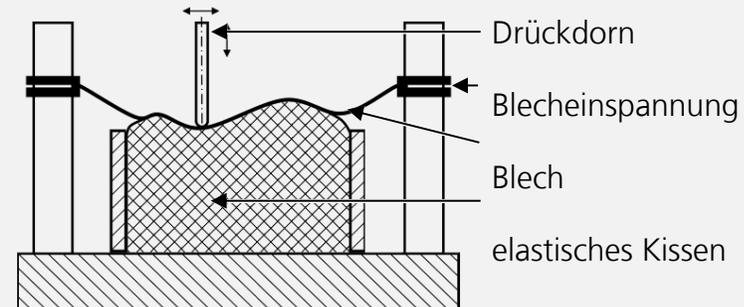
# Inkrementelle Blechumformung

## Verfahrensvarianten

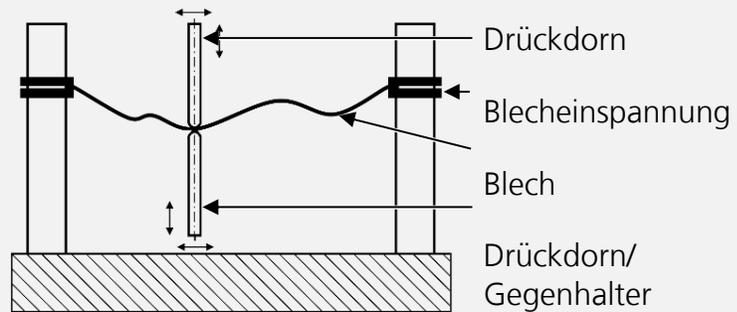
### Einsatz einer (Teil-)Patrize



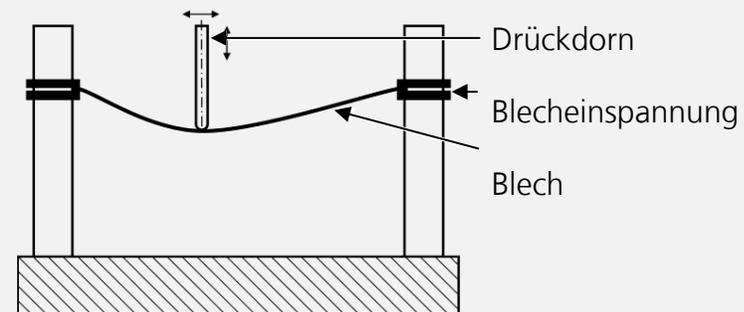
### Einsatz eines elastischen Kissens



### Einsatz eines zweiten Drückdorns

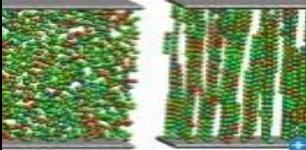
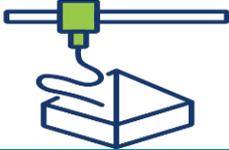
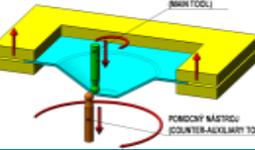


### Umformen ohne Gegenform



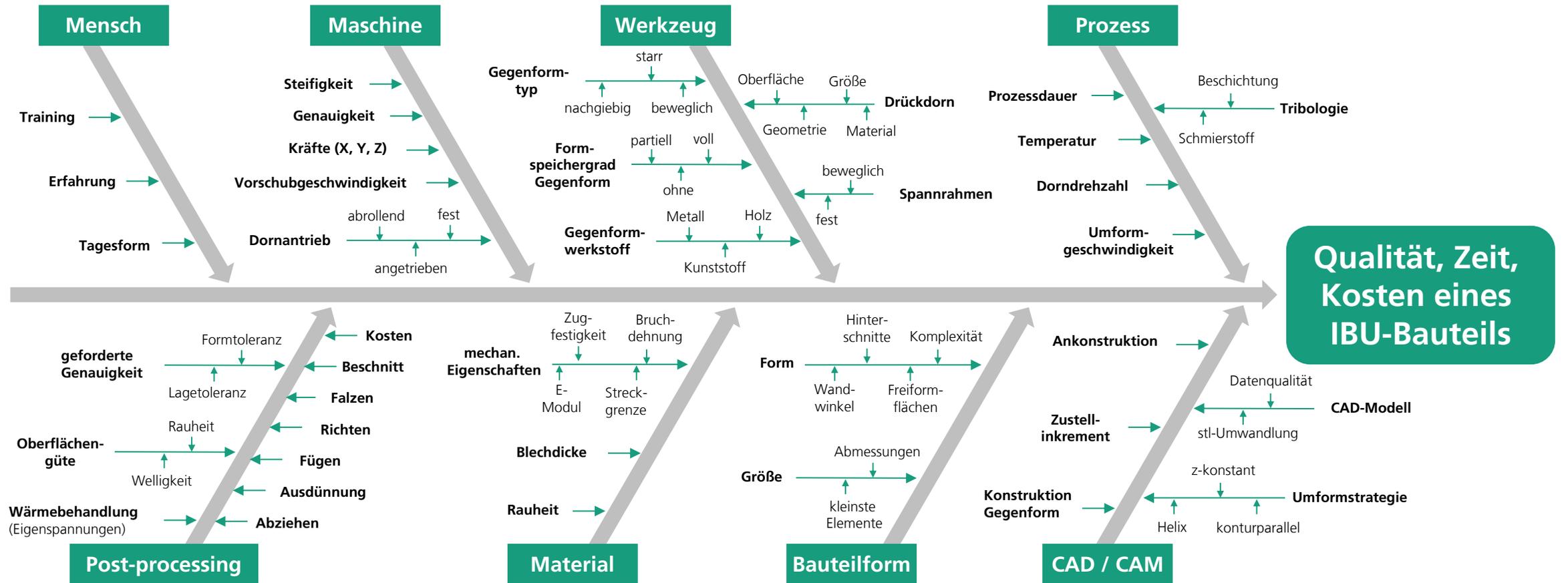
# Werkzeugkonzepte

## Vergleich unterschiedlicher Gegenwerkzeug-Konzepte

Variante / Eigenschaft	Elastomer	3D-Druck	Fräsen	Multipoint	Kinematik
					
Grad der Auflösung	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
Bauraumbedarf	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●
Oberflächenqualität am Umformteil	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●
Flexibilität	●●	●	●	●●●●	●●●●
Formspeichergrad	●●●●	●	●	●●●●	●●●●
Steuerungsaufwand	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●
Ressourceneffizienz	●●●●	●	●	●●●●	●●●●
Skalierbarkeit	●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●
<b>Summe</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>26</b>
<b>Ranking</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Punkte nach VDI 222 Blatt 3 - Eignung für IBU: ●●●●... sehr gut, ●●● ... gut, ●● ... befriedigend, ● ... gerade noch vertretbar, ○ ... unbefriedigend					

# Inkrementelle Blechumformung

## Prozessparameter und Einflussgrößen

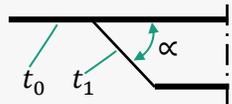


# Inkrementelle Blechumformung

## Prozessparameter und Einflussgrößen

### max. Wandwinkel

- Werkstoffabhängig, kann durch Verwendung einer mehrstufigen Strategie vergrößert werden
- nimmt mit zunehmender Werkzeug-Ø und Bahnabstand ab



$$t_1 = \cos \alpha \cdot t_0$$

$\alpha$ : Wandwinkel  
 $t_0$ : Ausgangsblechdicke  
 $t_1$ : Endblechdicke

### Umformgeschwindigkeit

- Umformgeschwindigkeit  $\uparrow \Rightarrow$  IBU  $\uparrow$  (thermische Effekte durch Reibung)
- einige Publikationen: Vorschub  $\downarrow$  + Dorndrehzahl  $\uparrow \Rightarrow$  IBU  $\uparrow$
- andere Publikationen mit Stahl: Dorndrehzahl  $\uparrow \Rightarrow$  IBU  $\downarrow$  (verursacht durch erhöhten Verschleiß)

### Tribologie

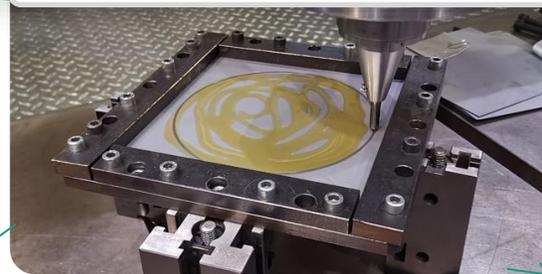
- Schmierung
- Werkzeugbeschichtung
- Bauteilbeschichtungen

