

Aspekte der Simulation Blechumformung im industriellen Umfeld.

Dr.-Ing. Josef Meinhardt
Arnulf Lipp
Markus Ganser
Michael Fleischer

BMW Group Technologie Lackierte Karosserie
Produkt- und Prozessgestaltung, Simulation

BMW Group



Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

Seite 2

Gliederung.

Gliederung

Einleitung

Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau

Virtuelle Absicherung

Anwenderprofile

Prozesse im Wandel

Entwicklungsziel

- Einleitung.
- Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau.
- Virtuelle Absicherung.
- Anwenderprofile.
- Prozesse im Wandel.
- Entwicklungsziel.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

Seite 3

Gliederung

Einleitung

Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau

Virtuelle Absicherung

Anwenderprofile

Prozesse im Wandel

Entwicklungsziel

Einleitung. Herausforderungen.

- Kundenanforderungen.
 - Design.
 - Leichtbau - CO₂.
 - Sicherheit.
 - Dynamik.



- Unternehmensanforderungen.
 - Strategische Ziele.
 - Kosten.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

Seite 4

Gliederung

Einleitung

Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau

Virtuelle Absicherung

Anwenderprofile

Prozesse im Wandel

Entwicklungsziel

Einleitung. Design – oder: „Wie Träume ihre Form finden.“ Herausforderungen im Werkzeugbau.

- Differenzierung durch Design und Dynamik.




- „Runde“ Formensprache:
 - Konvexe Flächen.
 - Weiche Charakterlinien.
- „Flaming Surfaces“:
 - Konvex – konkav.
 - Markante Charakterlinien.
 - Scharfe Radien.

Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 5

Einleitung. Vom Design zu Werkzeug und Presse.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 6

Anforderungen Umformtechnik / Werkzeugbau. Einsatzkonzept Umformsimulation.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

Prozesskette	Design Außenhaut	Bauteil-konstruktion	Methoden-konstruktion	Werkzeug-konstruktion	Werkzeug-fertigung u. Erprobung	Fertigung Pressteile
	Simulation Blechumformung Bauteilbewertung Frühe Phase Prozessoptimierung Serienentwicklung					
Anforderung	Kurze Antwortzeiten bei ausreichender Ergebnisqualität			Hohe Ergebnisgenauigkeit bei akzeptablen Rechenzeiten		

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 7

Anforderungen Umformtechnik / Werkzeugbau.

Anforderungen an die virtuelle Prozessabsicherung.

- Anspruchsvolles Design.
- Erhöhung von Multifunktionalteilen.
- Höher- und höchstfeste Werkstoffe.



Gliederung
 Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
 Virtuelle Absicherung
 Anwenderprofile
 Prozesse im Wandel
 Entwicklungsziel

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 8

Anforderungen Umformtechnik / Werkzeugbau.

