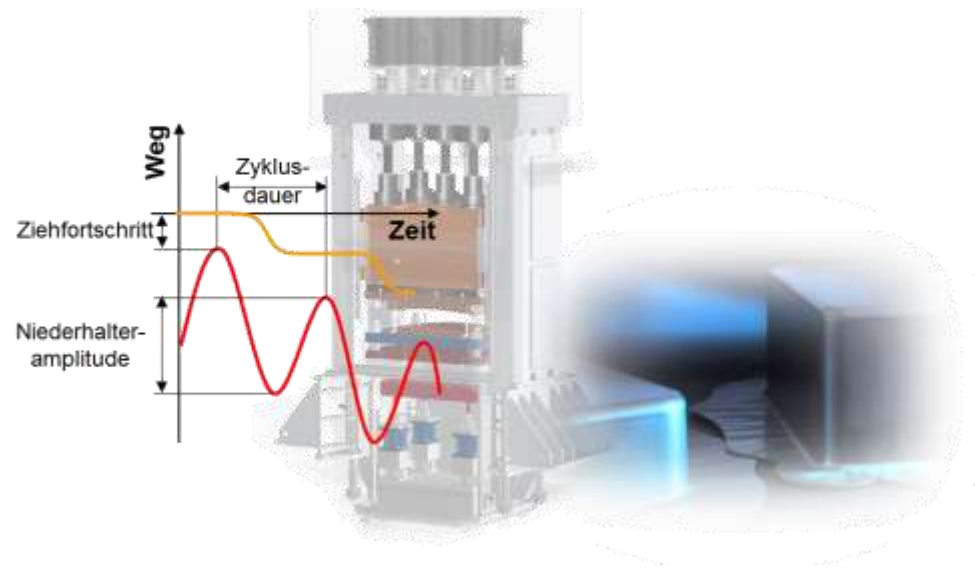


Unterstützung der Methodenplanung beim Tiefziehen von Blechformteilen auf Servo-Spindelpressen mit variablen Bewegungsverläufen

Dipl.-Ing. S. Kriechenbauer, Fraunhofer IWU

WOST / 23. Juni 2016 / Weimar



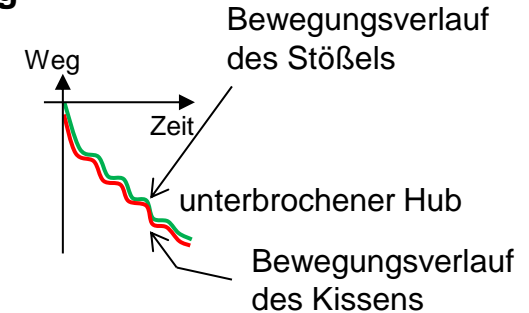
Tiefziehen mit variablen Bewegungsverläufen

Standardbewegung

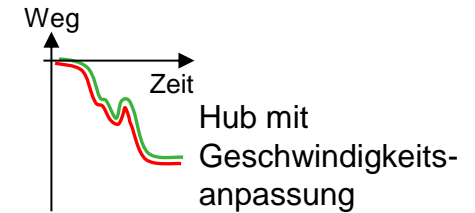


I. Komatsu and T. Murakami, Practical Use of Servo Press, The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd (2009) pp. 48–49 (in Japanese)

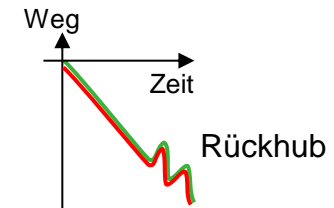
variabler Bewegung



T. Nakano, Press Machine Trends and Servo Press Forming Examples, Steel Research International, Supplement Metal Forming 2010, Vol. 81, no. 9 (2010), pp. 682–685



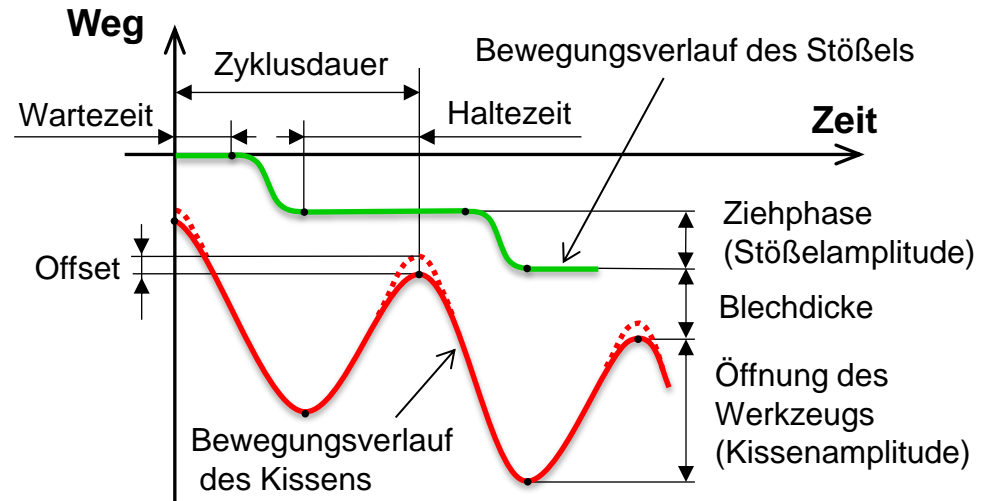
Reduction of Springback in Hat Channel with High-Strength Steel Sheet by Stroke Returning Deep Drawing; Key Engineering Materials, Vols. 554-557 (2013) pp 1320-1330 (2013) Trans Tech Publications, ESAFORM 2013 Portugal



Tiefziehen mit Schwingungsüberlagerung

Kissen-Stößel-Pulsation (KSP)

Kissen und Stößel vollführen eine aufeinander abgestimmte Bewegung aus. Während der Stößelbewegung ist das Werkzeug um die Kissenbewegung geöffnet. Dadurch werden risskritische Lasten in der Zarge verringert. Eventuell entstehende Falten in der Ziehphase werden anschließend beim Anhalten des Stößels wieder reduziert.



konventionelles Tiefziehen



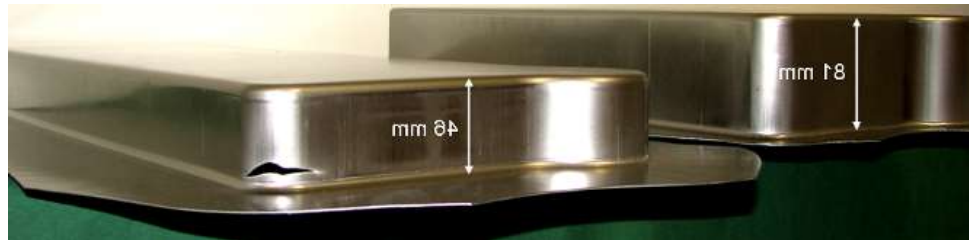
Kissen-Stößel-Pulsation

Vorteile: Steigerung der Ziehtiefe, Erhöhung der Teilekomplexität, Sicherstellung der Prozessstabilität