### Werkzeuggröße und -geometrie

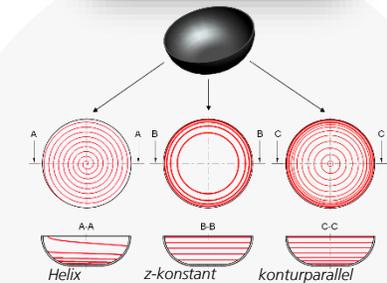


- Werkzeug-Ø  $\downarrow \Rightarrow$  IBU  $\uparrow$  (höhere Belastungen durch kleinere Umformzone führt zu besserer Umformbarkeit)
- Werkzeug-Ø  $\uparrow \Rightarrow$  Umformkraft  $\uparrow$
- Werkzeug-Ø  $\uparrow \Rightarrow$  gleichmäßigere Blechdickenverteilung

## Umformbarkeit (IBU<sub>U</sub>)

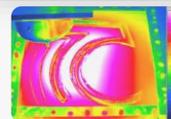


### Umformpfad



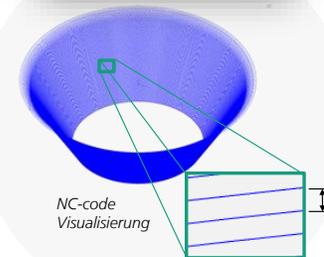
- Bahnplanung ähnlich dem Fräsen
- großer Einfluss auf die Blechdickenverteilung
  - spiralförmige Bahn erzeugt z. B. gleichmäßigere Dickenverteilung

### Temperatur



- $T \uparrow \Rightarrow$  IBU  $\uparrow$

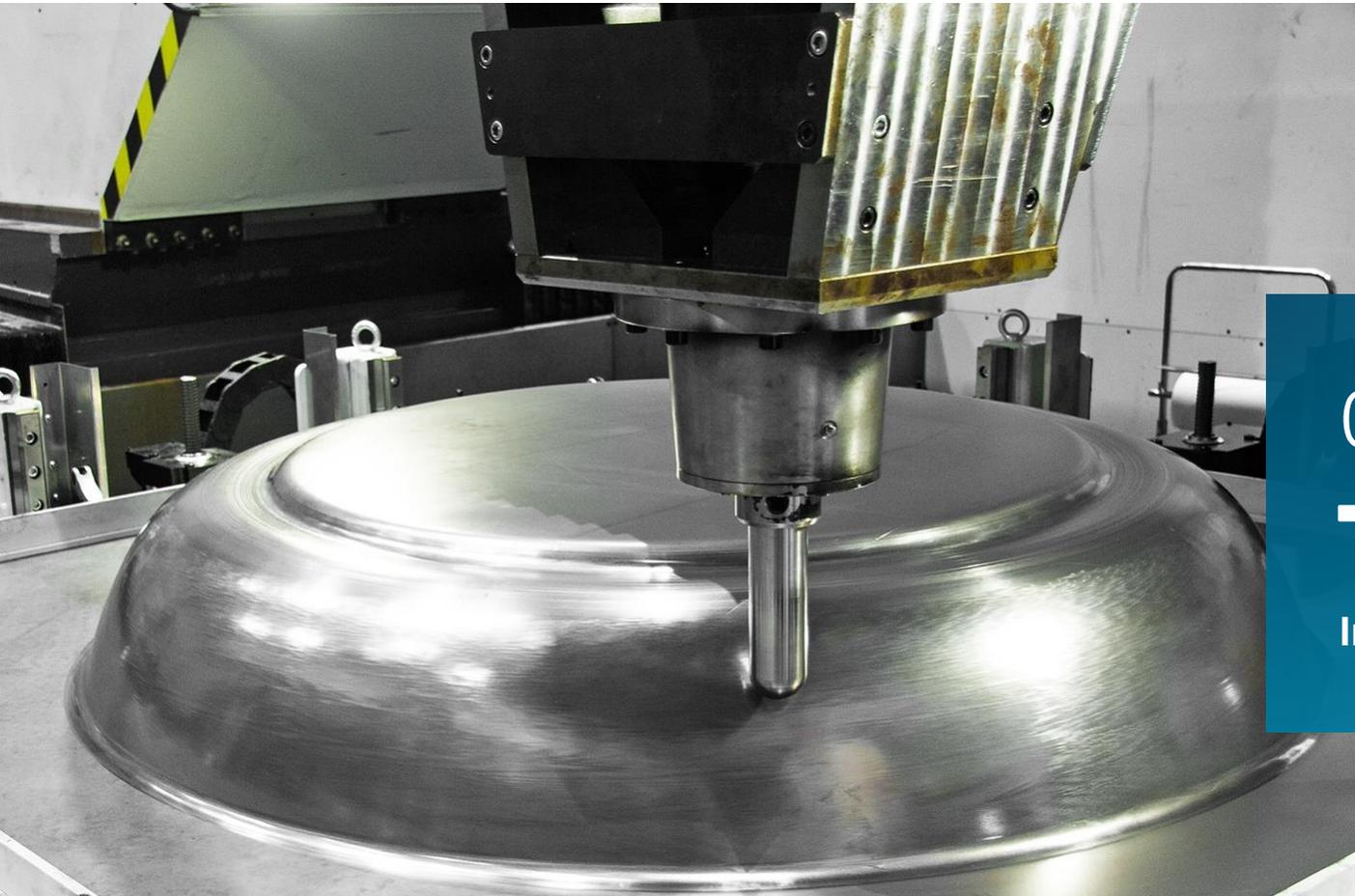
### Bahnabstand



- Bahnabstand  $\downarrow \Rightarrow$  IBU  $\uparrow$

# Inkrementelle Blechumformung

Wirtschaftliche Herstellung von Prototypen und Kleinserien



03

Inkrementelle Blechumformung am Fraunhofer IWU

# Inkrementelle Blechumformung

## Historie am Fraunhofer IWU

2004

2010

2015

2020

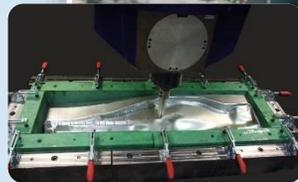
Über 15 Jahre Erfahrung in der inkrementellen Blechumformung



2004: Basisstudien unter Verwendung der Parallelkinematik-Fräsmaschine Mikromat 6X



2005: Erste Designstudien mit einer konventionellen Fräsmaschine



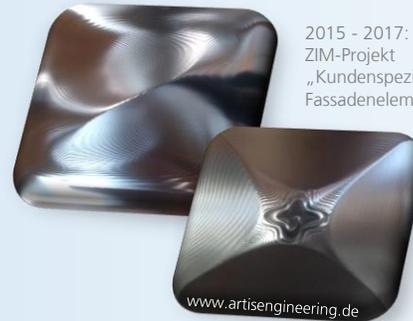
2008: Tiefziehen + IBU am Beispiel eines Pkw-Getriebeträgers



2008: Parameterstudie Motorhaube



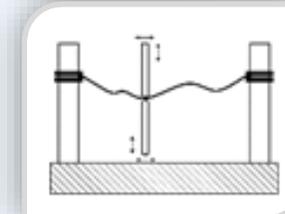
2010 – 2012: SAB-Projekt  
Windradgehäuse:  
Ø 1.500 mm



2015 - 2017:  
ZIM-Projekt  
„Kundenspezifische  
Fassadenelemente“  
[www.artisengineering.de](http://www.artisengineering.de)



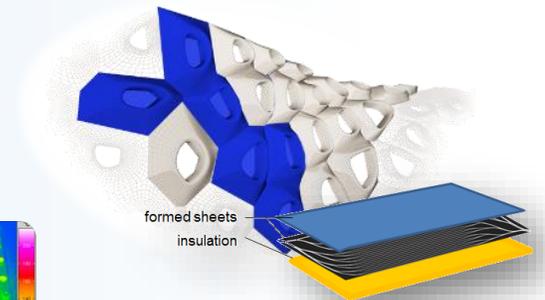
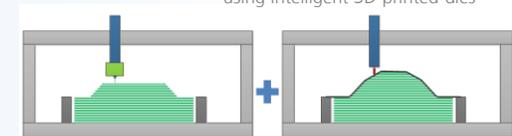
2014: Seitenwand einer Tram



2018 - 2020:  
CORNET-Projekt  
„Variable Tool“  
Geometry-variable tool for small series production

2021 - 2022:  
CORNET-Projekt  
„Rapid Sheet“

Rapid prototyping of sheet metal parts using intelligent 3D-printed dies



2020 - 2022:  
CORNET-Projekt „FutureFacade“  
Combination of individualised design and solar heat functionality