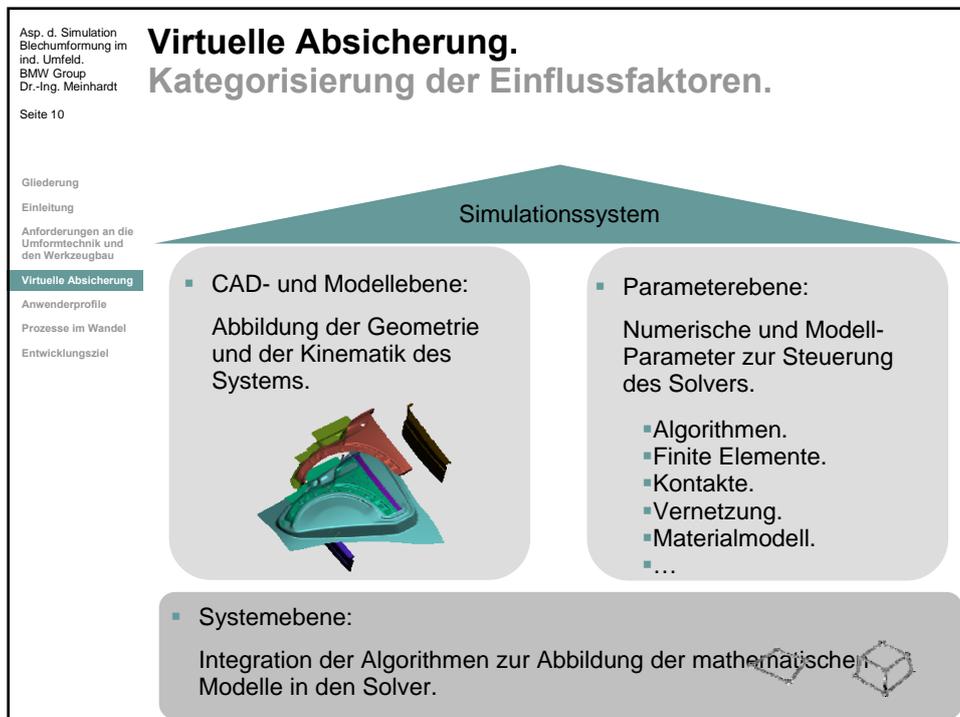
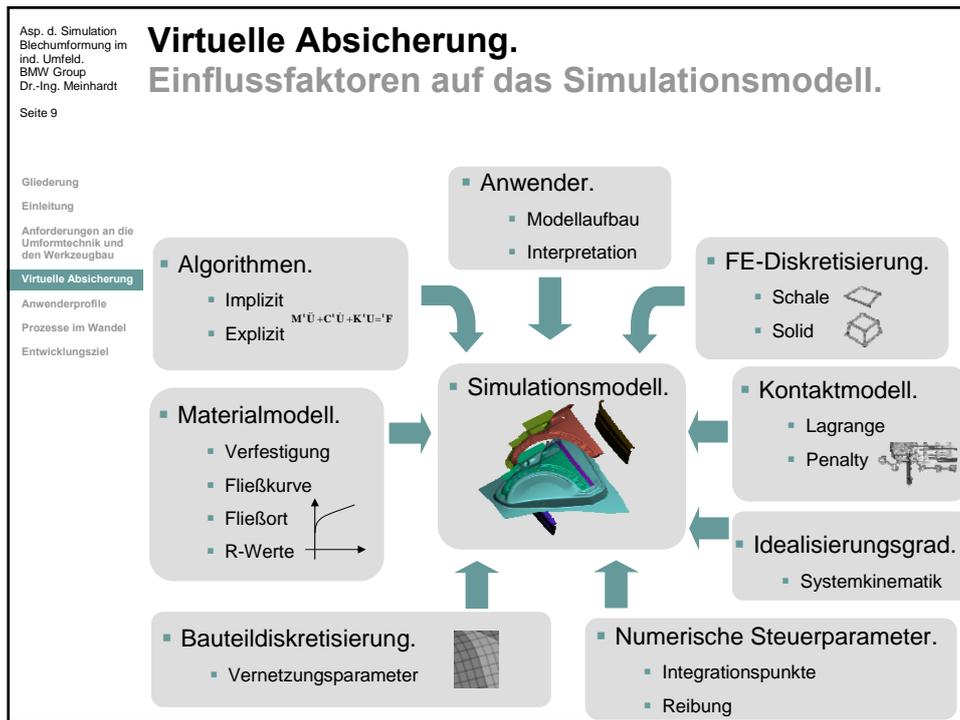
Anforderungen an die virtuelle Prozessabsicherung.

	▪BMW 3er (Modelljahr 1998)	▪BMW 3er (Modelljahr 2005)	▪BMW 3er (nächste Generation)
m	$= 284 \text{ kg}$	$= 267 \text{ kg}$	$< 250 \text{ kg}$
$R_{p0,2}$	$= 178 \text{ MPa}$	$= 294 \text{ MPa}$	$> 400 \text{ MPa}$
t_{\min}	$= 0,8 \text{ mm}$	$= 0,6 \text{ mm}$	$< 0,5 \text{ mm}$
NCAP	4-Sterne	5-Sterne	5-Sterne (+)

Stähle

- Sonst. Stähle
- DC 03/04/06
- DX 54
- DX 56
- 160-180 MPa
- 210 MPa
- 220 -240 MPa
- 250 MPa
- 260 MPa
- 280 MPa
- 300 MPa
- 340 MPa
- 380 MPa
- 400 MPa
- 420 MPa
- 500-580 MPa
- 600-680 MPa
- 700-880 MPa
- 0,9-1,1 GPa
- 1,1-1,3 GPa
- 1,3-1,5 GPa
- 1,5-1,7 GPa
- 1,7-1,8 GPa
- Sonstiges

Gliederung
 Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
 Virtuelle Absicherung
 Anwenderprofile
 Prozesse im Wandel
 Entwicklungsziel



Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 11

Anwenderprofile. Anwender und Anwendungsprofile im Wandel der Zeit.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- CAD-Ebene:
- Modellierung und
Parameterebene:
- Systemebene:

1997

Methoden-
konstrukteur

Berechnungsingenieur

Systementwickler

2007

Methoden-
konstrukteur

Berechnungsingenieur

Systementwickler

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 12

Anwenderprofile. Anwendung – Zukunft (Planung 2010).

