
HERAUSFORDERUNGEN FÜR EINEN DIGITALEN WERKZEUG- UND FORMENBAU

Frank Schieck



Zukunftswerkstatt digitaler Werkzeug- und Formenbau,
Fraunhofer IWU, 12. Januar 2017

Verantwortung des Werkzeug- und Formenbaus

„Mit der Auftragsannahme für die Herstellung eines Umformwerkzeuges übernimmt der Werkzeugbauer (i.d.R.) auch die umformtechnische Verantwortung, d.h. er zeichnet **verantwortlich für die qualitätsgerechte Serienfertigung der Bauteile.**“



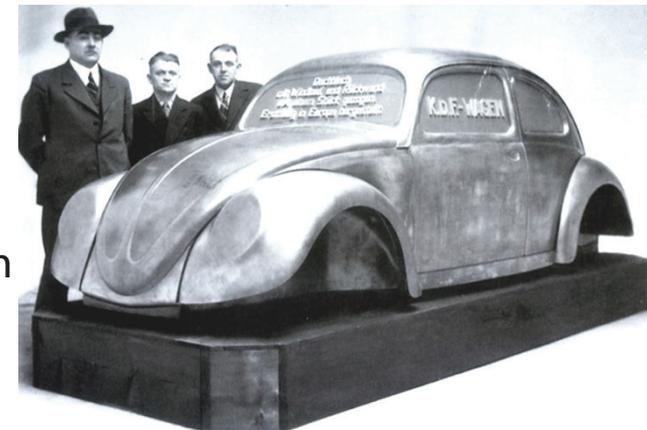
Bildquelle: Audi

Tradition des Werkzeugbaus in Sachsen

- um 1870 erste Umformwerkzeuge für verschiedene Blechanwendungen
- 1879 Gründung der Maschinenfabrik Hiltmann & Lorenz (HILO) in Aue, bis zum II. Weltkrieg einer bedeutendsten Pressenhersteller weltweit
- **1882 erste Spezialfabrik nur für Schnitt- und Stanzwerkzeuge** durch Bernhard Hiltmann in Aue, heute AWEBA
- **1898 Gründung der Fa. ESEM** (Erzgebirgische Schnittwerkzeug- und Maschinenfabrik GmbH Schwarzenberg), heute Porsche Werkzeugbau
- 1913 Start Fließbandproduktion FORD
- 1918 erste Chassis und Karosserie aus Stahl
- 1924 erste Pressen für Automobilgroßteile von z.B. Schuler, HILO