# Inkrementelle Blechumformung

Anlagentechnik am Fraunhofer IWU

## CNC-Portalmaschine in Gantry-Bauweise

### ▪ modularer und höhenverstellbarer Blech-Spannrahmen

- max. Blechabmessungen: 4.000 mm x 2.000 mm
- Ziehtiefen  $\leq 500$  mm



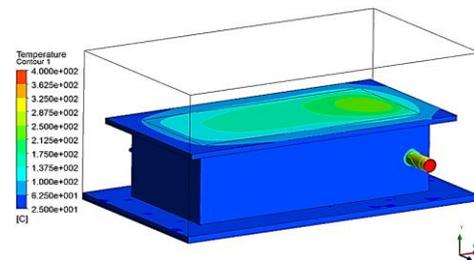
### ▪ variables Gegenwerkzeug

- max. Blechabmessungen: 2.000 mm x 2.000 mm
- Ziehtiefen  $\leq 270$  mm



### ▪ globale Bauteiltemperierung

- $\leq 250$  °C
- max. Blechabmessungen: 2.000 mm x 1.000 mm
- Ziehtiefen  $\leq 500$  mm



## Maschinenparameter

- Blechabmessungen:
  - 4.000 mm x 2.000 mm x 500 mm (kalt)
  - 2.000 mm x 1.000 mm x 500 mm (max. 250°C)
- Blechdicken:  $\leq 2.5$  mm (Stahl) |  $\leq 5$  mm (Alu)
- max. z-Kraft:  $F = 20$  kN
- max. Geschwindigkeit:  $v = 15$  m/min

# Inkrementelle Blechumformung

## Anlagentechnik am Fraunhofer IWU

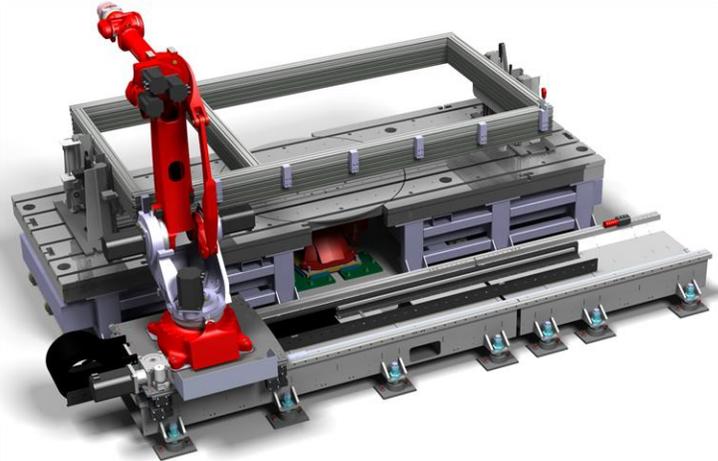
- deutschlandweites Kompetenzzentrum zur geometrieflexiblen Fertigung
- umformbare Blechabmessungen bis zu **4 m x 2 m** mit einer maximalen Blechdicke von **5 mm in Aluminium** und **2,5 mm in Stahl**

### Mini-IBU-Portal



- Arbeitsraum: ca. 2.000 mm x 1.000 mm x 200 mm
- max. Traglast: ca. 1,3 kN

### Robo-Forming-Zentrum



- Arbeitsraum: ca. 2.000 mm x 1.000 mm x 6.000 mm
- max. Traglast: ca. 2 kN
- **vorr. Verfügbarkeit: ab 10/2024**

### IBU-Portalbearbeitungszentrum



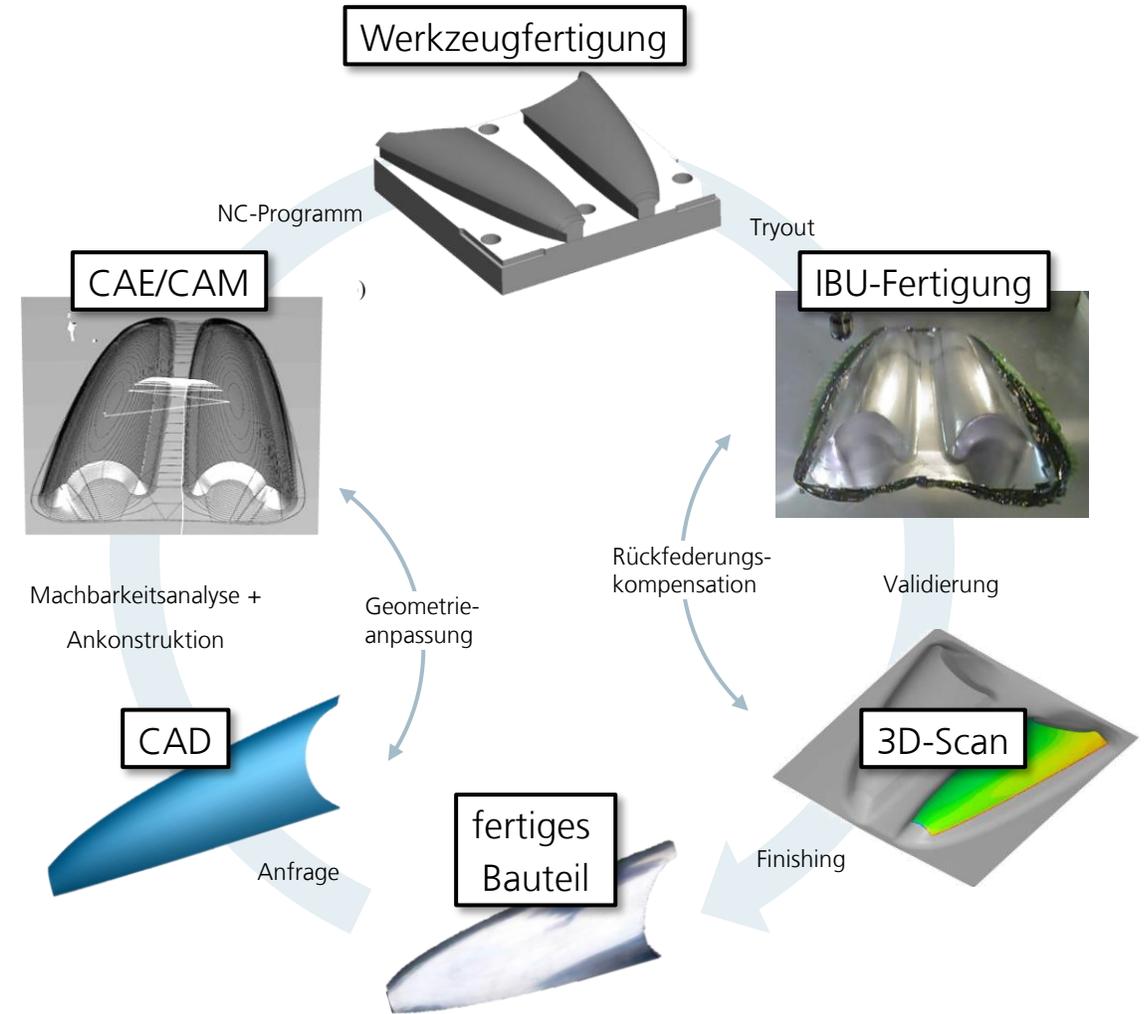
- Arbeitsraum: ca. 4.000 mm x 2.000 mm x 1.000 mm
- max. Drückkraft in z-Richtung: ca. 20 kN

# Inkrementelle Blechumformung

## Durchgängige CAx-Prozesskette

### Nutzung etablierter CAx-Prozessketten für den Werkzeugentstehungsprozess und zur Bauteilherstellung

- Unterstützung der Flexibilität und Agilität kinematischer Formgebungsprozesse
- Realisierung extrem kurzer Durchlaufzeiten vom CAD-Modell bis zum ersten Bauteil (1 Woche am Beispiel der Silberhummel)