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Methodenkonstrukteur:
 - Hauptanwender für Standard-Umformsimulation.
- Berechnungsingenieur:
 - Support.
 - Prozessmodellierung.
 - Sonderthemen:
 - Folgeoperationen.
 - Aufsprungkompensation.
 - Umform-Crash-Kopplung.
 - Prozessrobustheit.
 - Weiterentwicklung.

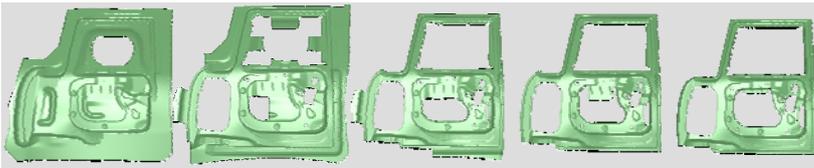
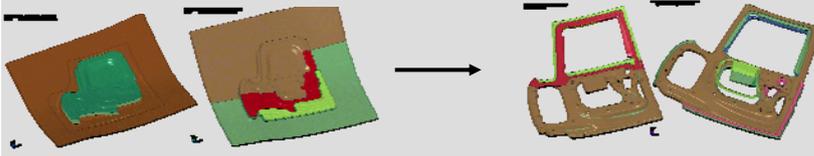
Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

Prozesse im Wandel. Simulation Folgeoperationen.

Seite 13

Gliederung
Einführung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Aufbau aller Simulationsstufen.
- Arbeitsinhalte
 - AFO15
 - AFO20
 - AFO25
 - AFO30
 - AFO35
- Umformwerkzeuge – Modellierung in der Simulation

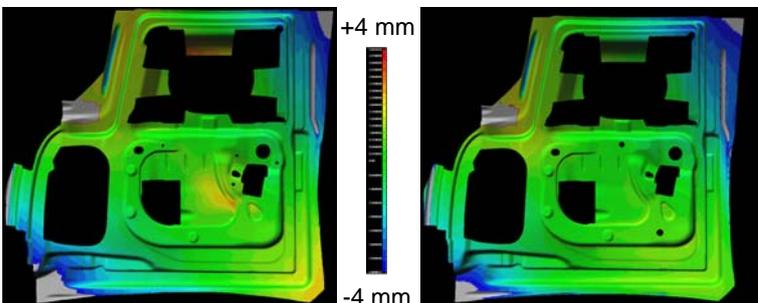
Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

