

---

# Verarbeitungshinweise beim Schneiden von Mehrfachblechen

---

Dipl.-Ing. Patricia Weigel

IWU – Workshop  
„Strategien zum sicheren Blechformteil“

Chemnitz, 07. November 2007

---

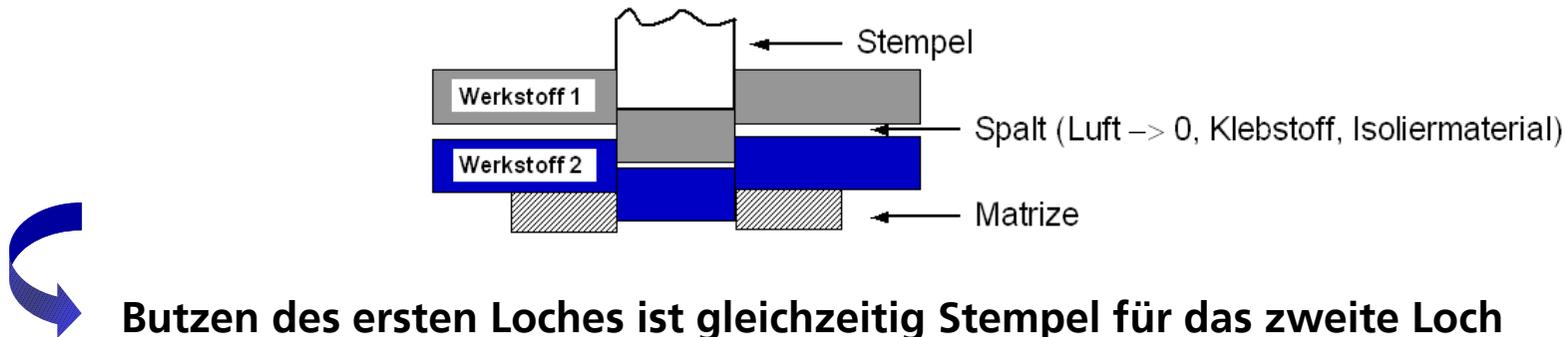
# Inhalt

---

- 1. Zielstellung / Projektinhalt**
2. Ausgewählte Versuchsergebnisse
3. FE-Simulation

# 1. Zielstellung / Projektinhalt

## Gemeinsames Lochen und Beschneiden von Werkstücken aus unterschiedlichen Werkstoff- und Blechdickenkombinationen



- Ziele:**
- Machbarkeit der Durchmesser- und Formtoleranz
  - Realisierung fluchtender Konturen
  - Einsparung von Prozessstufen

### Ergebnis des Vorhabens:

Verarbeitungsrichtlinien zur Erreichung minimaler Maß-, Form- und Lageabweichungen beim Lochen und Beschneiden von mehrlagigen Blechpaarungen

# 1. Zielstellung / Projektinhalt

Folgende Blechpaarungen wurden untersucht:

Versuchsvarianten					
Stempelseite		s [mm]	Stempelseite		s [mm]
Matrizenseite		s [mm]	Matrizenseite		s [mm]
V1	DC04	0,7	V2	DC04	1,0
	DC04	1,0		DC04	0,7
V3	DC04	1,0	V4	TRIP 800	1,0
	TRIP 800	1,0		DC04	1,0
V5	1.4301	0,5	V6	1.4301	0,7
	1.4301	0,7		1.4301	0,5
V7	AA 5083	1,0	V8	AA 6016	1,0
	AA 6016	1,0		AA 5083	1,0

Variation



Blechdicke

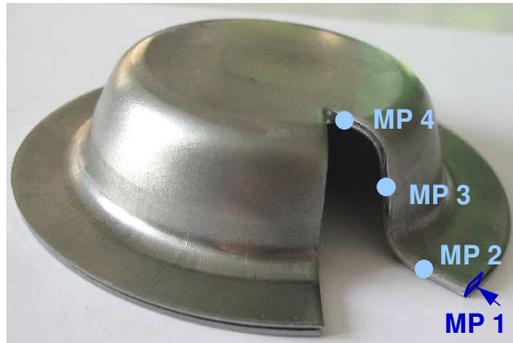
Werkstoff

Blechdicke

Werkstoff

# 1. Zielstellung / Projektinhalt

## Schneiden im offenen Schnitt (3D-Beschnitt)



konischer Napf mit 15°-Zarge

20 Versuche pro Variante  
(Messteil 1, 10, 20)

Schneidspaltabstufungen:  
 $u = 0,04 \dots 0,24 \text{ mm}$

- Ermittlung der Schneidkraft
- Beurteilung des Werkzeugverschleißes
- Bestimmung der Schnittqualität (Einzug, Glattschnitt, Grat)