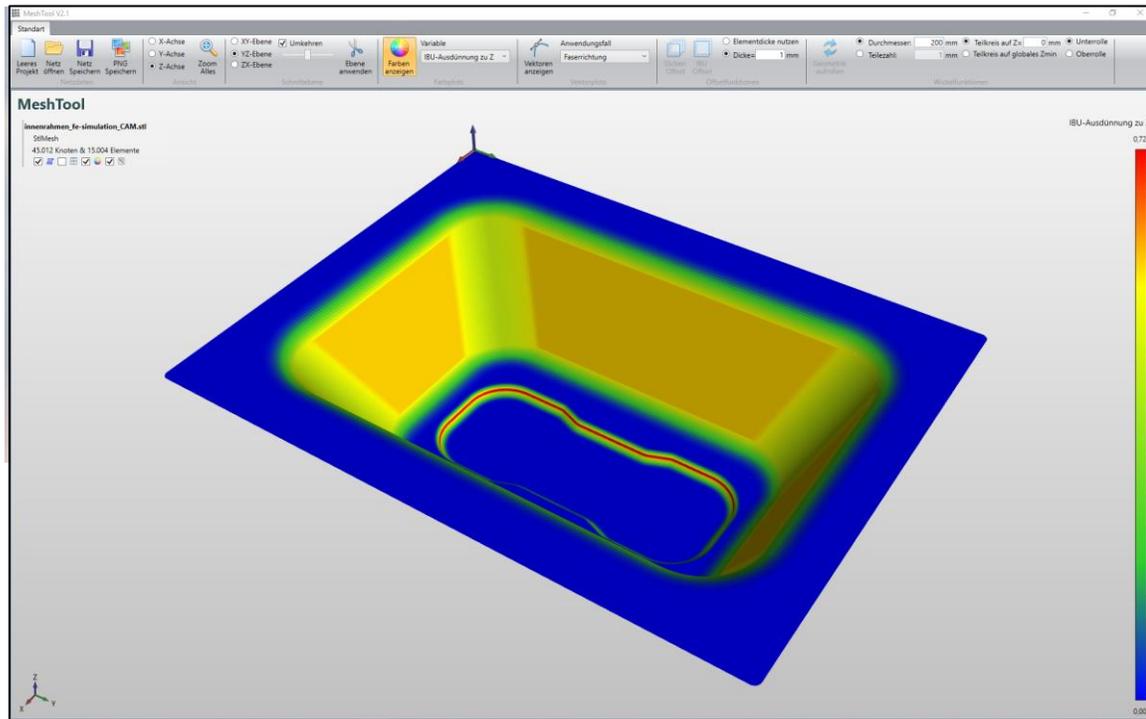


### Herausforderungen

- Kopplung CAD, CAM + CAE zur Vorhersage des „optimalen“ Umformpfades
- Rechenzeiten und Performance aktueller Simulationssoftware und Rechentechnik

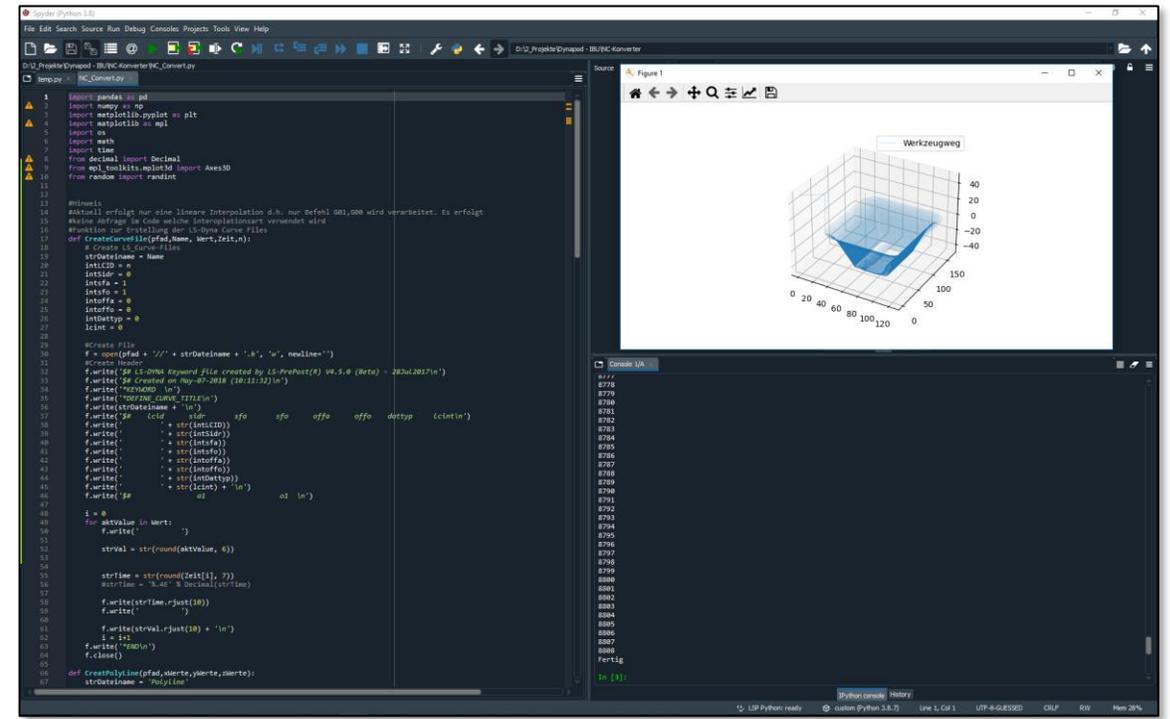
# Inkrementelle Blechumformung

## IBU-Software-Tools made by Fraunhofer IWU



### Visualisierungstool

Analyse der Blechdickenverteilung in Abhängigkeit von der Bauteilgeometrie



### Python-Tool

Kompilierung von CNC-Pfad-Daten in AutoForm und LS-Dyna lesbare Daten

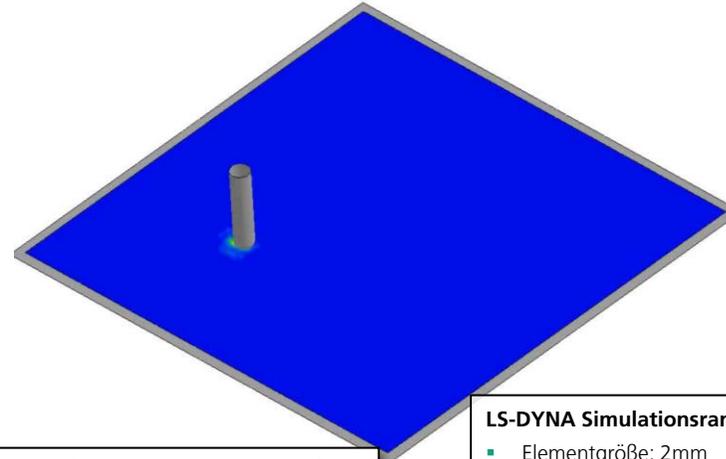
# Inkrementelle Blechumformung

## FE-Simulation



Simulation mit kommerziell verfügbarer FE-Software möglich (z. B. LS-DYNA, Abaqus, AutoForm-HemPlanner)

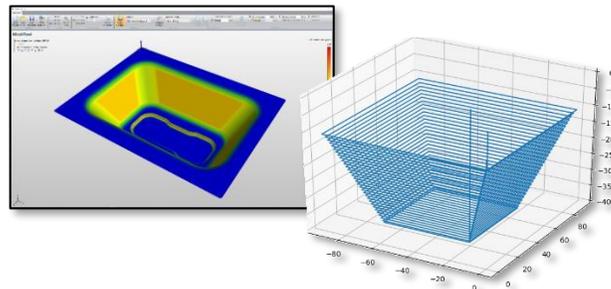
- Herausforderungen: Rechenzeiten + Versagensvorhersage
- zur Zeit: hauptsächlich empirische Planung des Umformpfades



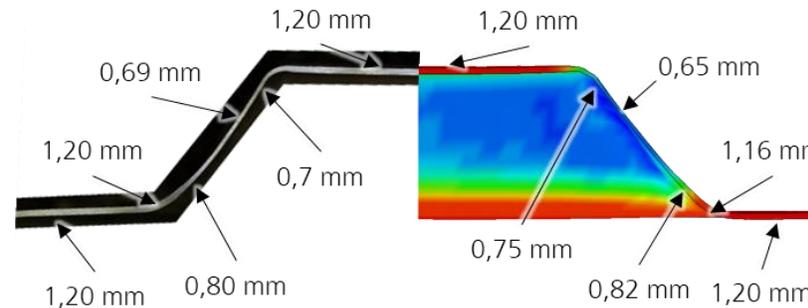
**Realprozess: 25 min**  
**Simulationszeit: 24 h**

### LS-DYNA Simulationsrandbedingungen

- Elementgröße: 2mm
- Materialmodell: MAT024;
- Werkzeuggeschwindigkeit  $\approx 2.5$  m/s
- Rechnung auf 24 Kernen



Fraunhofer IWU-Software-Tools zur analytischen Vorhersage der Blechausdünnung (links) und Python-Tool zur Kompilierung des Umformpfades (rechts)



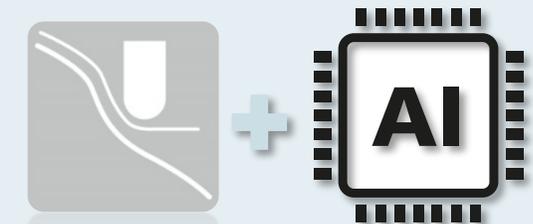
Vergleich der Blechausdünnung zwischen Experiment (links) und Simulation (rechts)