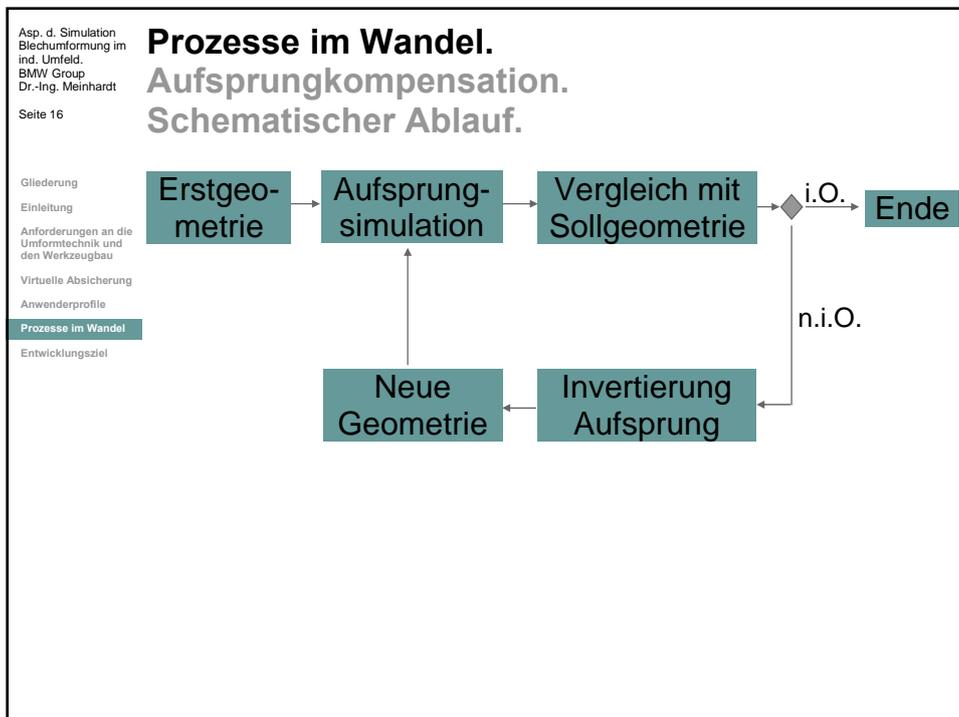
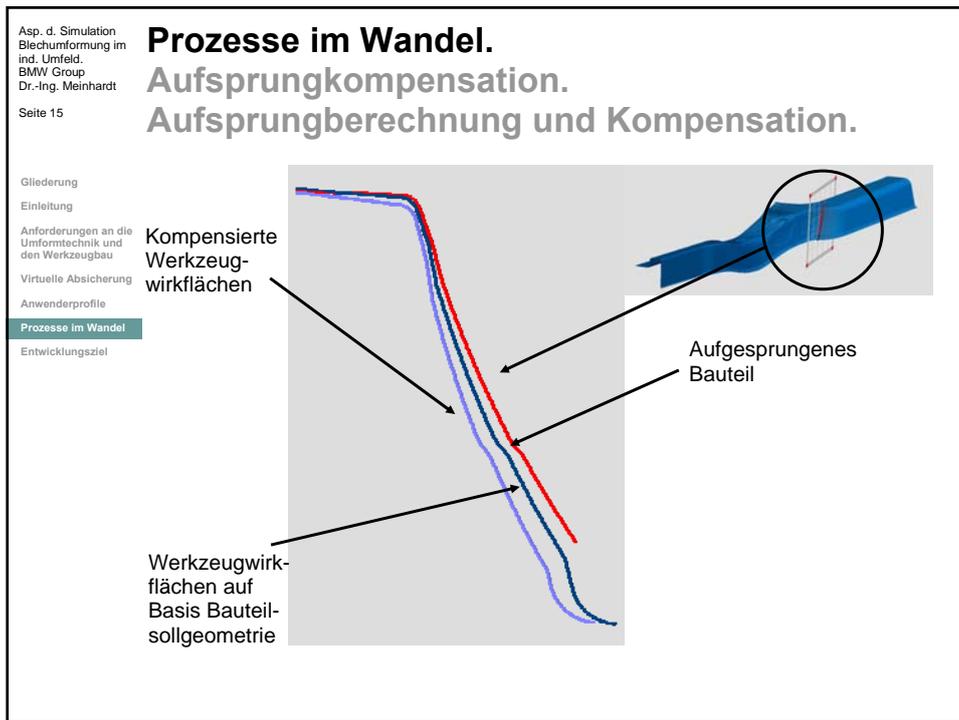
Prozesse im Wandel. Simulation Folgeoperationen. Aufsprungabgleich.

Seite 14

Gliederung
Einführung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Aufsprungverhalten der Stationsteile nach zweiter Umformung.
- Realteil - Sollgeometrie
- Simulation – Sollgeometrie





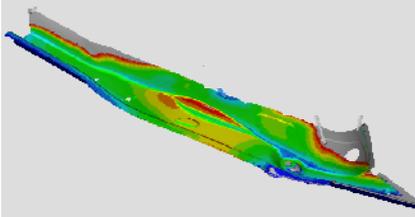
Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 17

Prozesse im Wandel. Aufsprungkompensation. Beispielhaftes Ergebnis..

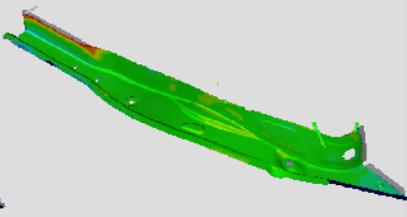
- Wirksamkeit nach 2 „virtuellen Schleifen“.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

▪ Vorher



▪ Nachher



-2mm  2mm

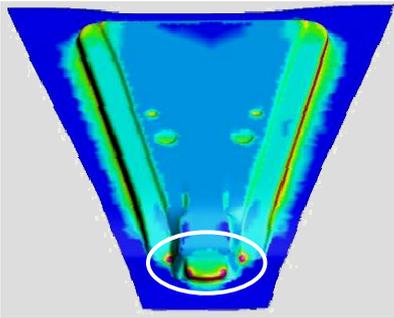
- Kompensierte Geometrie konnte im Realprozess verifiziert werden.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 18

Prozesse im Wandel. Sensitivitätsanalyse und Prozessrobustheit.