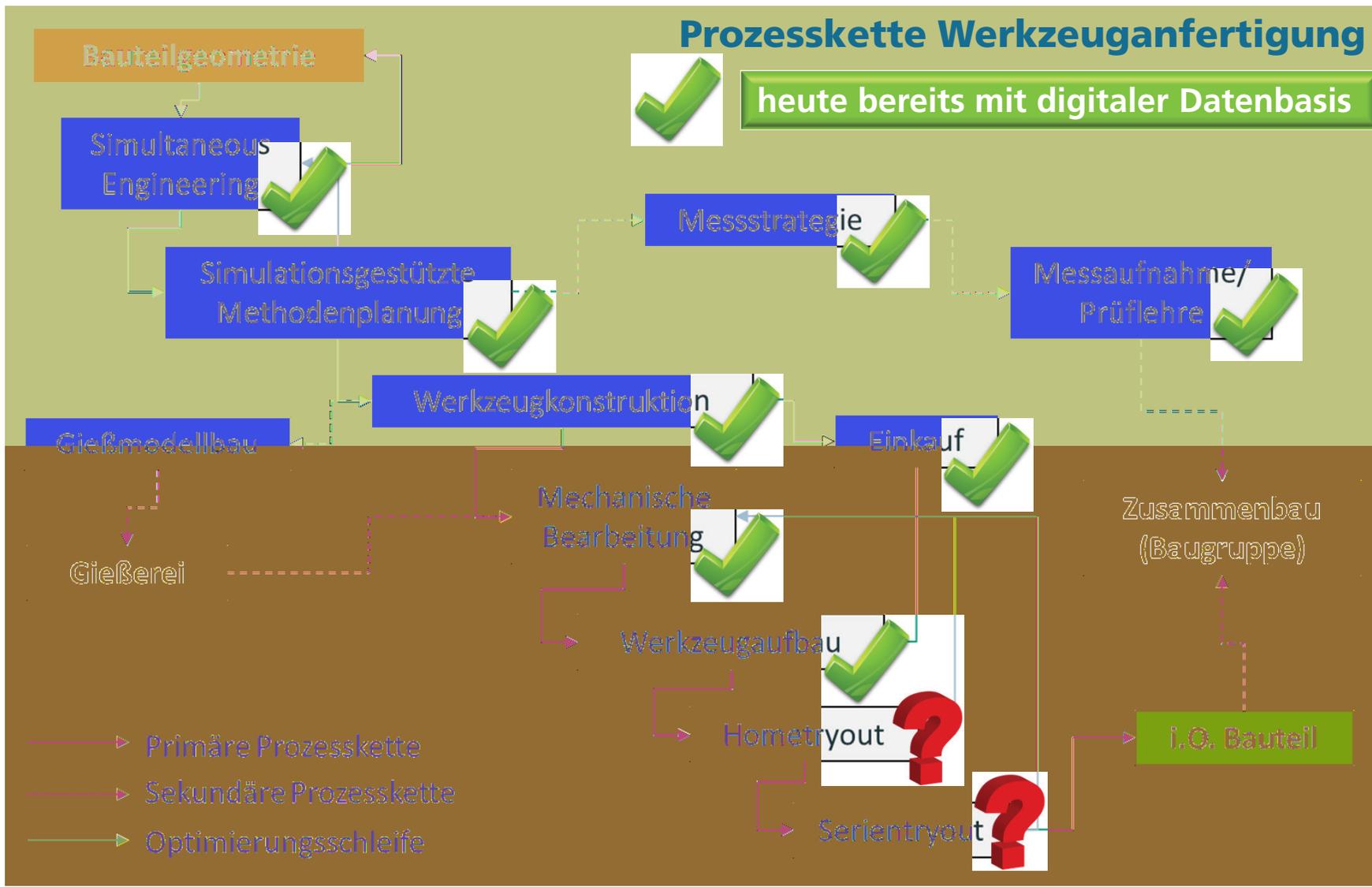


- Auch heute noch eine Vielzahl von Werkzeugbauten mit langjährigen Traditionen im Raum Sachsen
 - weltweiter, harter Wettbewerb durch Globalisierung



Aus werkzeuggefertigten Außenhautteilen zusammengesetzte Volkswagenkarosserie auf der Leipziger Messe im März 1939

Herausforderung Digitalisierung



Herausforderung

Warum Digitalisierung im Werkzeug- und Formenbau?

Konventionelles Werkzeug

Digitaler Werkzeug-Anfertigungsprozess:

Schließung der „Tryout-Lücke“ für durchgängige (direkte) Datenbasis im Werkzeugbau

Intelligentes Werkzeug

Reduzierung (Entfall) Tryout durch selbstjustierende (intelligente) Werkzeuge

Presswerk 4.0

Integration des WERKZEUGES in den digitalen Fertigungsprozess

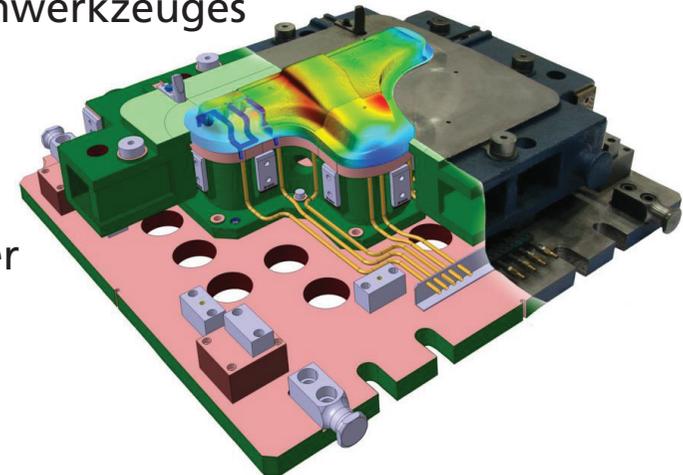
einarbeitungsfreies Werkzeug

Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Virtuelle Prozessauslegung

Virtuelle (digitale) Prozessauslegung und –optimierung durch erweiterte Umformsimulation und Berücksichtigung:

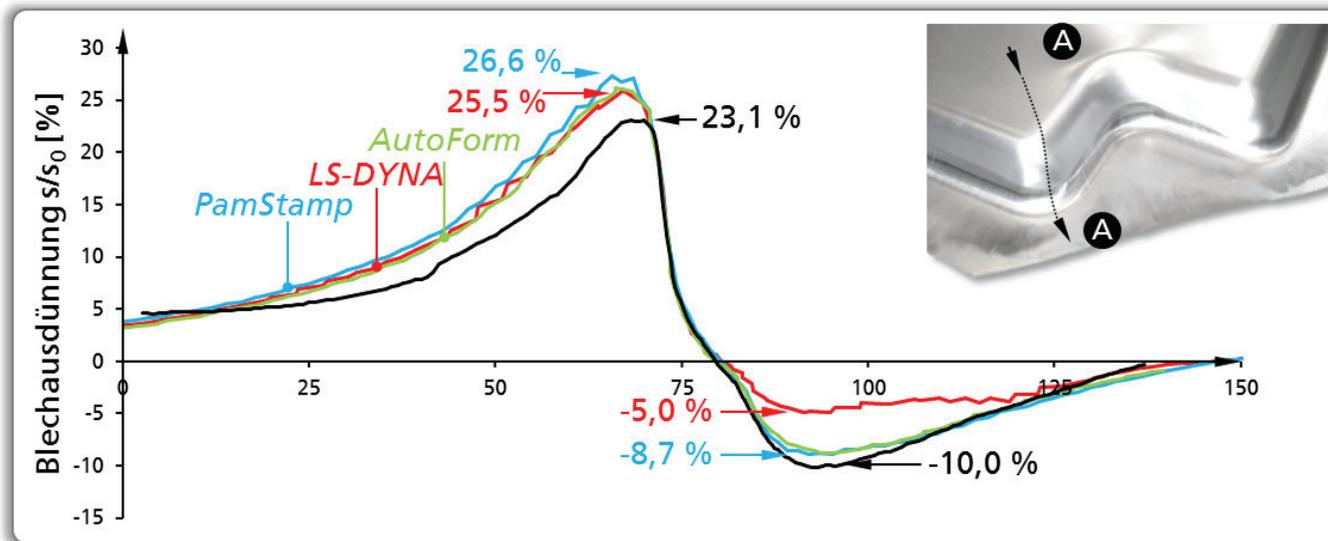
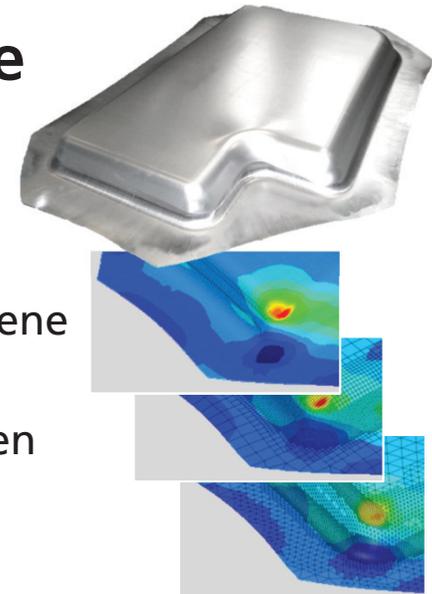
- lokal variabler Umformgeschwindigkeit und passiver Temperatur (z.B. Entstehung dissipativer Wärme)
- lokal variabler Tribologie
- über den Umformprozess veränderlicher mechanischer Eigenschaften der Halbzeuge (z.B. E-Modul)
- Eigenschaften der Presse (Steifigkeit Tryout- und Serienpresse)
- Mechanische Eigenschaften des Umformwerkzeuges
- Risikoabschätzung bei Prozessschwankungen (Optimierungstools wie z.B. AutoForm-Sigma)
- Verwendung hochgenauer mechanischer Kennwerte zur Beschreibung des Halbzeugwerkstoffes



Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Simulationsbenchmark verfügbarer Systeme (Autoform, PamStamp, LS-Dyna)

- Aufbau von Benchmark-Simulationsmodelle für drei verschiedene Softwaresystemen **AutoForm**, **PAM-SAMP**, **LS-DYNA**
- Vergleich der Simulationsergebnisse untereinander und mit den Messdaten der Umformexperimente
- Fazit: erhebliche **systematische Abweichungen** zwischen den Experimenten und den Simulationsergebnissen, die z. T. größer sind als die Abweichungen der Systeme untereinander



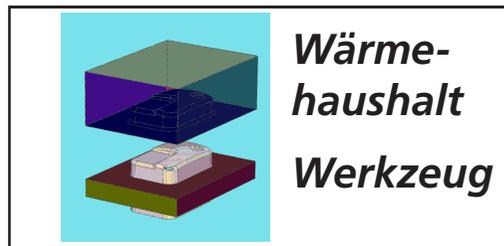
Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Berücksichtigung der Dissipativen Wärme

Wärmebilanz im Prozess und Einflussparameter

Wärmeübergang
zur Luft an
freien Oberflächen

Wärmeübergang
an gebundenen
Oberflächen (Presse)



Reibwärme



Umformwärme



gespeicherte Wärme im entnommenen
Werkstück

ZIEL : Quantitative Bewertung der Einflüsse von Material- und Prozessparameter

- Werkstückwerkstoff
- Werkzeugwerkstoff
- spezifischen Umformenergie
- Anfangstemperatur Werkzeug
- Kompaktheitsgrad Werkzeug
- Blechdicke
- Umformgeschwindigkeit / Hubzahl
- Reibkoeffizient



Bewertungskriterien:

- Zeit bis zum Erreichen der thermischen Gleichgewichtslage
- Ausmaß der **Rückfederung** und der thermisch bedingten **Rückverformung**
(Berechnung, Experiment)

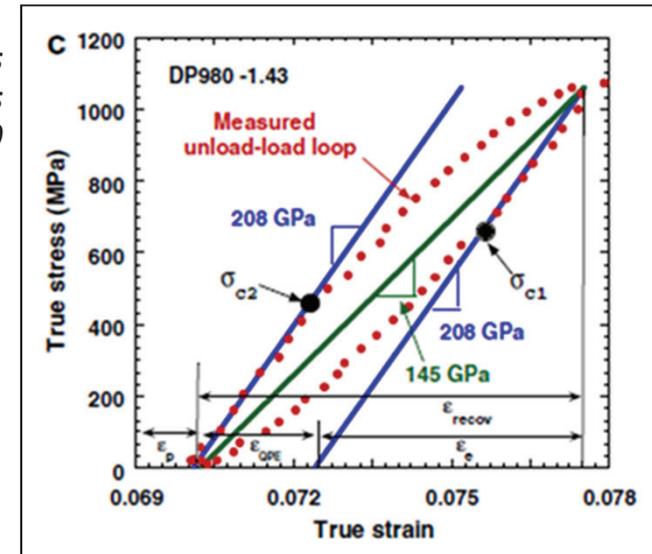
Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Zuverlässigere Simulation der Rückfederung – E-Modul-Einfluss