## Schwerpunkt aktueller Forschungsarbeiten

wissensbasierte Bahnplanung

Anwendung von künstlicher Intelligenz und Methoden des maschinellen Lernens

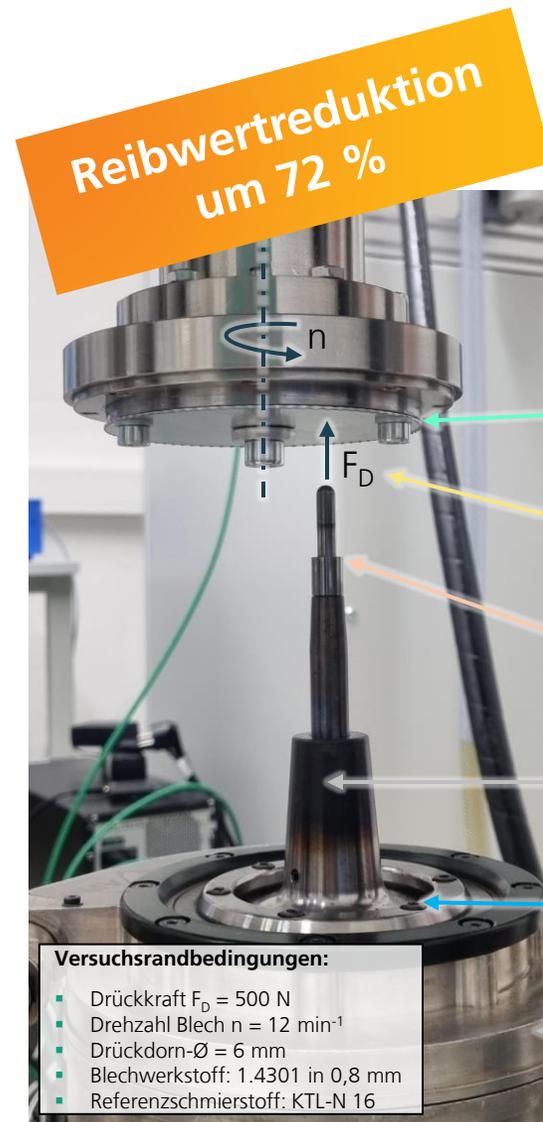
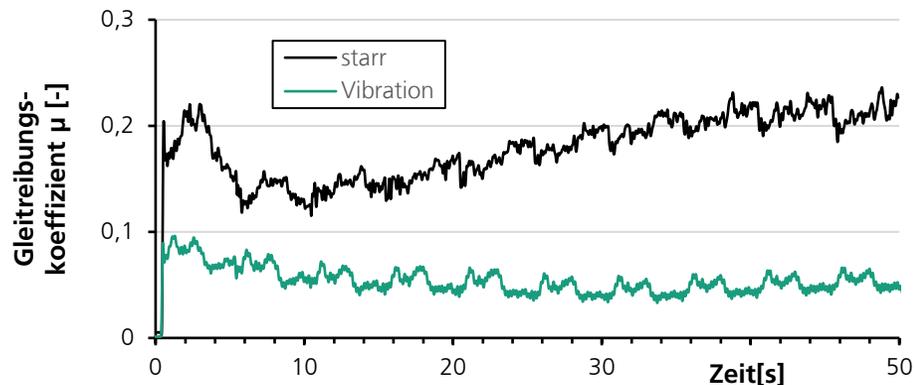
Einsatz von Hochleistungsrechentechnik



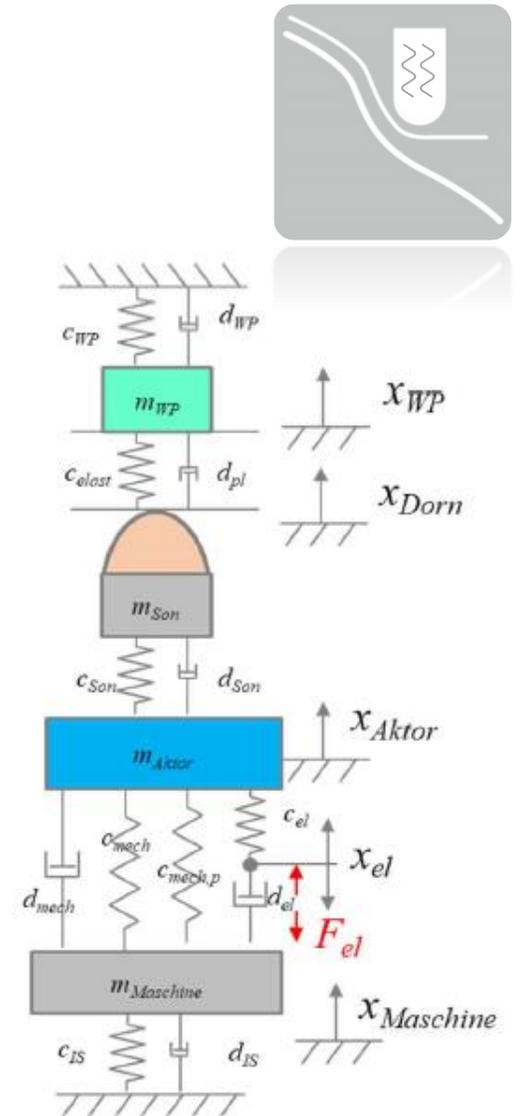
# Inkrementelle Blechumformung

## VibroForming

- Reduzierung von Umformkräfte und Verbesserung der Bauteilqualität (geringere Rückfederung) durch den Einsatz ultraschallunterstützter Umformwerkzeuge
- eigene Vorarbeiten und Patente zur Schwingungsaktorik im Bereich Zerspanung und Peening als Grundlage der Aktorentwicklung für die IBU
  - **Reibwertreduktion um 72 % bei 23 kHz** im Stift-Scheibe-Modellversuch
  - **nachhaltige Umformtechnik** durch den Einsatz von Vibrationsüberlagerung anstelle von Schmierstoffen als umweltfreundliche Methode zur Verringerung des Reibungskoeffizienten



Stift-Scheibe-Modellversuch mit angepasstem piezo-elektrischen Bohrwerkzeug



Modell der IBU-Vibrationseinheit mit Prozessstelle, Werkstück und Maschine

# Inkrementelle Blechumformung

Wirtschaftliche Herstellung von Prototypen und Kleinserien



04

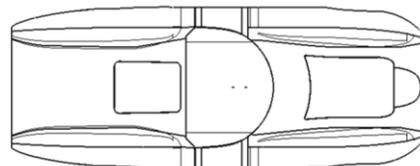
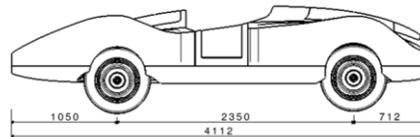
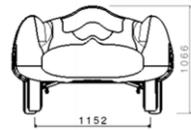
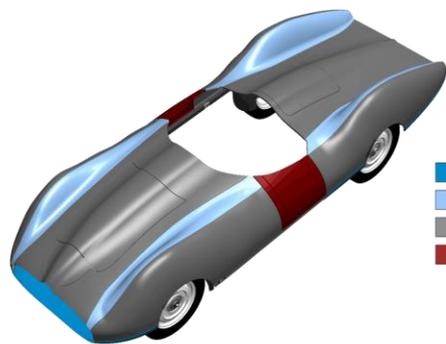
Technologiedemonstrator Silberhummel®

# Inkrementelle Blechumformung

Technologiedemonstrator Silberhummel®

## Rekonstruktion der Außenhaut eines Auto Union Rennwagens in Zusammenarbeit mit dem Fahrzeugmuseum Chemnitz

- kosteneffiziente und schnelle Umformtechnologie für kleine Stückzahlen
  - Durchlaufzeit vom CAD-Datensatz bis zum ersten Teil innerhalb 1 Woche



- IHU
- Tiefziehen
- Inkrementell
- Rollen



[www.silberhummel.de](http://www.silberhummel.de)

# Inkrementelle Blechumformung

## Technologiedemonstrator Silberhummel®

AutoBild Reportage 10/2020

**REPORTAGE**

# WIR FORMEN DIE ZUKUNFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist mit 74 Standorten und 28 000 Mitarbeitern eine der größten Forschungsanstalten des Landes. In Chemnitz erfinden die Ingenieure den Automobilbau neu

**S**CHÜSTERN WIRD JA nachgesagt, sie tragen die schlechtesten Schuhe. Manchmal lässt sich das auch auf Diplom-Ingenieure übertragen. Sören Scheffler forscht am Fraunhofer-Institut in Chemnitz gerade am Auto der Zukunft. Und führt was: „Einen zehn Jahre alten Verbrenner“, sagt Scheffler. Der müsse – trotz Batteriemobilität – auch noch etwas halten, zumindest bis moderne Brennstoffzellenantriebe breit verfügbar seien.