- Problemstellung:
 - Risse im Kopfbereich.
- Vermutete Ursachen:
 1. Platinenlage wegen Nutzplatine aus Seitenrahmen.
 2. Streckgrenze des Materials.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

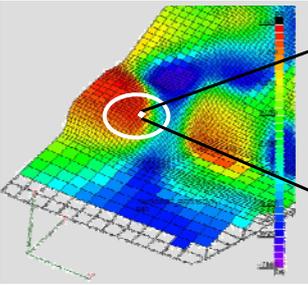
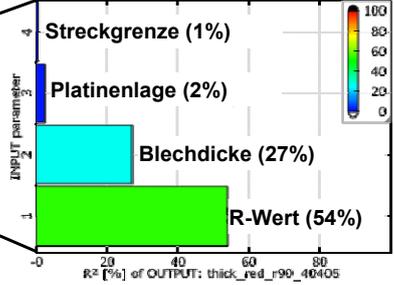


Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 19

Prozesse im Wandel. Sensitivitätsanalyse und Prozessrobustheit.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Ergebnis der Sensitivitätsanalyse.

INPUT parameter	R² [%] of OUTPUT
R-Wert	54%
Blechdicke	27%
Platinenlage	2%
Streckgrenze	1%

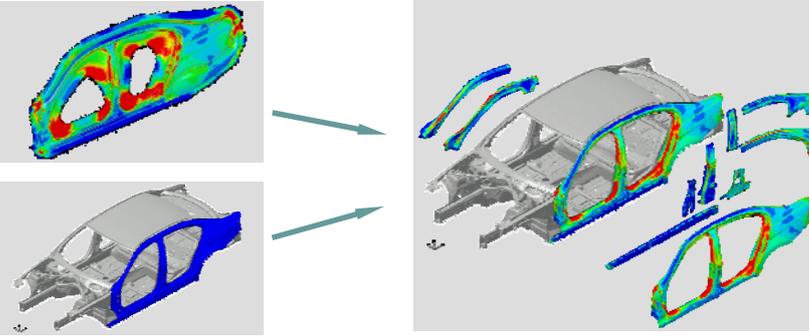
- Ohne Sensitivitätsanalyse evtl. Realisierung von kostenintensiven wenig wirksamen Alternativen.

Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 20

Prozesse im Wandel. Umform- und Crash-Simulations – Kopplung.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Crashauslegung mit Werkstoffen im Presswerks-anlieferungszustand.
- Crashauslegung mit Werkstoffen mit Daten aus Umformhistorie.



■ Sehr hohe Verfestigung
■ mittlere Verfestigung
■ keine Verfestigung

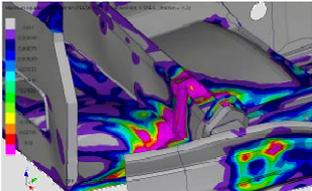
- Keine Kaltverfestigung.
- Keine Blechdickenunterschiede.
- Z.T. erhebliche Kaltverfestigung.
- Lokale Blechdickenunterschiede (Ausdünnung/Aufdickung).

Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 21

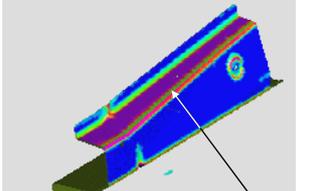
Prozesse im Wandel.
Umform- und Crash-Simulation – Kopplung.
Produktivanwendung – AZT Heckcrash.

Gliederung
Einführung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

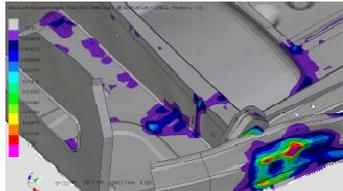
- Crashauslegung mit Werkstoffen im Presswerks-anlieferungszustand.
- Crashauslegung mit Werkstoffen mit Daten aus Umformhistorie.