Messposition 1	Messposition 2	Messposition 3	Messposition 4
obere Blechlage			
$h_E = 771 \mu\text{m}$ $b_E = 2445 \mu\text{m}$	$h_S = 773 \mu\text{m}$ $h_B = 346 \mu\text{m}$	$h_S = 817 \mu\text{m}$ $h_B = 373 \mu\text{m}$	$h_S = 675 \mu\text{m}$ $h_B = 346 \mu\text{m}$
untere Blechlage			
$h_G = -44 \mu\text{m}$ $b_G = 512 \mu\text{m}$	$h_S = 0 \mu\text{m}$ $h_B = 799 \mu\text{m}$	$h_S = 187 \mu\text{m}$ $h_B = 648 \mu\text{m}$	$h_S = 0 \mu\text{m}$ $b_B = 684 \mu\text{m}$

am Bsp. von DC04 ( $s_0 = 1,0 \text{ mm}$ ) / TRIP 800 ( $s_0 = 1,0 \text{ mm}$ );  $u = 0,04 \text{ mm}$

# Inhalt

---

1. Zielstellung / Projektinhalt
- 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse**
3. FE-Simulation

## 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse

### Ermittlung der Schneidkraft

#### ■ Schneidkraftmaxima aller Versuchsvarianten

Schneidkraftmaxima $F_{Smax}$ [kN]											
in Abhängigkeit vom Schneidspalt $u$ [mm]											
Werkstoffkombination	Blechdicke $s$ [mm]	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24
DC04/ DC04	0,7/ 1,0	19,7	20,8	20,2	20,4	19,7	21,8	21,8	25,4	24,6	24,4
DC04/ DC04	1,0/ 0,7	20,2	19,3	20,6	20,4	20,8	21,5	23,8	25,2	25,4	27,1
DC04/ TRIP 800	1,0/ 1,0	44,4	42,7	44,5	44,6	46,2	46,8	47,3	46,8	46,2	45,6
TRIP 800/ DC04	1,0/ 1,0	46,1	45,5	46,1	45,5	47,1	43,6	44,3	45,4	44,0	43,1
1.4301/ 1.4301	0,5/ 0,7	35,2	33,8	35,2	33,4	37,7	38,3	39,9	37,3	35,7	-
1.4301/ 1.4301	0,7/ 0,5	35,2	35,2	34,1	32,2	35,2	38,9	35,4	33,5	34,6	35,6
AA5083/ AA6016	1,0/ 1,0	15,9	16,0	14,8	15,2	12,9	15,7	13,1	12,4	12,1	12,5
AA6016/ AA5083	1,0/ 1,0	13,2	12,1	12,8	13,3	13,2	12,2	11,7	12,2	12,5	10,8

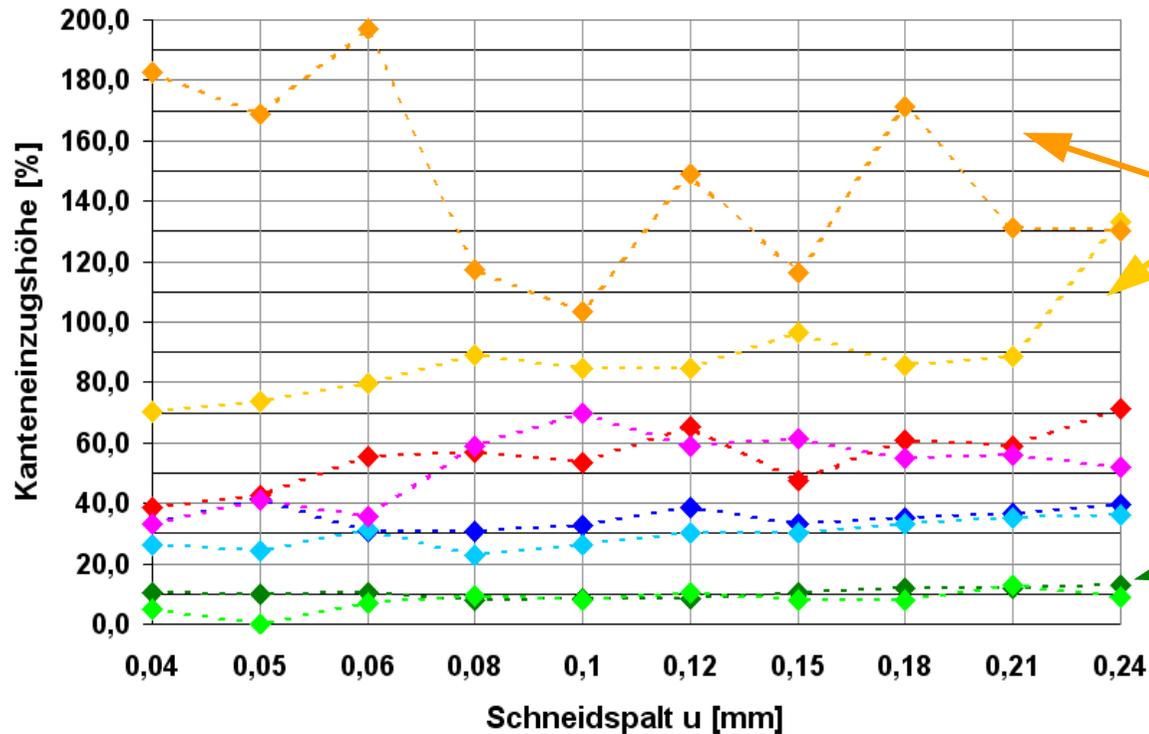
■ größte Werte bzgl. Blechpaarung    ■ kleinste Werte bzgl. Blechpaarung