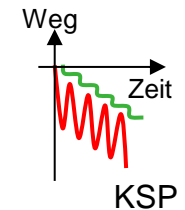
Tiefziehen mit Schwingungsüberlagerung

Tiefziehen

Kissen-Stößel-Pulsation

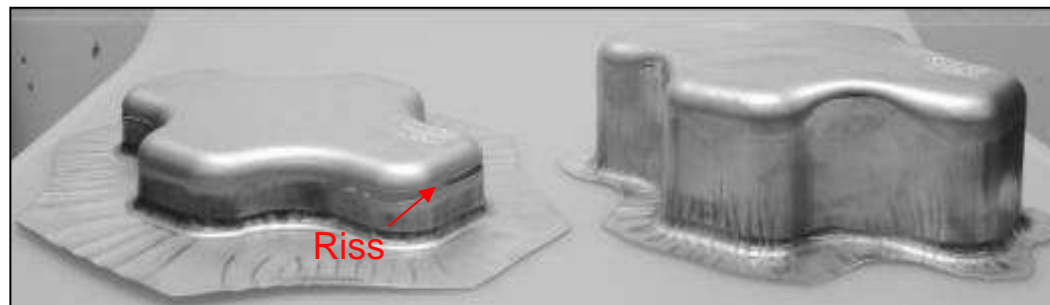


Rechtecknapf aus Tiefziehstahl DC04, Blechdicke 1 mm

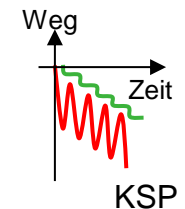


Tiefziehen

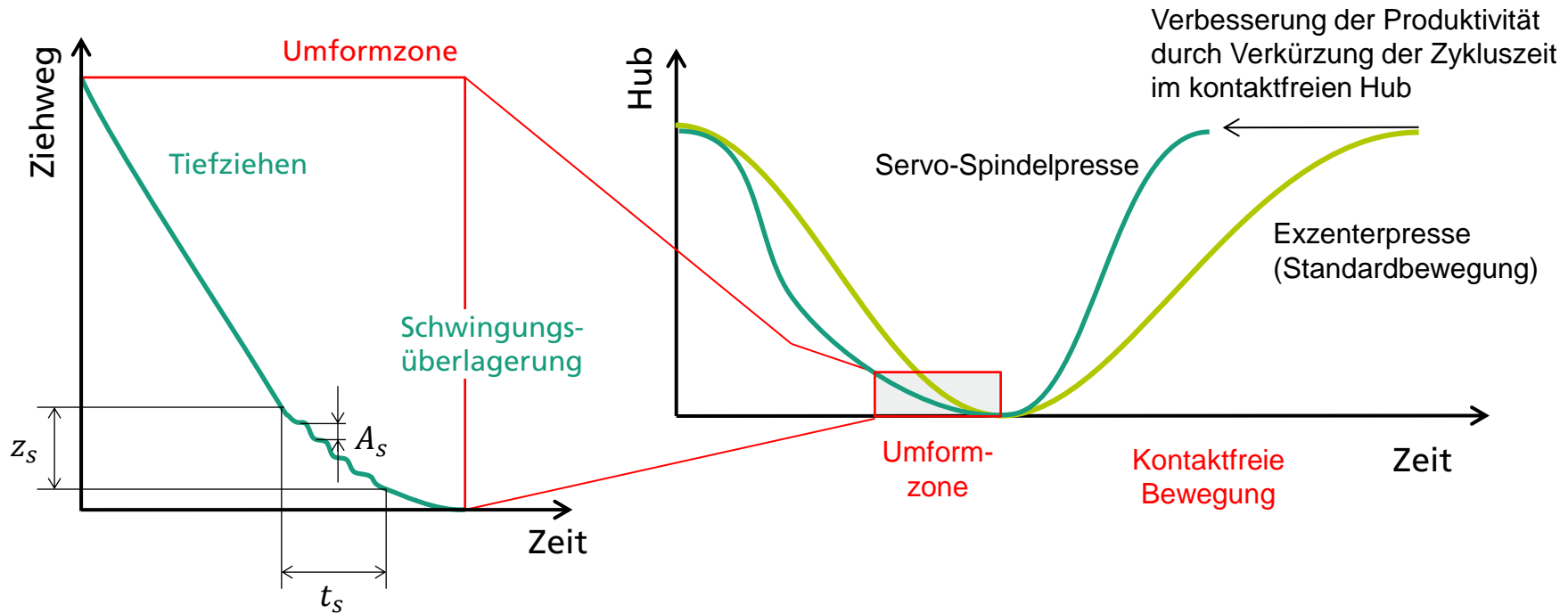
Kissen-Stößel-Pulsation



Kreuznapf aus Aluminium AA6016, Blechdicke 1 mm



Schwingungsüberlagerung im Werkstückkontakt

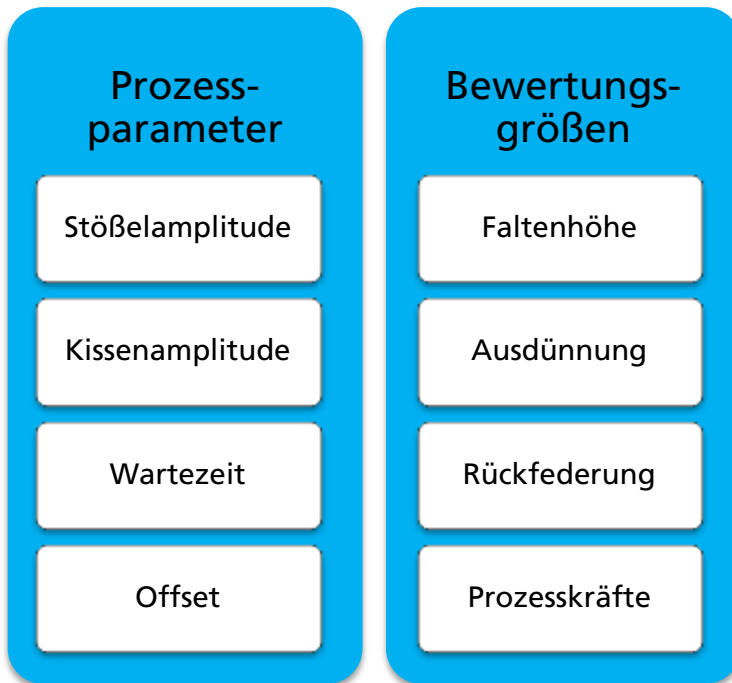


Bei der Schwingungsüberlagerung im Werkstückkontakt nimmt die Anzahl der Prozessparameter im Gegensatz zum Tiefziehen mit nur zwei Parametern stark zu. In jedem Zyklus können die Parameter verändert werden. Dadurch wird die Auslegung von Prozessen mit variablen Bewegungsverläufen erschwert. Die Simulation von Prozessen mit Schwingungsüberlagerung erfordert erweiterte Modelle, um die Wechselwirkung zwischen Prozess und Maschine zu berücksichtigen. Dadurch wird die Prognosefähigkeit der Umformsimulation verbessert.

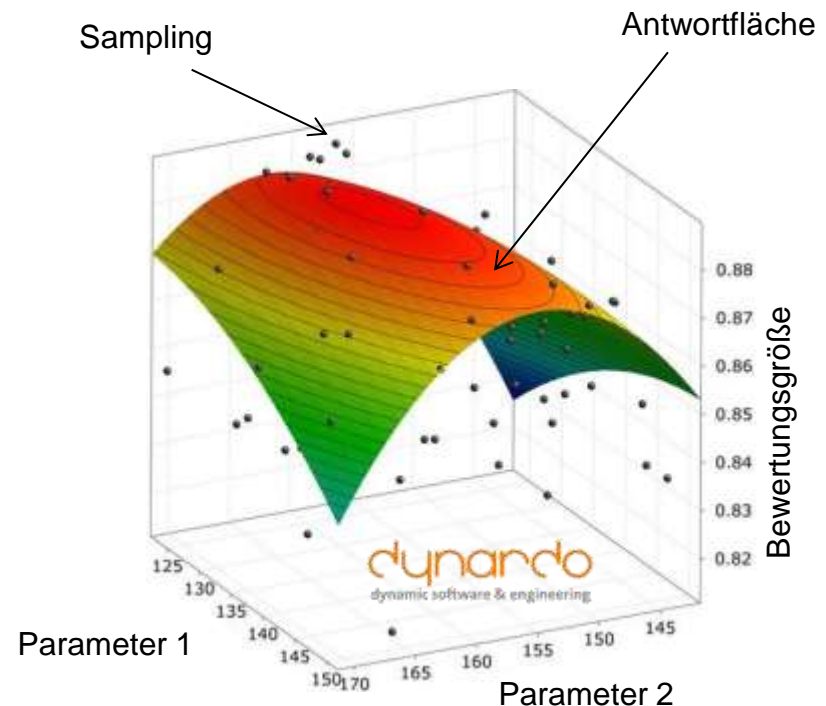
➔ Entwicklung einer Methode zur Auslegung der Kinematik notwendig