Scheffler ist einer von 670 Mitarbeitern des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik. Die großen Hallen hier in Chemnitz sind gewissermaßen verlängerte Werkbank der Autobauer. Wenn die ihre Produktion modernisieren wollen, lassen sie sich hier helfen. Beispiel: In Autofabriken stehen Roboter normalerweise aus Sicherheitsgründen in Käfigen. Hier in Chemnitz bringen die Forscher einen Roboter gerade bei, dass er einen menschlichen Kollegen erkennt – und ihn nicht mit seinem großen Greifarm aus Versehen umhaut. Das Ziel: Mensch und Maschine sollen zukünftig gemeinsam am Auto schrauben.

Schefflers größter Schatz steht allerdings im Keller: die „Silberhummel“.

**Mithilfe der Dorn-Technik lassen sich etwa Türen oder Kotflügel für Oldtimer formen**

**A** Mit diesem Dorn wird das Blech in die gewünschte Form gedrückt

**V**orlage für die „Silberhummel“ waren Konstruktionsschablonen der Auto Union aus den 1940er-Jahren

**I**nger Jens Sören Scheffler (52) zeigt die neueste Idee der Holzform, die er mit dem Dorn bearbeitet wurde

**D**urch die neue Technik lohnt die industrielle Automobilproduktion bereits ab Stückzahl 1

**S**ören Scheffler, Dipl.-Ingenieur

**A**ls erstes Projekt formten die Chemnitzer eine Straßenbahner-Seltenwand



Links die fertigen Kotflügel, rechts die Holzform, über die das Blech zuvor gelegt und dann mit dem Dorn bearbeitet wurde

hummel“. Ein Fahrzeug, das auf den ersten Blick sehr historisch aussieht – aber ein Innovations-träger ist. „Wenn die Autobauer heute ein Blechteil formen wollen, benötigen Sie dafür Werkzeugformen“, sagt Scheffler. Die werden in tiefe Pressen eingespant und bringen das Bauteil durch Druck in Form. Das Problem: Ein komplet eingearbeiteter Werkzeugsatz aus Guss kann locker 500 000 Euro und mehr kosten. Zu viel Geld, wenn man nur eine Kleinserie bauen möchte oder eine Ersatzmotorhaube für den geliebten Oldtimer benötigt.

Also haben Scheffler und seine Kollegen die inkrementelle Blechumformung erfunden. Klingt kompliziert, ist aber im Prinzip ganz simpel. Zuerst wird aus einem Holzblock die Form gefästä, die das Blech bekommen soll“, sagt Scheffler – siehe Foto oben. Dann wird ein gerades Blech darüber gespannt. Das anschließend ein Dorn Stück für Stück zurechtbiegt, bis es die endgültige Form hat. „Das lohnt sich bei Stückzahlen von 1 bis 500“, sagt Scheffler. Es sei nicht nur preiswerter, sondern gehe auch schneller. „In einem Fall haben wir am Freitag >>

„Durch die neue Technik lohnt die industrielle Automobilproduktion bereits ab Stückzahl 1“

Sören Scheffler, Dipl.-Ingenieur



Als erstes Projekt formten die Chemnitzer eine Straßenbahner-Seltenwand



**REPORTAGE**

Demnächst soll die „Silberhummel“ einen Wasserstoffantrieb erhalten. Bis dahin heißt es: schieben

**FRAUNHOFER: DIE MP3-ERFINDER**

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Stammsitz in München wurde 1949 gegründet. Ihre 28 000 Mitarbeiter betreiben „anwendungsorientierte Forschung“. Berühmteste Erfindung ist das MP3-Musikformat. Finanziert wird die Gesellschaft zu 30 Prozent vom Bund. Den Rest müssen die Forscher über Unternehmensaufträge oder öffentlich finanzierte Forschungsaufträge erwirtschaften.

>> das Holz besorgt – und am Dienstag das Blechteil geformt.“ Zuerst entstand auf diese Weise das Seitenteil einer Straßenbahn. „Aber das fand auf der Messe kaum Beachtung“, sagt Scheffler. Also schufen sie etwas Emotionaleres: einen Rennwagen der Auto Union aus den 1940er-Jahren, den es bislang nur auf Papier gab.

Heraus kam die „Silberhummel“. Vier Räder, Fahrwerk, Lenkrad, zwei Türen. Und vor allem: eine Karosserie, die ein simpler Dorn geformt hat.

In den kommenden Monaten wollen die Forscher ihrer „Silberhummel“ nun Flügel verleihen – in Form eines Brennstoffzellenantriebs. Diese auf Wasserstoff



Versuchspresse zum Umformen von Bipolarplatten für Brennstoffzellen

**JOSEPH VON FRAUNHOFER**

Namensgeber der Forschungsgesellschaft ist Joseph von Fraunhofer. Er wird 1787 als elftes Kind eines Glasermeisters in Straubing (Bayern) geboren, lernt Spiegel-schleifer, bildet sich weiter – und baut später Formrohre für Sternwarten (mit einem wird der Neptun entdeckt). 1822 ernannt ihn der Uni Erlangen zum Ehren-doktor. Und ein Jahr später, obwohl er keine akademische Ausbildung hat, wird Fraunhofer volles Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Er stirbt 1826 an Lungentuberkulose. Heute sind ein Mondkrater und ein Asteroid nach ihm benannt.



„Im kommenden Jahr wollen wir die Silberhummel mit Brennstoffzellenantrieb fahren.“

Sören Scheffler, Dipl.-Ingenieur

basierende Technologie fristet bekommen werden noch ein Nischen-dasein in Deutschland – nur knapp 100 Wasserstofftankstellen gibt es bundesweit. Und nur drei Serien-fahrzeuge: Toyota Mirai, Hyundai Nexo, Mercedes GLC F-Cell.

Demnächst könnte also die „Silberhummel“ dazukommen. Zwar als Einzelstück, aber immerhin. Die Fraunhofer-Forscher sind sich sicher, dass Brennstoffzellen bald problemlos in Großserie gefertigt werden können – unter anderem durch eine Schrumpfkur. Scheffler: „Wir erforschen, wie wir die konventionellen Grafit-Bipolarplatten durch dünne Metallfolien ersetzen können.“ Aha.

Wenn alles klappt, wollen die Chemnitzer Forscher ihren Innovations-Oldtimer im kommenden Jahr fahren lassen. Bis dahin muss Scheffler allerdings noch viele, viele lange Tage ins Büro kommen. Wie eigentlich, Herr Scheffler? „Mit dem Fahrrad, ich hab zugenommen.“



Sören Scheffler und Jens Unger (50) in der „Silberhummel“

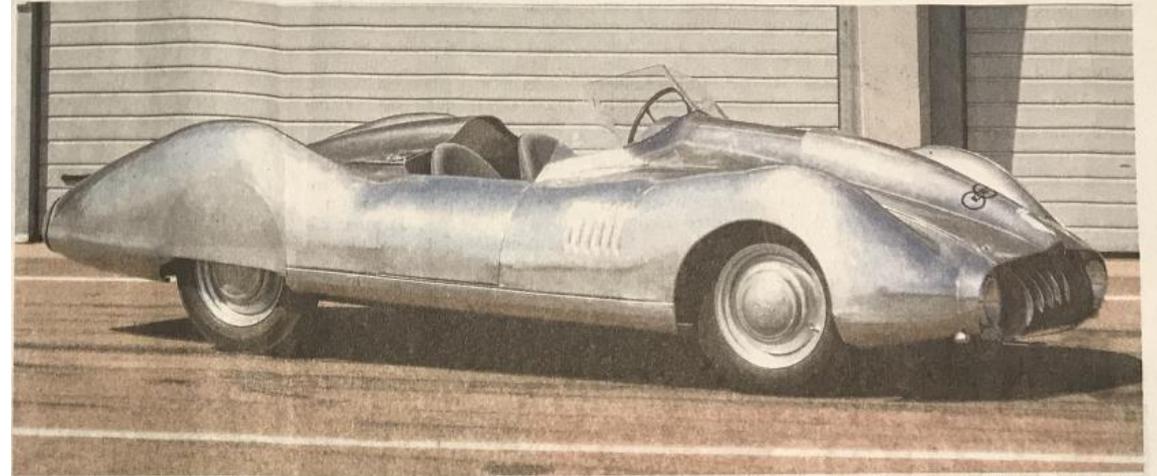
# Inkrementelle Blechumformung

Technologiedemonstrator Silberhummel®

Fahrzeugmuseum Chemnitz / Freie Presse



## Der letzte Auto-Union-Sportwagen rollt.



Der von Frieder Bach gebaute DKW-F9-Sportwagen kurz nach seiner Fertigstellung beim Fototermin auf dem Sachsenring. Der zweiseitige Roadster wird von einem Dreizylinder-Zweitaktmotor mit 28 PS angetrieben.

FOTO: FRIEDER BACH



Frieder Bach mit der Kopie der Zeichnung aus dem Jahr 1940, die Grundlage für den Bau des DKW-F9-Sportwagens war.