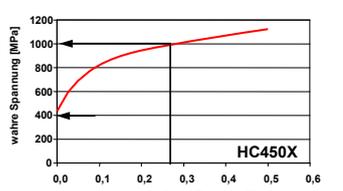
▪Max. plast. Dehnungen > 10%



▪Plast. Dehnung in der Zarge ≈ 0.25



▪Max. plast. Dehnungen ≈ 1.6%



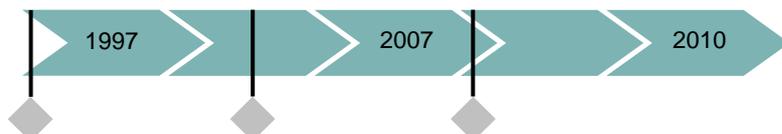
▪Verdoppelung der Fließspannung

Asp. d. Simulation Blechumformung im ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 22

Prozesse im Wandel.
Berechnungsumgebung.

Gliederung
Einführung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Entwicklung der Berechnungsumgebung bei der BMW Group.



- Großrechner.
 - PC's.
 - Computerserver.
 - PC's.
 - Cluster.
 - PC's.
- Anforderungen und Fragestellungen für die Zukunft:
 - Management vieler Simulationen.
 - Automatisierung der Auswertung.
 - Lizenzierung.
 - SMP / MPP.
- Mensch als „begrenzender Faktor“ in der Prozesskette.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 23

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

Prozesse im Wandel. Berechnungsumgebung. Mensch als begrenzender Faktor.

- Umformsimulation und umgebende Prozesse.

- Zur vollen Potenzialausnutzung müssen umgebende Prozesse optimiert oder ggf. neue geschaffen werden.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 24

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

Entwicklungsziel. Allgemeine Problembeschreibung bestehender Prozesse.

- Ausgangssituation:
 - Anwendung sehr komplex und zeitintensiv.
 - Erfordert viel „Know-How“ beim Anwender.
 - Sehr spezialisierte Ausbildung / Wissen.
- Entwicklungsziel:
 - Auftrennung in 2 Ebenen:
 - Standardprozesse.
 - Entwicklungsprozesse.
- Prozessanwendung: „So einfach wie möglich, so komplex wie nötig!“

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 25

Entwicklungsziel.
Modellbearbeitung mit LS-DYNA – Stand 2007.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Pre- / Post-Prozessor:
 - LS-PREPOST 2.1.
- Solver:
 - LS-DYNA 970, 971.
- Problem:
 - Nicht auf die Umformtechnik angepasste Bedienoberfläche.
- Folgen:
 - Kein breiter Einsatz.



Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 26

Entwicklungsziel.
Einsetzbarkeit in der Zukunft.

Gliederung
Einleitung
Anforderungen an die Umformtechnik und den Werkzeugbau
Virtuelle Absicherung
Anwenderprofile
Prozesse im Wandel
Entwicklungsziel

- Pre- / Post-Prozessor:
 - LS-PREPOST 2.2.
 - GUI - Metal-Forming-Macro.
 - Angepasster Post-Prozessor.
 - Einbindung in die CA-Welt.
 - Austauschformat.
- Einfache, problemspezifische Handhabung.
- Erschließung der Methodenkonstrukteure als LS-DYNA Anwender.



↓



Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

Seite 27

Gliederung

Einleitung

Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau

Virtuelle Absicherung

Anwenderprofile

Prozesse im Wandel

Entwicklungsziel

Entwicklungsziel. Einsetzbarkeit in der Zukunft.

- Solver:
 - Gut dokumentierte und offene Benutzerschnittstelle für Materialmodelle und erweiterte Anwendungen.
 - Schnittstelle für universitäre Weiterentwicklungen.
 - Schnelle, einfache und kostengünstige Reaktionsmöglichkeit bei Einführung neuer Materialien und Prozesse.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt

Seite 28

Gliederung

Einleitung

Anforderungen an die
Umformtechnik und
den Werkzeugbau

Virtuelle Absicherung

Anwenderprofile

Prozesse im Wandel

Entwicklungsziel

Entwicklungsziel. Einsetzbarkeit in der Zukunft.

- Das Simulationssystem der BMW Group in Zukunft:
 - Offene Datenstrukturen.
 - Effektiver und effizienter Solver.
 - Kurze Antwortzeiten.
 - Einfache Bedienbarkeit (auch für Nicht-Spezialisten).
 - Niedrige Kosten.

Asp. d. Simulation
Blechumformung im
ind. Umfeld.
BMW Group
Dr.-Ing. Meinhardt
Seite 29

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