Konzept zur Unterstützung der Methodenplanung beim Tiefziehen mit Schwingungsüberlagerung

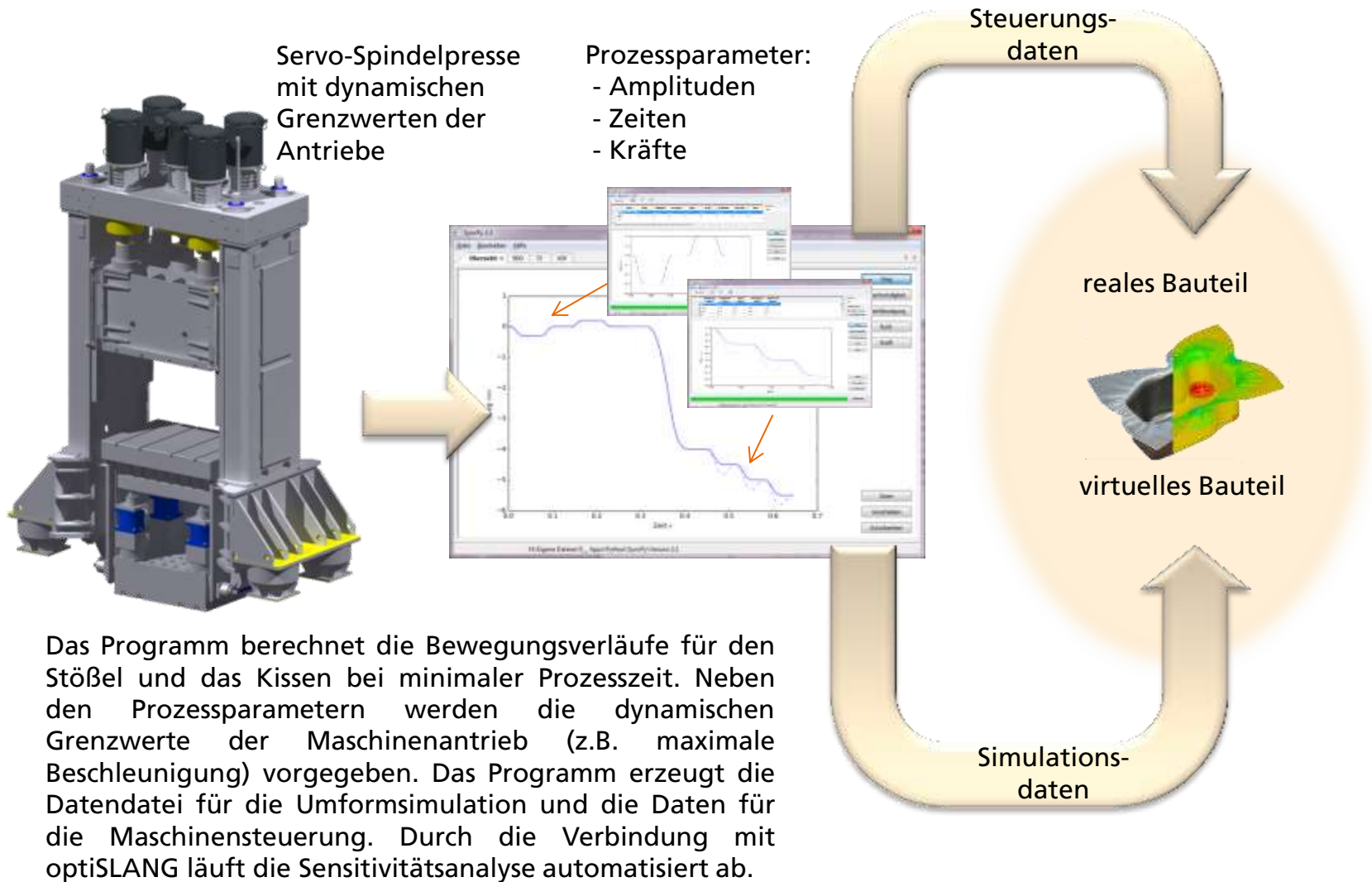
Sensitivitätsanalyse



Metamodell in optiSLANG

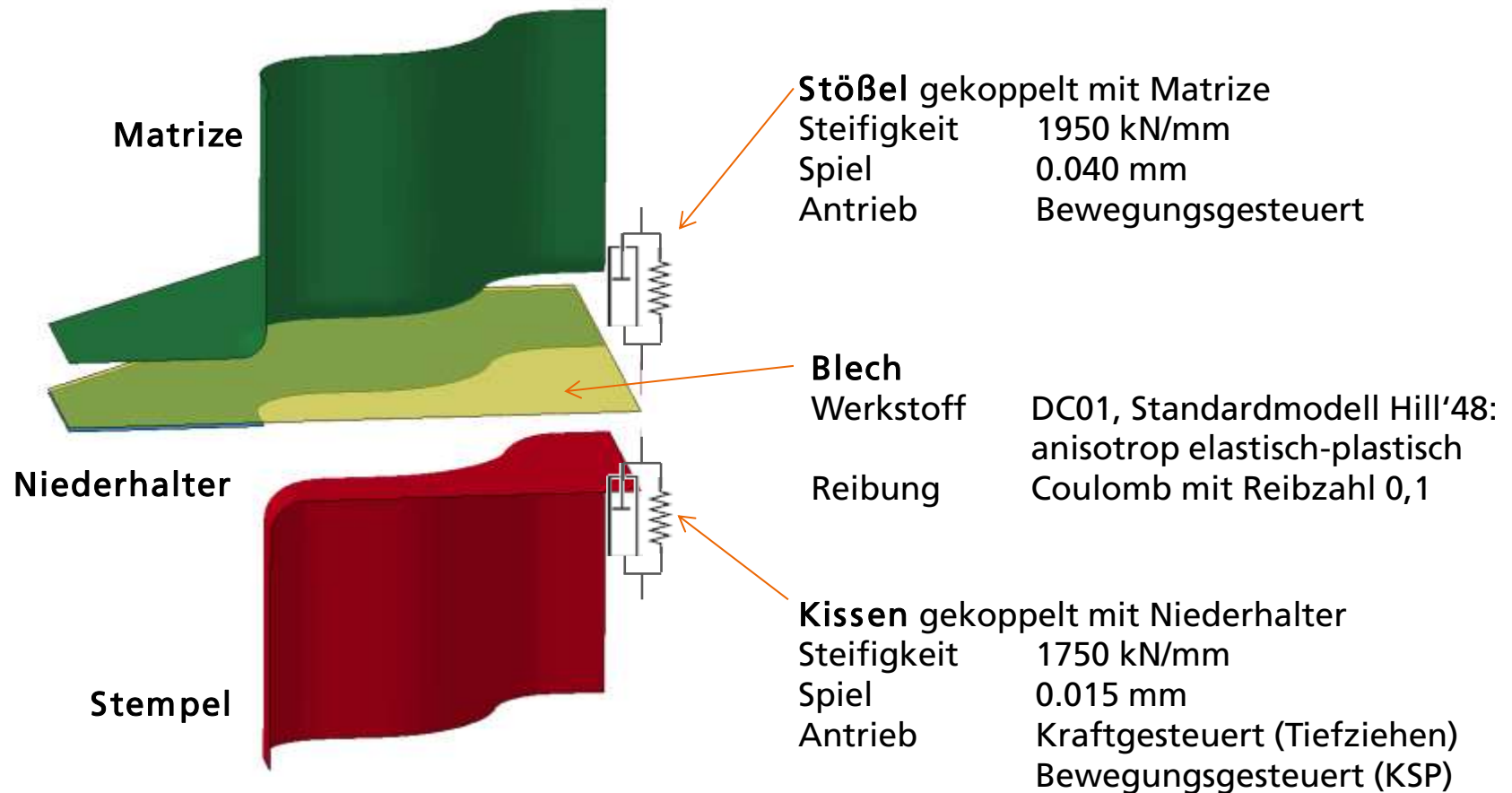


IWU Calculator: Automatisierte Sollwertvorgabe



Das Programm berechnet die Bewegungsverläufe für den Stößel und das Kissen bei minimaler Prozesszeit. Neben den Prozessparametern werden die dynamischen Grenzwerte der Maschinenantrieb (z.B. maximale Beschleunigung) vorgegeben. Das Programm erzeugt die Datendatei für die Umformsimulation und die Daten für die Maschinensteuerung. Durch die Verbindung mit optISLANG läuft die Sensitivitätsanalyse automatisiert ab.

Simulationsmodell für den Kreuznapf (Viertelmodell)

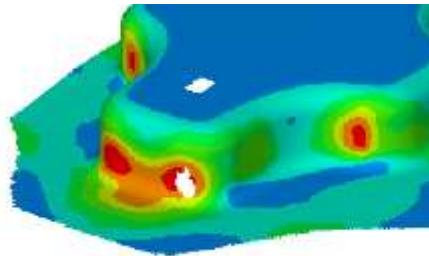


Formänderungsanalyse beim Tiefziehen