FOTO: GEORG LILRICH DOSTMANN/ARCHIV



Frieder Bach vor seiner Garage, in der sein Sohn Thorsten und er das Auto montiert haben, am Lenkrad des Sportwagens.

FOTO: ANDREAS EICHLER

# Inkrementelle Blechumformung

Technologiedemonstrator Silberhummel®



## Inkrementelle Blechumformung Strategie für kleine und mittlere Stückzahlen

Ihr Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Dieter Weise  
Telefon +49 371 5397-1218  
Fax +49 371 5397-6-1218  
[dieter.weise@iwu.fraunhofer.de](mailto:dieter.weise@iwu.fraunhofer.de)

Umformprozess des hinteren Kotflügels der „Silberhummel“

# Inkrementelle Blechumformung

## Grafik-3D-Fassade



05

Architekturdemostrator „Grafik-3D-Fassade“

© Copyright



# Inkrementelle Blechumformung

Architekturdemonstrator „Grafik-3D-Fassade“

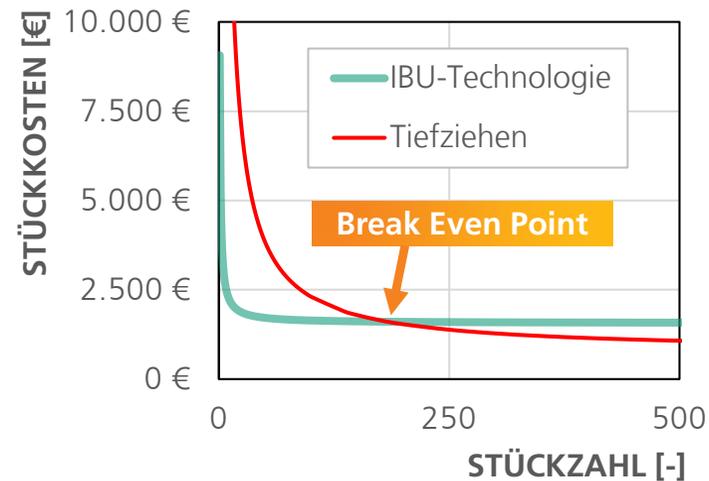
Dreidimensionale, farbige Fassadenelemente aus Metall erweitern Gestaltungsmöglichkeiten für Architekten

- Kombination umformstabiler Großformat-Tintenstrahldruck + individuelle Formgebung mit IBU



Grafikfassade bestehend aus Einzelementen à 2,2 m x 1,5 m

bis zu einer Stückzahl von 183 Stück ist der Einsatz inkrementeller Formgebung wirtschaftlich als Tiefziehen



Jetzt wird es bunt!



# Inkrementelle Blechumformung

Wirtschaftliche Herstellung von Prototypen und Kleinserien



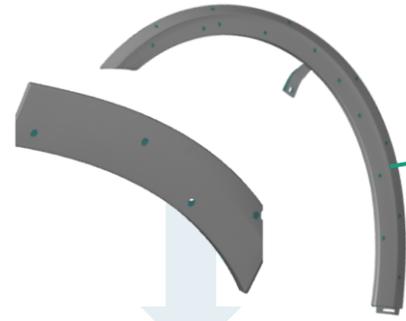
06

Beispielteile

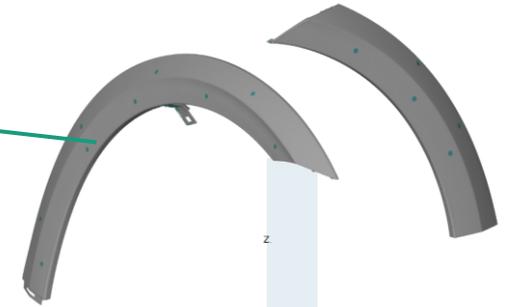
# Inkrementelle Blechumformung

Beispielteile – Radhausverbreiterungen Porsche Dakar

Reverse Engineering



Reverse Engineering

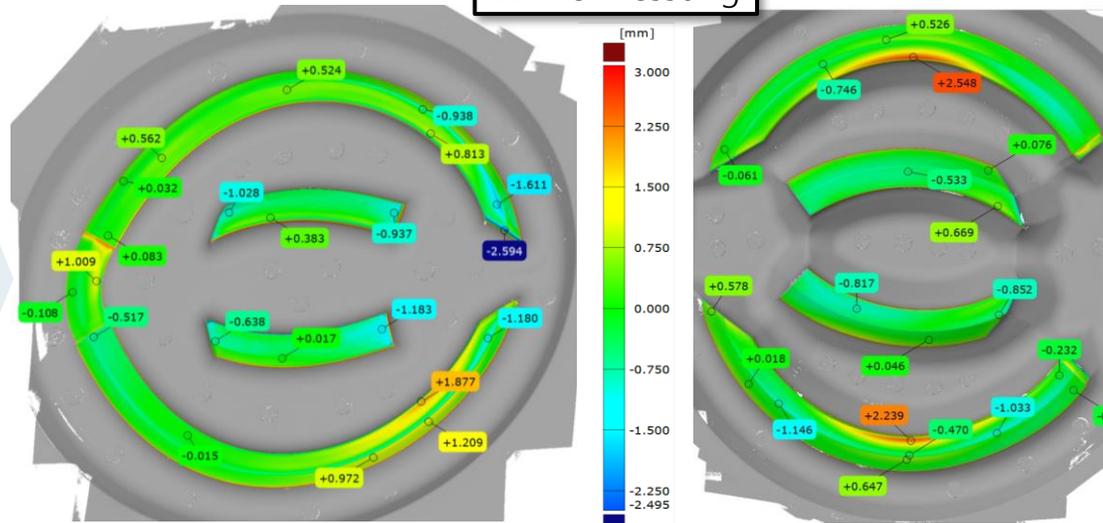


IBU-Fertigung



Komplettsatz (links + rechts)

3D-Vermessung



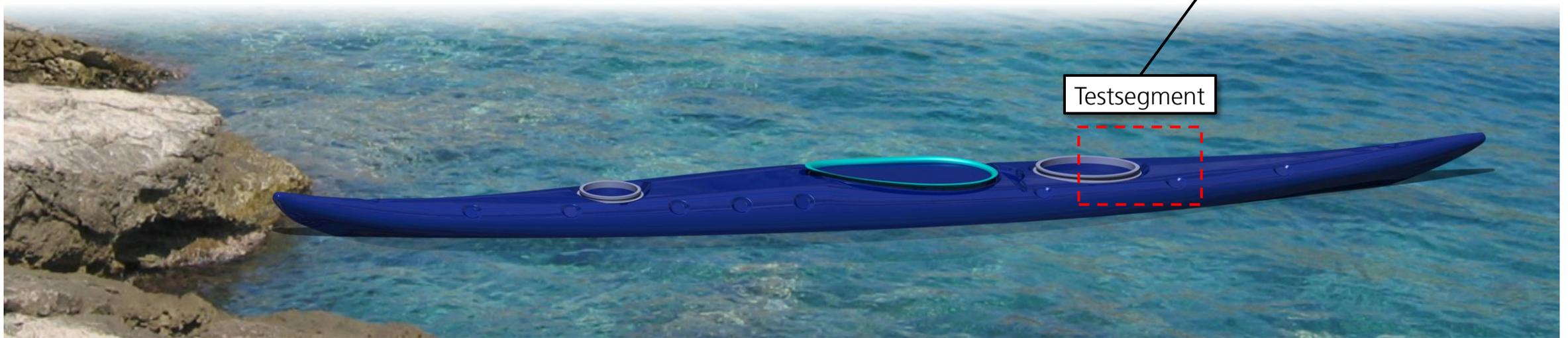
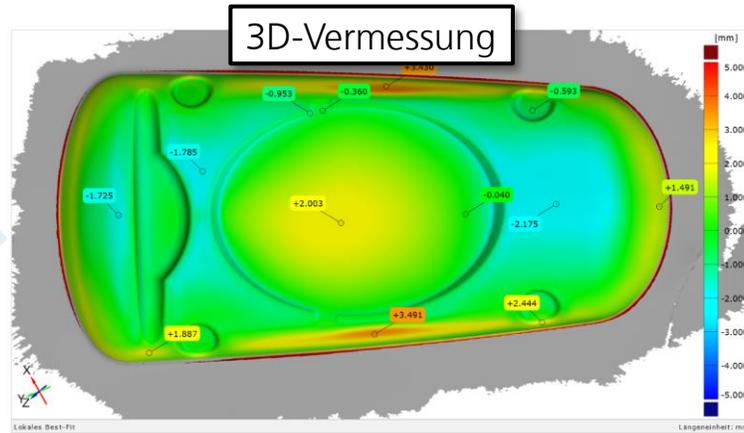
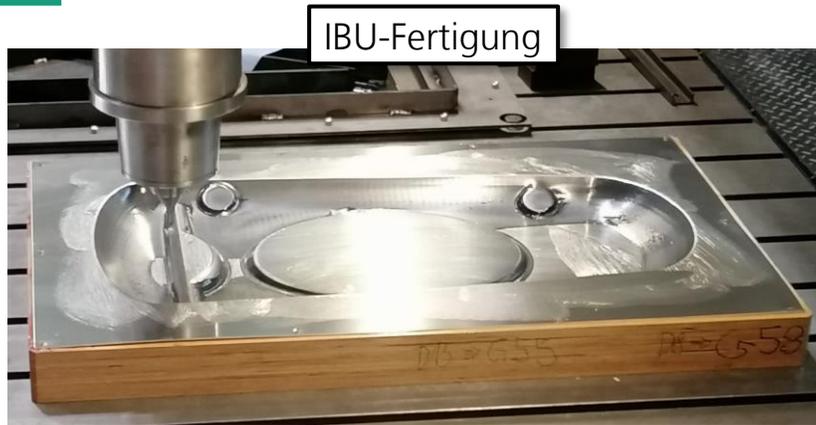
IBU-Fertigung