Lieferzustand	E-Modul [GPa]
WR 0° 01	195
WR 0° 02	193
WR 0° 03	191
WR 90° 01	207
WR 90° 02	210
WR 90° 03	211

*Detailbetrachtung eines
Ent- und Belastungszyklus
für DP980*

*E- Modul DX56
Nicht vorgedehnt und
mit 8% zweiachsiger
Vordehnung*

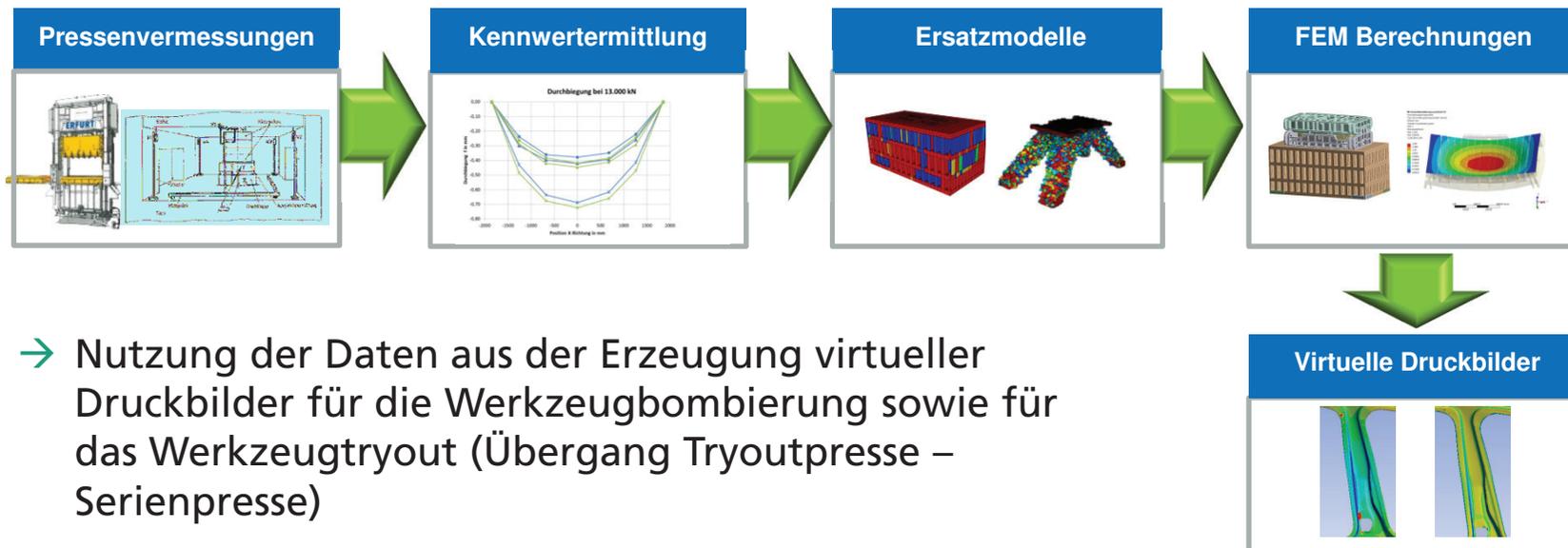
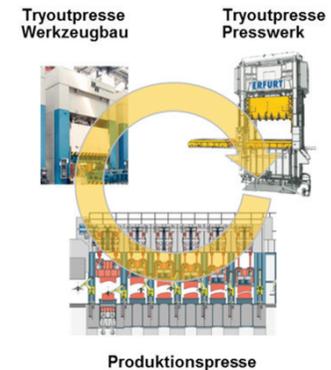


- präzise Bestimmung des E-Modul
 - zuverlässige Bestimmung und **Trennung** statistischer und materialbedingter Streuungen des E-Moduls von verformungs- und texturbedingten Variationen
- Bereitstellen von Modellen für zuverlässige Simulation der Rückfederung
 - unter Berücksichtigung:
 - isotrop- kinematischer Verfestigung
 - Dehnrage
 - Wirkflächenreibung → Stand der Forschung
 - numerische Spezifika → Stand der Forschung

Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Berücksichtigung der Pressenelastizitäten im Werkzeugentstehungsprozess

- Aufwändige Einarbeitung von Werkzeugen beim Tuschieren bzw. Tryout aufgrund unterschiedlicher Elastizitäten der Gestell- bzw. Antriebsstrukturen der Tryout- bzw. Produktionspresse
- Digitalisierung der Presseneigenschaften (Tisch, Stößel- und Antriebsnachgiebigkeiten) durch verfügbare Modelle bzw. experimenteller Eigenschaftsermittlung