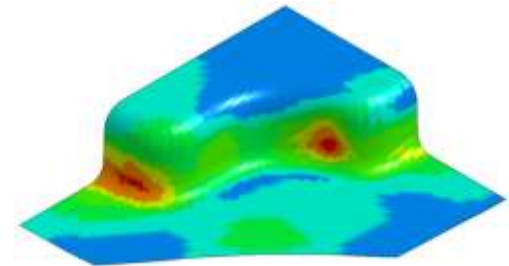
Versuchsparameter

- Werkstoff DC 01
- Blechdicke 1,15 mm
- Reibzahl 0,1
- Niederhalterkraft 200 kN

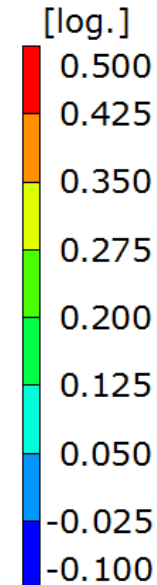
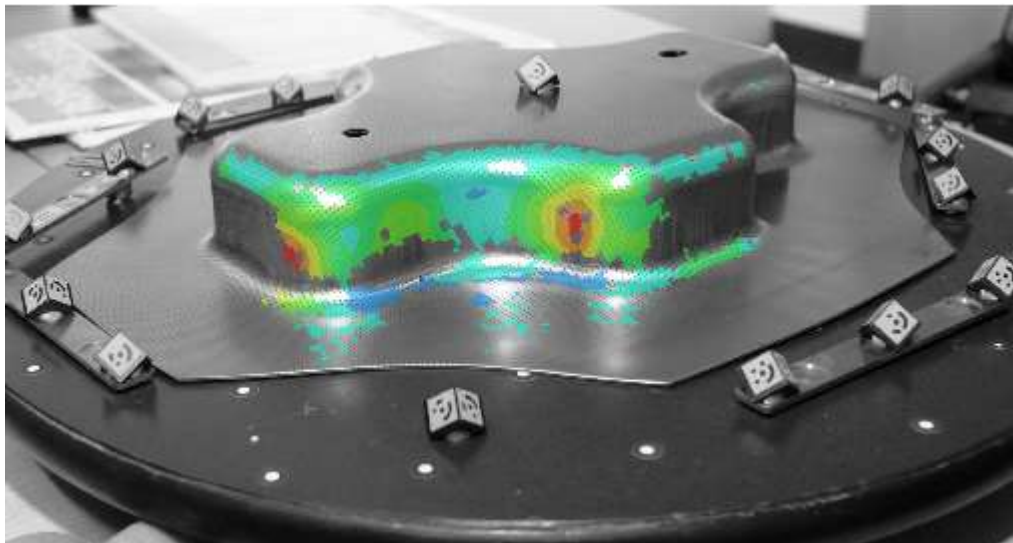
Gemessene Hauptformänderung mit GOM ARGUS



ermittelte Hauptformänderung in der Umformsimulation



Messaufbau GOM ARGUS

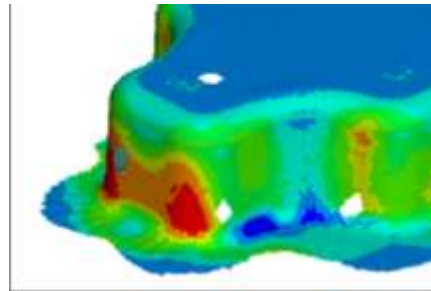


Formänderungsanalyse bei KSP

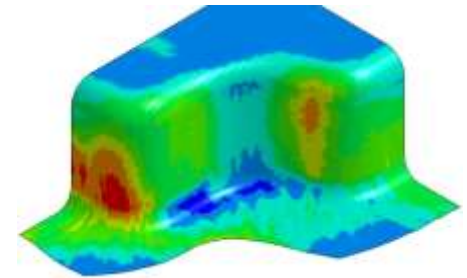
Versuchsparameter

- Werkstoff DC 01
- Blechdicke 1,15 mm
- Reibzahl 0,1
- Stößelamplitude 0,37 mm
- Kissenamplitude 2,50 mm

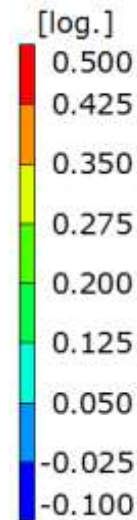
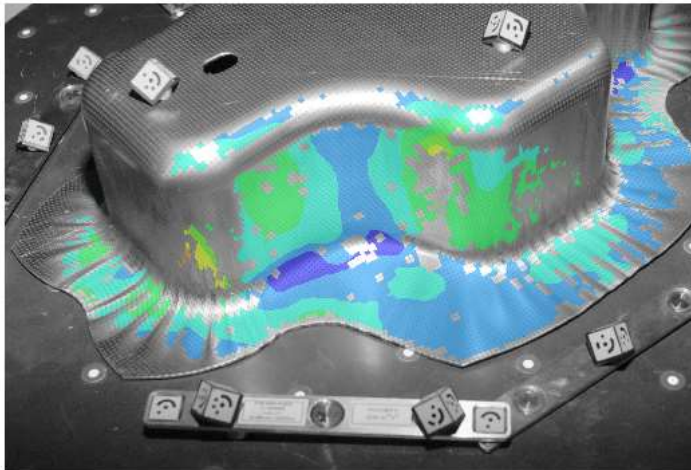
Gemessene Hauptformänderung mit GOM ARGUS



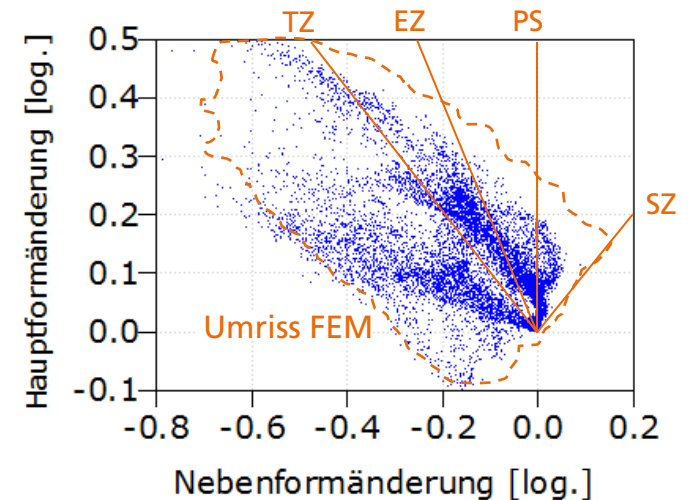
ermittelte Hauptformänderung in der Umformsimulation