Komplettsatz (links + rechts)

# Inkrementelle Blechumformung

## Beispielteile – Laminierform Kajaksegment



# Inkrementelle Blechumformung

## Beispielteile



**Schaukel**

EN AW-6014,  $t_0 = 1,2$  mm



**Fraunhofer-Logo**

CuZnB7 E30,  $t_0 = 1$  mm



**Lampe**

DX56,  $t_0 = 0,8$  mm



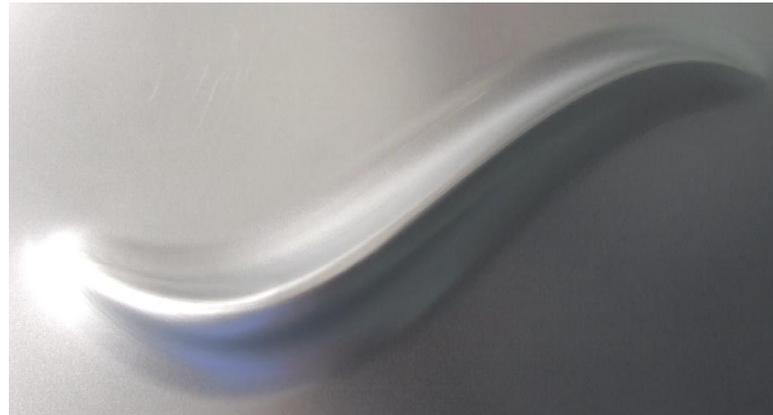
**Stern**

Ti Grade 1,  $t_0 = 0,6$  mm



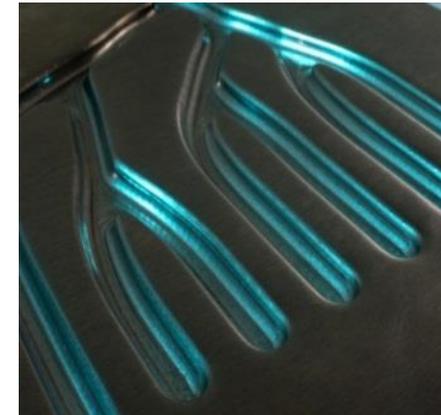
**Stilisierte Zahl**

EN AW-5182,  $t_0 = 1,2$  mm



**Sicke**

DC04,  $t_0 = 0,7$  mm



**Kanalstruktur**

EN AW-5182,  $t_0 = 1,0$  mm

# Inkrementelle Blechumformung

## Beispielteile



**Schale**  
DX54,  $t_0 = 0.6 \text{ mm}$



**Pyramidenstumpf**  
AZ31,  $t_0 = 1.2 \text{ mm}$



**Wärmetauscher**  
Kupfer,  $t_0 = 0.3 \text{ mm}$



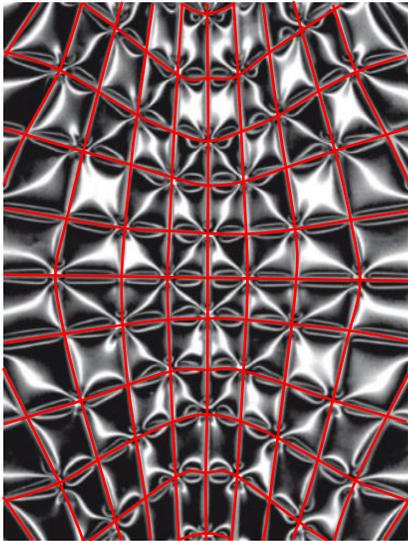
**Laminierform**  
EN AW-1050,  $t_0 = 1,0 \text{ mm}$



**Balken**  
Litecore,  $t_0 = 1.5 \text{ mm}$

# Inkrementelle Blechumformung

## Beispielteile



**Dekorative Struktur**  
EN AW-6014,  $s_0 = 1,2$  mm



**Lautsprechergehäuse**



**Stuhl**  
EN AW-6014,  $s_0 = 1,0$  mm



**Pokal**  
DX56,  $s_0 = 0,8$  mm

# Inkrementelle Blechumformung

## Beispielteile



**Rahmen Dunstabzugshaube**  
DX54,  $t_0 = 1,0$  mm



**Firmenlogo**  
DC06,  $t_0 = 1,0$  mm



**Sickenblech 2.500 mmx 1.500 mm**  
DC01,  $t_0 = 1,5$  mm



**Garraummantel**  
DC03/04 ED,  $t = 0,5$  mm



**Abdeckklappe**  
DC01,  $t_0 = 3,0$  mm



**Lüfterkasten**  
DC01,  $t_0 = 1,0$  mm

# Inkrementelle Blechumformung

## Beispielteile



**Werbeschild e-charging station**  
**1.300 mm x 250 mm**

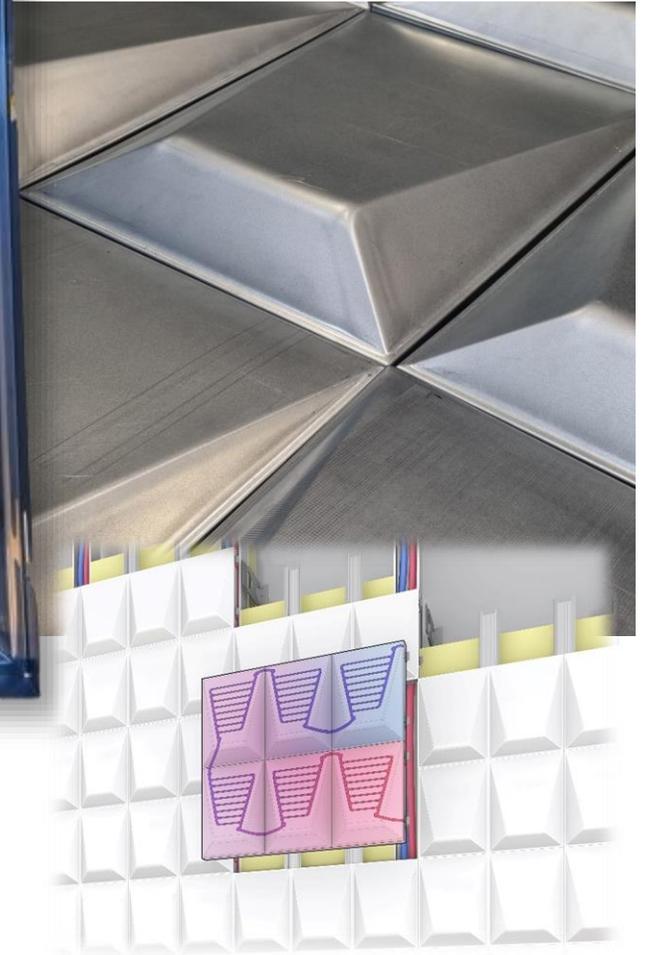
EN AW-1050,  $t_0 = 1,0$  mm



**Freiform Fassadenelement mit  
solarthermischer Funktionalität**

**500 mm x 400 mm (skaliert)**

DX54,  $t_0 = 0,8$  mm



# Kontakt

---

**M. Sc. Peter Scholz**  
Geschäftsbereich Umformtechnik  
Tel. +49 371 5397-1253  
Fax +49 371 5397-6-1253  
[peter.scholz@iwu.fraunhofer.de](mailto:peter.scholz@iwu.fraunhofer.de)

---

**Dipl. Ing. Dieter Weise**  
Geschäftsbereich Umformtechnik  
Tel. +49 371 5397-1218  
Fax +49 371 5397-6-1218  
[dieter.weise@iwu.fraunhofer.de](mailto:dieter.weise@iwu.fraunhofer.de)



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

---