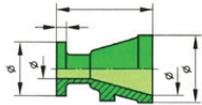


- Nutzung der Daten aus der Erzeugung virtueller Druckbilder für die Werkzeugbombierung sowie für das Werkzeugtryout (Übergang Tryoutpresse – Serienpresse)

Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Direktes Formstofffräsen - Verfahren und Vorteile

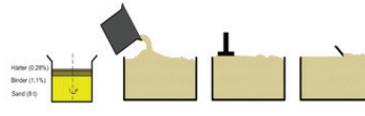
- **Hohe Fertigungsgeschwindigkeit** durch direkte Herstellung der Gießformen, Einsparung des Prozessschrittes „Modellbau“



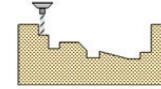
1. Bauteildaten



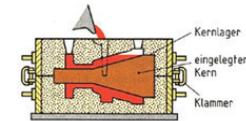
2. Formkonstruktion



2. Rohblockherstellung



4. Form fräsen



5. Abgießen

- **Durchgängige 3D-CAD-Datenbasis** und Nutzung moderner Simulationstechnologien möglich
- Problemlose **Verfahrenskombination** (+ generativ erzeugte Formteile + 3D-vermessene modellgebunden hergestellte Formteile)
- **Hohe geometrische Gestaltungsfreiheit**, da keine Entformungsrestriktionen (typisch für Modellbau)
- **CNC-Genauigkeit in der Gießform** (bei 3m Kantenlänge, Ist-Toleranzen im Bereich +/- 0,3mm)
- **Beliebig große Formen** innerhalb der Norm mit Werkzeugmaschinen herstellbar

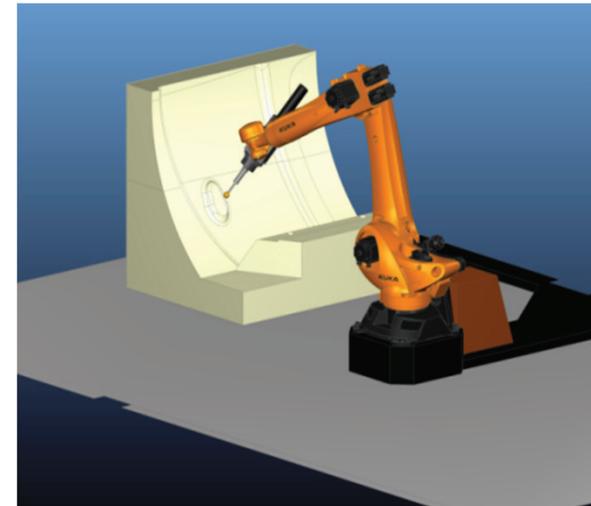


Verfahrensanwendung bei Direkt Form

Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Produktiver Einsatz von Robotern bei der Gussformherstellung

- Fräsroboter als Ansatz zur **Erhöhung der Flexibilität und Wirtschaftlichkeit**
 - Nutzung bestehender **CAM-Systeme** analog zu Werkzeugmaschinen
 - **Mobiler Einsatz** zur Herstellung monolithischer Großformen vor Ort
 - **Simultanbearbeitung** mit multiplen Robotern
- Laufende und geplante Forschungsaktivitäten zur Erhöhung von Genauigkeit und Produktivität im flexiblen Einsatzumfeld



Testanlage zur Fräsbearbeitung mit Industrierobotern (Direkt Form Projektgesellschaft mbH / Fraunhofer IWU)

Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

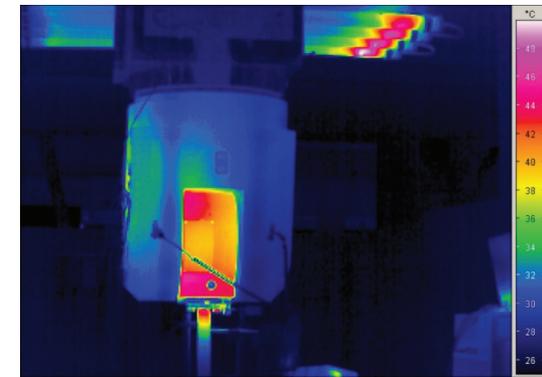
Steigerung der Genauigkeit in der Fertigung