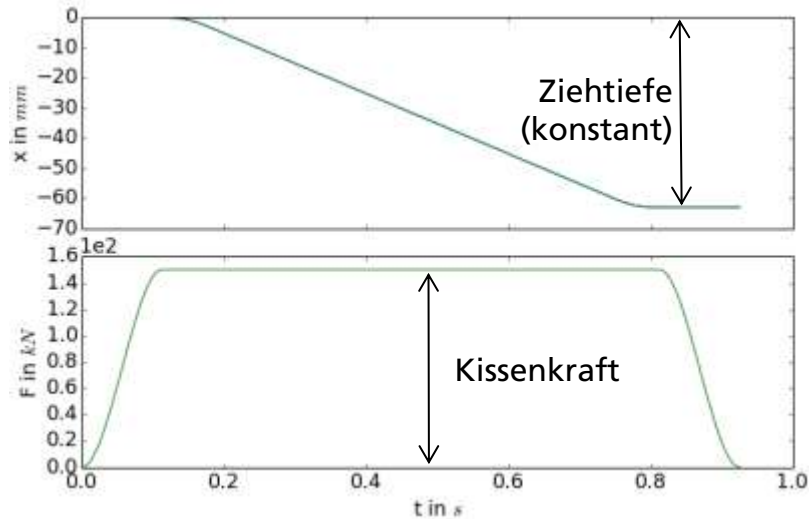
Messaufbau GOM ARGUS



Formänderungsdiagramm



Parameterbereiche beim Tiefziehen



Prozessparameter

Kissenkraft 20 kN .. 100 kN

Bewertungsgrößen

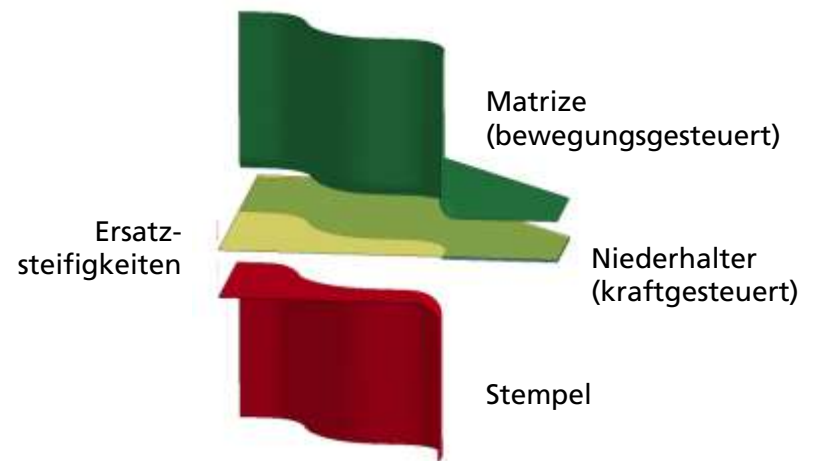
Blechausdünnung

Halbzeugparameter

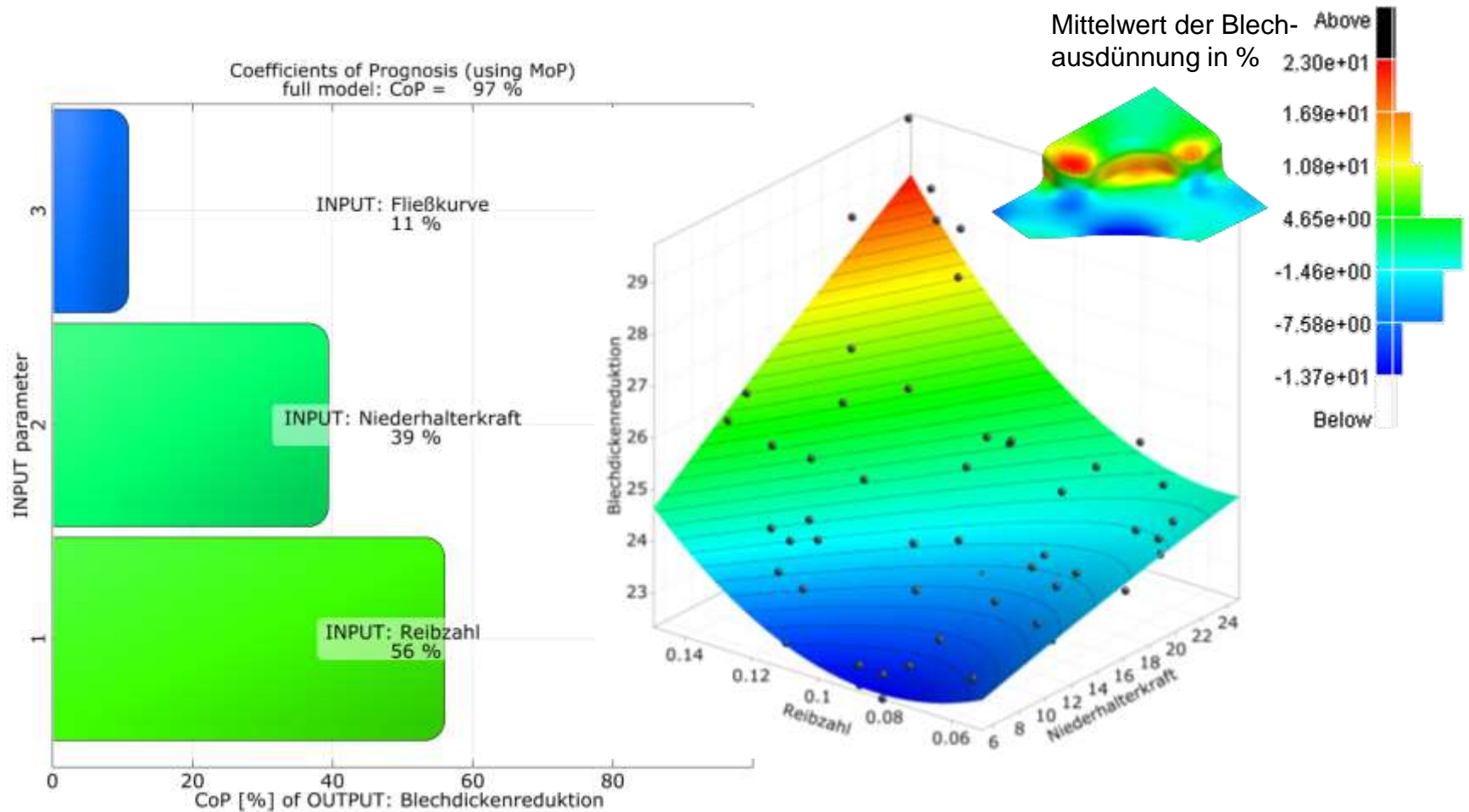
Blechdicke 0.85 mm .. 1.05 mm
Skalierung der Fließkurve 1.0 .. 2.0

Kontaktparameter

Reibzahl 0.05 .. 0.15



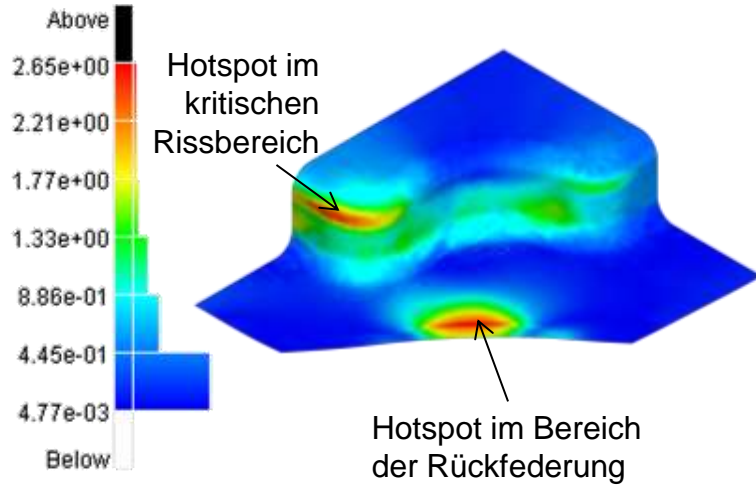
Metamodell für das Tiefziehen



80 Samples, 16h Rechenzeit 12 CPUs

Feldmetamodell für das Tiefziehen

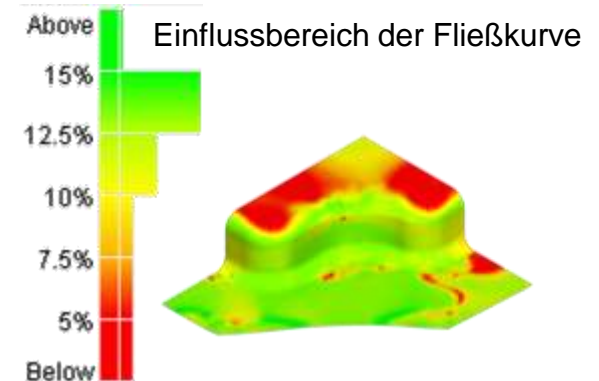
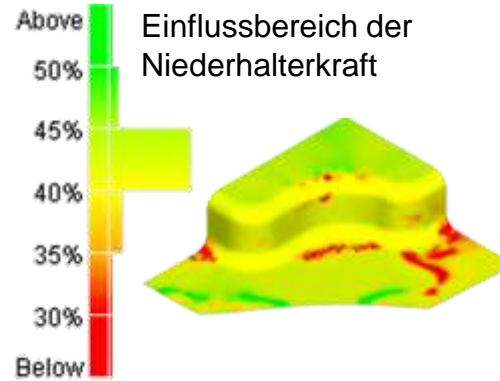
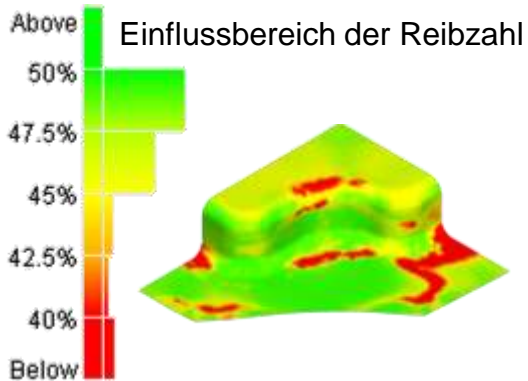
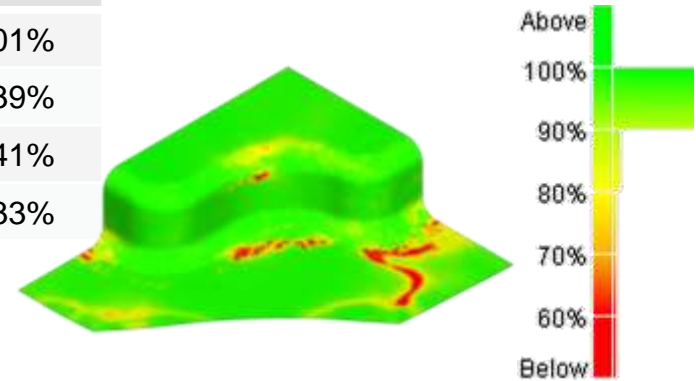
Standardabweichung der Blechausdünnung in %



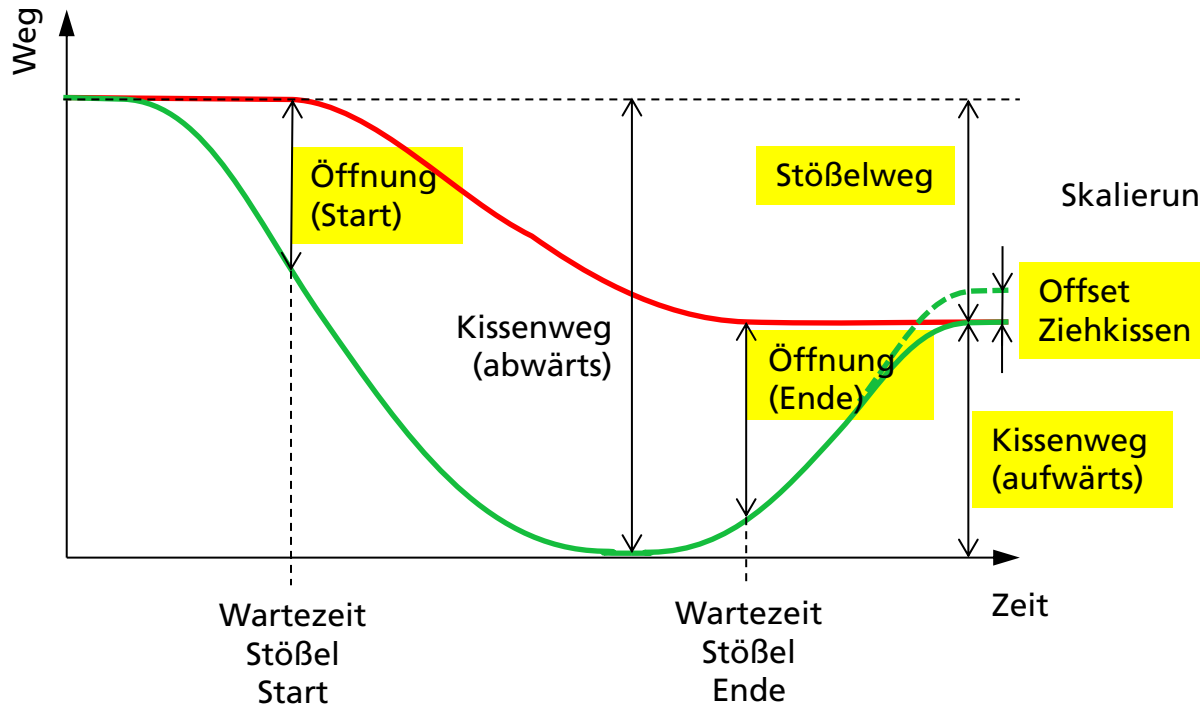
Hauptkomponentenanalyse mit SoS

Shape	Variation
1	87,01%
2	97,39%
3	98,41%
4	99,33%

Prognosefähigkeit hinsichtlich Blechausdünnung



Parameterbereiche bei der Kissen-Stößel-Pulsation



Halbzeugparameter

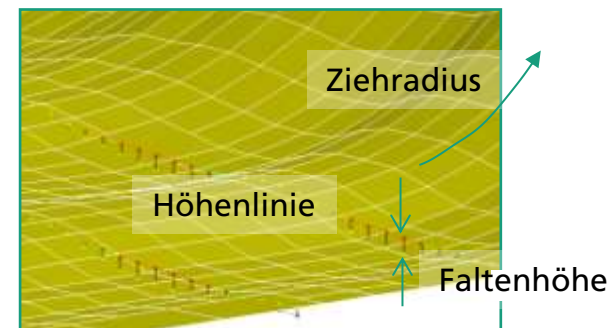
Blechdicke 0.85 mm .. 1.05 mm
 Skalierung der Fließkurve $k_f(\varphi) = 1.0 \dots 2.0 k_{f,DC01}(\varphi)$