Analyse der Maschinengenauigkeit

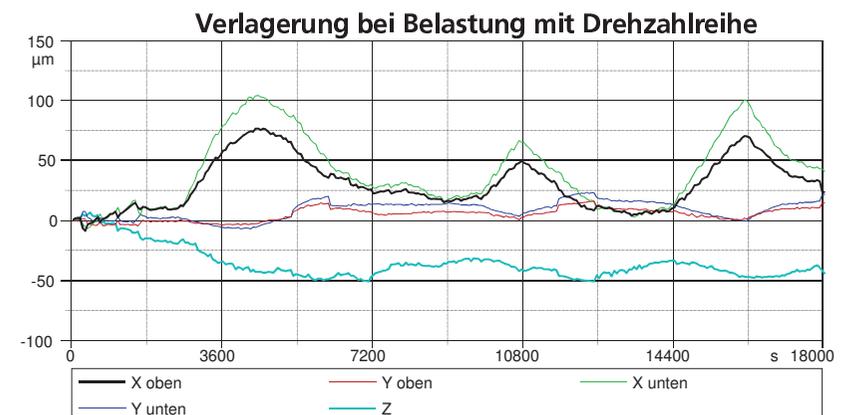
- Messung des thermischen Verhaltens der Maschine
 - Thermographie während der Bearbeitung
 - Langzeittemperaturmessungen unter Produktionsbedingungen an Maschine und Fertigungsumgebung
- Erfassung der Positioniergenauigkeit im Arbeitsraum
- Messung der dynamischen Genauigkeit mittels Kreuzgittermessung
- Entwicklung und Implementierung von Kompensationsalgorithmen

Effekte:

- ➔ Erhöhung der Genauigkeit
- ➔ Reduzierung der Nacharbeit



Thermographie Gabelkopf bei Spindellauf



Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

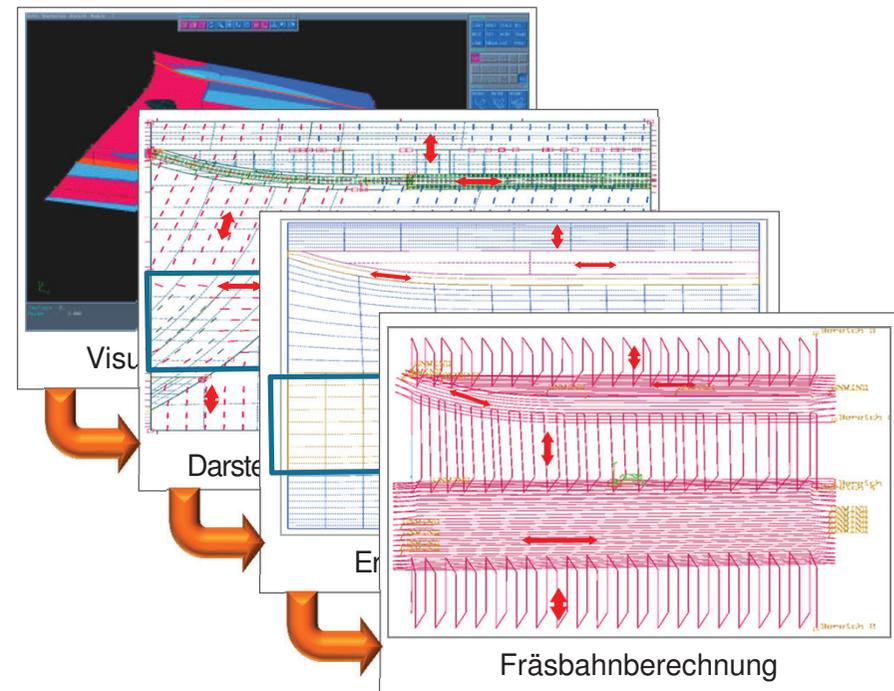
Prozessentwicklung 5-Achs-Simultanbearbeitung

Lösungsansatz

- Das optimale Anschmiegen eines **Torus-Fräasers** - d. h. der maximal mögliche Bahnabstand - kann erreicht werden, wenn die **Fräsrichtung** der Richtung der maximalen Krümmung (**Hauptkrümmung**) entspricht.
(s. Jensen et. al.)

Vorgehensweise

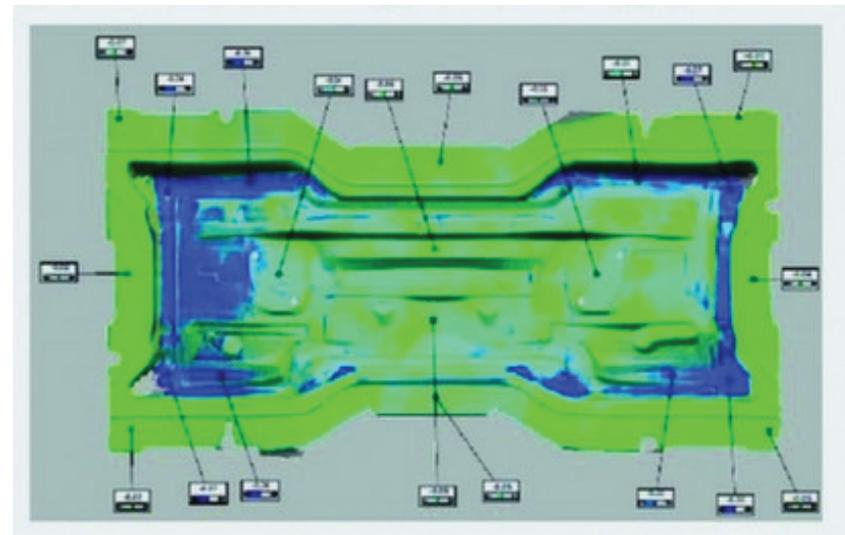
- Methodenentwicklung
 - Geometrieaufteilung in konvexe / konkave Bearbeitungsbereiche
 - Festlegung der Fräsrichtung auf Basis der Hauptkrümmungsrichtungen
- **Software-Prototyp**
„Hauptkrümmungsbasiertes Fräsen“
 - Visualisierung der Geometrieübergänge
 - Darstellung der Krümmungsverläufe
 - Erzeugung der Steuerflächen
 - Fräsbahnberechnung
 - Automatisierte Vorschläge für das optimale Fräswerkzeug



Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

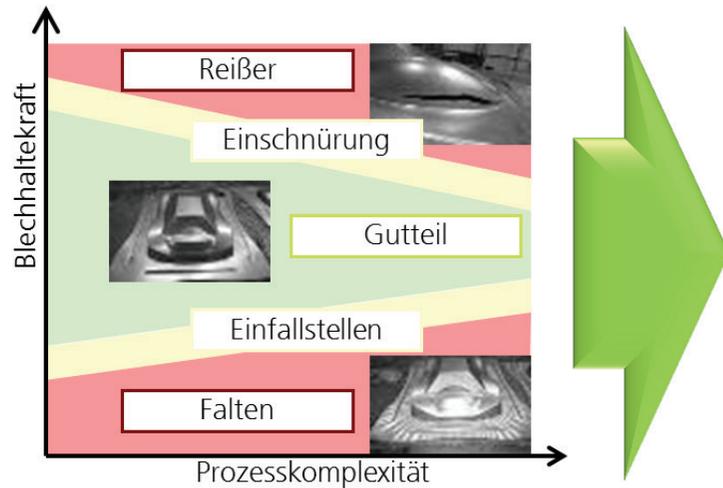
Virtuelles Tuschieren von Umformwerkzeugen

- **Datentechnische Erfassung** des Tuschierbilds (digitales Tuschierbild) zur objektiven Darstellung des Traganteils (Abnahmekriterium)
 - Bildauswerteverfahren,
 - drucksensitive Folien bzw. Platinenbeschichtungen
- **Abgleich** der erfassten Tuschierbilder von Blech, Stempel und Matrize/ Blechhalter mit:
 - Simulationsergebnissen
 - Pressenzustand
 - Wissensbasis (Erfahrungswissen)
- Schaffung einer **Datenbasis**, die eine maschinelle Schleifbearbeitung der zu tuschierenden Werkzeugfläche ermöglicht
- Entwicklung von **Bearbeitungstechnologien** und mobilen Maschinen zur lokalen Schleifbearbeitung in der Tryoutpresse (z.B. Roboter)



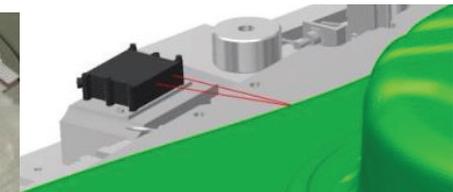
Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

Intelligente Umformwerkzeuge



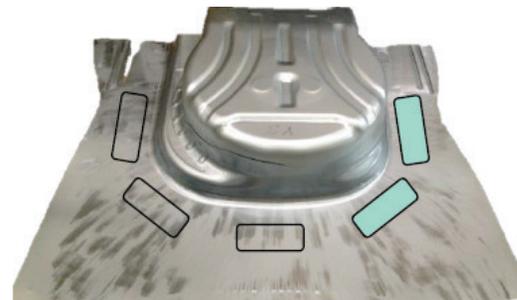
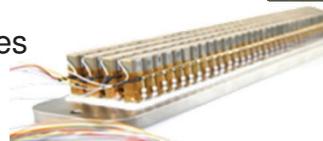
Individuelle Prozessführung:

- jedes Bauteil mit jeweils optimalen Prozessparametern
- Beispiel: Umformwerkzeug mit Flanscheinzugsregelung

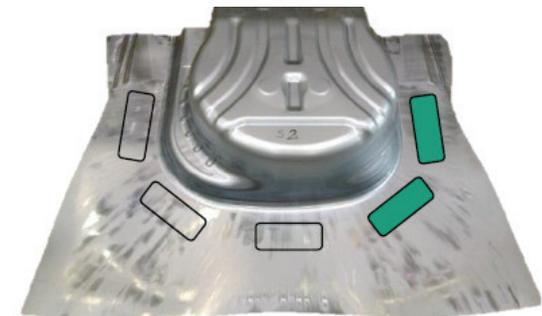


Flanscheinzugs-sensor (Laser)