Kontaktparameter

Reibzahl 0.05 .. 0.15

Bewertungsgrößen

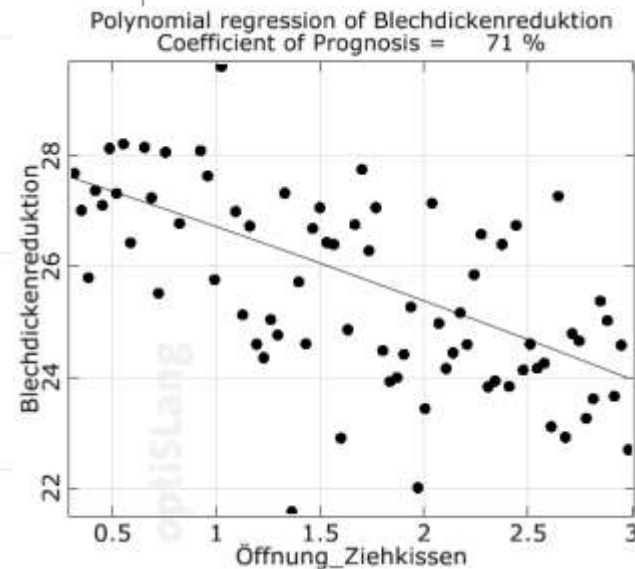
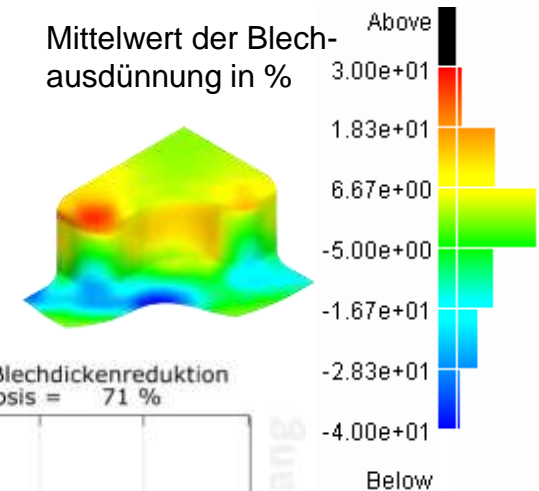
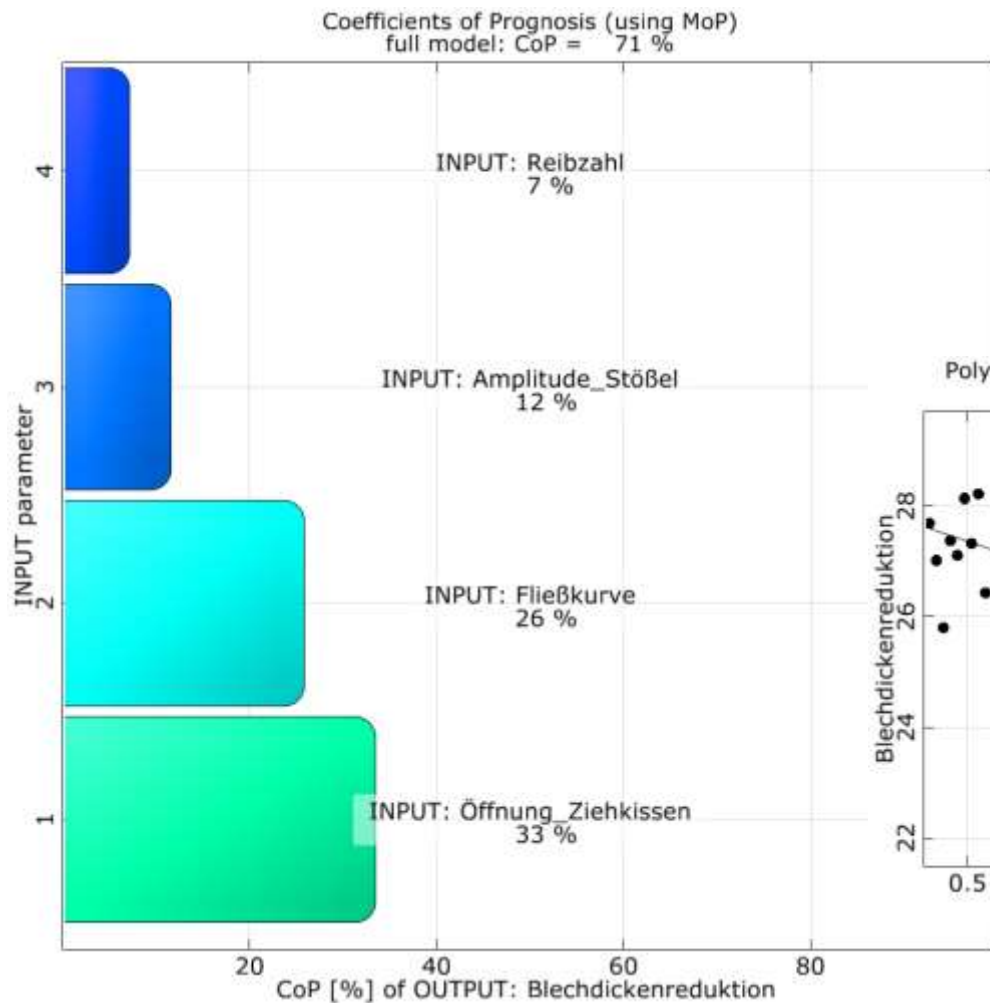
Blechausdünnung, Faltenhöhe im Radiuseinlauf (Maximum)



Prozessparameter

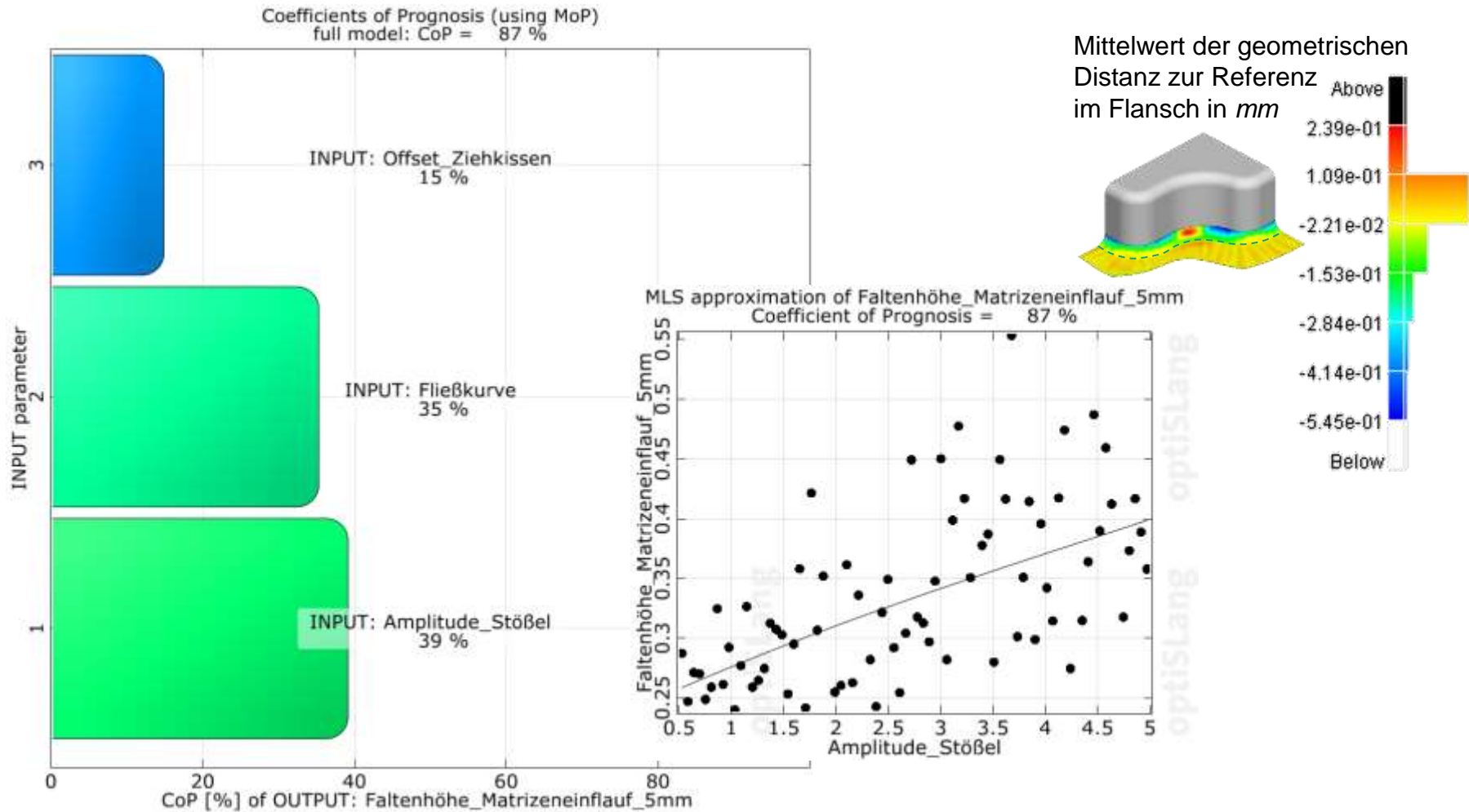
Stößelweg	0.5 mm .. 5 mm
Kissenweg	0.3 mm .. 3 mm
Öffnung	0 .. 0.2 mal Blechdicke
Offset	0 mm .. 0.14 mm

Metamodell für KSP hinsichtlich Blechausdünnung



80 Samples, 36h Rechenzeit 12 CPUs

Metamodell für KSP hinsichtlich Faltenhöhe



Prozessoptimierung für Tiefziehen

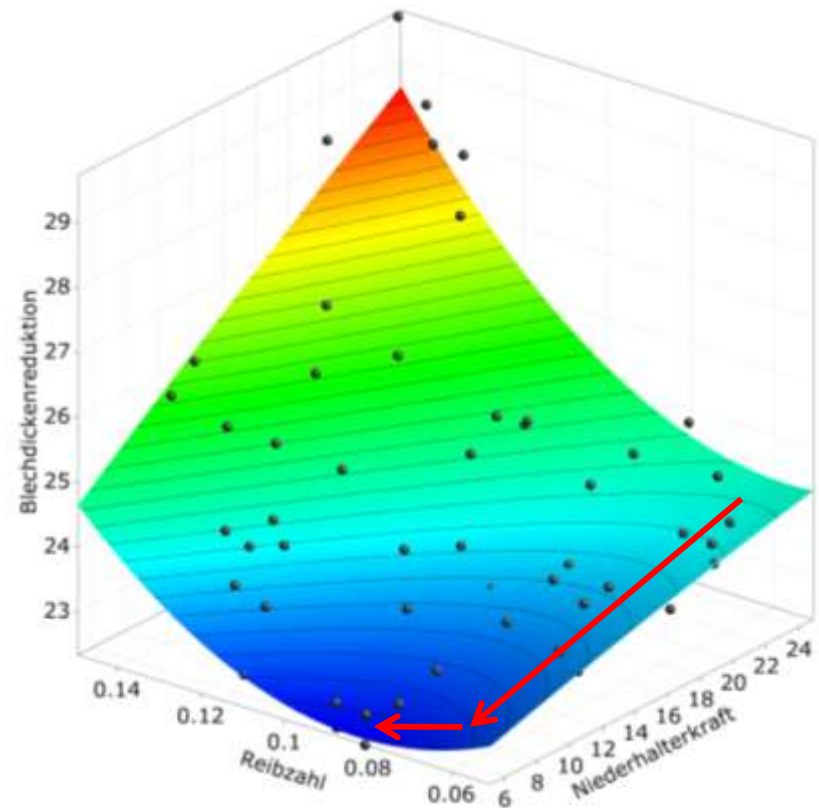
- Basis:
Metamodelle für Tiefziehen
- Zielfunktion:
minimale Ausdünnung
- Algorithmus:
Gradientenbasierte Optimierung

Ergebnis

Niederhalterkraft	20,0 kN
Reibzahl	0,07 kN
Ausdünnung	22,7 %

Fixierung

Fließkurve	DC01
Blechdicke	1,15 mm

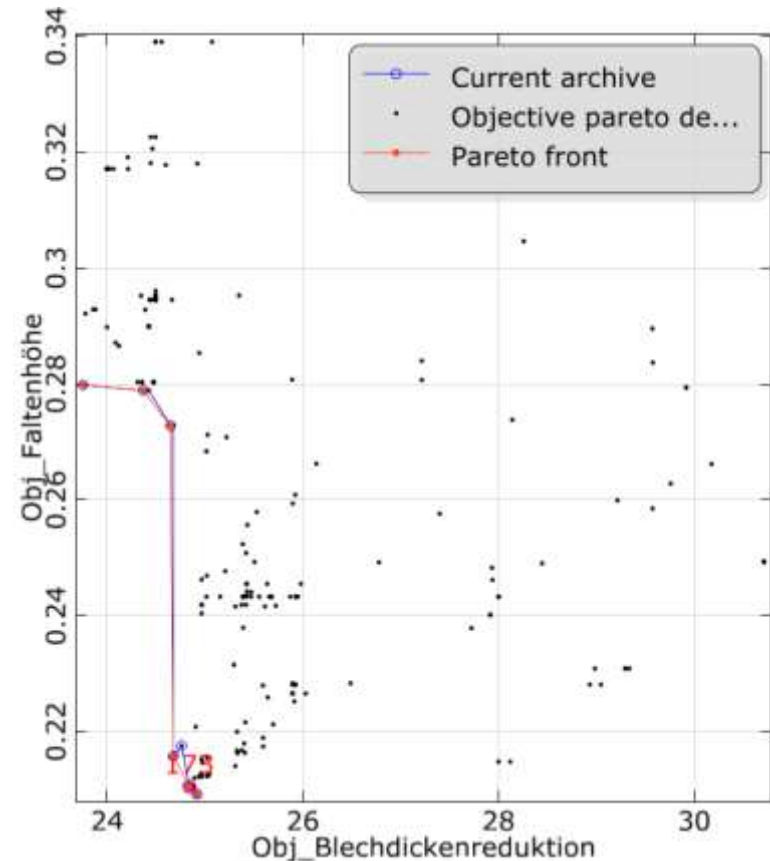


Multikriterielle Prozessoptimierung für KSP

- Basis:
Metamodelle für KSP
- Zielfunktion:
minimale Ausdünnung und hohe Bauteilqualität mit minimaler Faltenhöhe
- Algorithmus:
Evolutionäre Optimierung

Ergebnis

Stößelweg	0,78 mm
Kissenweg (aufwärts)	2,48 mm
Offset	0,12 mm
Reibzahl	0,05 mm
<hr/>	
Ausdünnung	24,8 %
Faltenhöhe	0,21 mm



Zusammenfassung

- Bisherige Umformmodelle können um elastische Eigenschaften erweitert werden, um die Prognosefähigkeit zu steigern
- KSP eignet sich für Werkstoffe niedriger Festigkeit und geschlossene Profile
- Tiefziehwerkzeuge müssen bei Schwingungsüberlagerung gehärtet werden, Reibung spielt bei KSP eine untergeordnete Rolle



Fraunhofer

IWU

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 17488BR der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.