Piezoelektrisches Aktormodul

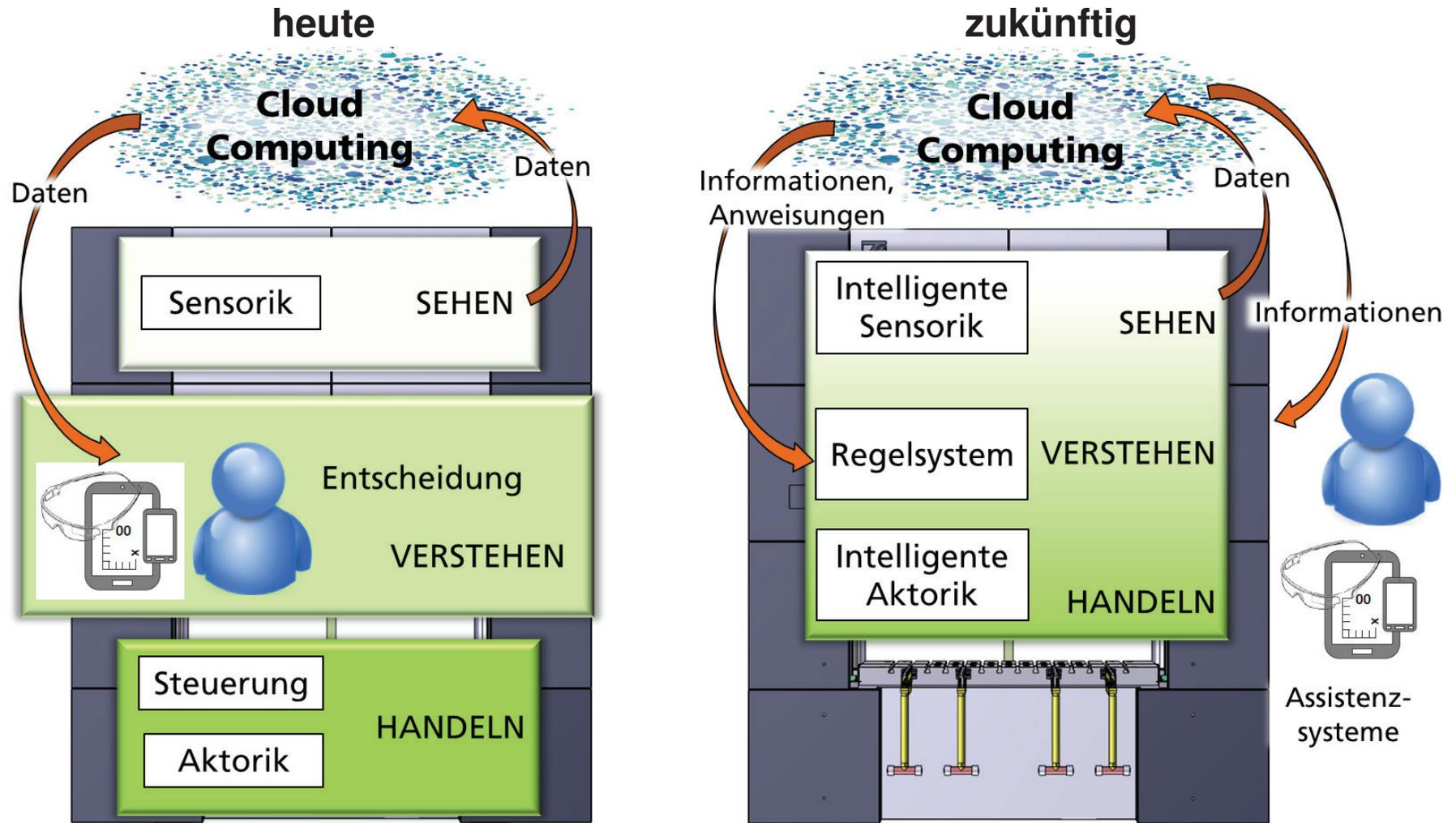


Kleiner Riss



Forschungsbedarf und Entwicklungsansätze

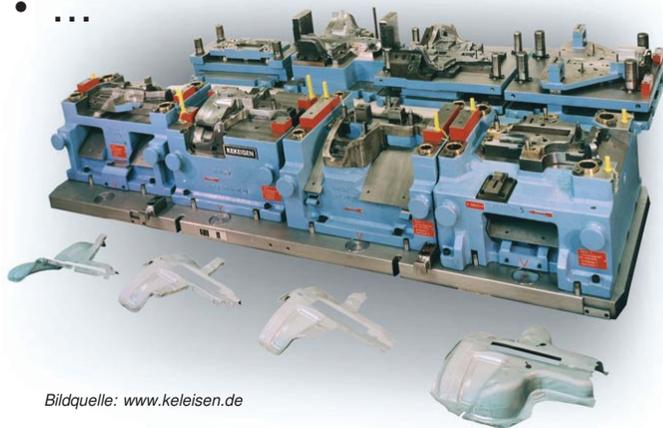
Intelligente Umformprozesse - Paradigmenwechsel



Ziele der Digitalisierung

Anfertigungsphase

- Verringerung umformtechnisches Risiko
- Verkürzung Durchlaufzeit
- Eliminierung von Bankarbeit
- Entlastung Tryoutkapazität
- Kostenreduktion
- ...



Bildquelle: www.keleisen.de

Nutzungsphase

- Einbindung in volldigitale Produktionsprozesse
- Ausschussreduktion
- Verringerung Rüst- und Stillstandszeiten
- Erhöhung Produktionsflexibilität
- ...



Bildquelle: www.elbracht-umformtechnik.de

Forschungsbedarf!

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!



Quelle: Fraunhofer IWU