- **größter Kraftbedarf** bei den **TRIP 800/ DC04**-Paarungen und **geringster** bei den **Al-Paarungen**
- Schneidkraftbedarf abhängig von der Zugfestigkeit der Werkstoffe
  - höherfester Stahl/Tiefziehstahl :  $F_{Smax} \approx 43...47$  kN
  - Edelstahl:  $F_{Smax} \approx 32...40$  kN
  - Tiefziehstahl:  $F_{Smax} \approx 19...27$  kN
  - Aluminium:  $F_{Smax} \approx 11...16$  kN
- **Kraftverringerng** mit Vergrößerung des bezogenen Schneidspalts nur bei **AA6016/AA5083** deutlich; bei den restlichen Varianten variieren die Kraftmaxima über die Schneidspaltabstufungen

## 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse

### Bestimmung der Schnittqualität

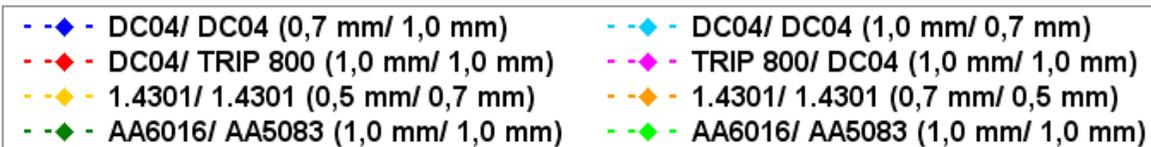
■ Kanteneinzugshöhe an der oberen Blechlage in Abhängigkeit vom Schneidspalt (I)



• größte Kanteneinzugshöhen bei den Edelstahlpaarungen

➔ starke Schnittteilverformung bei 1.4301/ 1.4301 (0,7 mm/ 0,5 mm)

• geringste Kanteneinzugshöhen bei den Al-Paarungen (ca. 9%•s) gefolgt von DC04/DC04



Prof. Neugebauer



Fraunhofer  
Institut  
Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik

Verarbeitungshinweise beim  
Schneiden von Mehrfachblechen

## 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse

### Bestimmung der Schnittqualität

- Kanteneinzugshöhe an der oberen Blechlage in Abhängigkeit vom Schneidspalt (II)

Variation ↓		Kanteneinzugshöhe $h_E / s$ [%] bezogen auf die Gesamtlechdicke der Doppellage										
		Werkstoff- kombination	Blechdicke $s$ [mm]	Schneidspalt $u$ [mm]								
				0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21
$s_0$	DC04/ DC04	0,7 / 1,0	33,1	41,8	30,6	30,4	32,9	38,6	33,2	35,3	36,6	39,8
	DC04/ DC04	1,0 / 0,7	26,0	24,2	31,0	22,8	26,2	30,4	30,0	33,3	35,4	36,3
Werkstoff	DC04/ TRIP 800	1,0 / 1,0	38,5	42,8	55,6	56,7	53,4	65,5	47,3	61,1	59,1	71,4
	TRIP 800/ DC04	1,0 / 1,0	33,4	40,8	35,9	59,0	69,6	58,8	61,3	54,8	56,1	52,1
$s_0$	1.4301/ 1.4301	0,5 / 0,7	70,3	73,8	79,5	89,1	84,8	84,6	96,8	85,7	88,6	-
	1.4301/ 1.4301	0,7 / 0,5	182,7	168,6	197,2	117,2	103,3	149,2	116,1	171,2	131,2	130,4
Werkstoff	AA5083/ AA6016	1,0 / 1,0	10,4	9,7	10,4	8,0	8,4	8,5	10,4	11,9	11,7	13,1
	AA6016/ AA5083	1,0 / 1,0	5,0	0,0	7,1	9,4	7,8	10,2	7,7	7,8	12,8	9,0

- geringste Kanteneinzugshöhen bei der Blechpaarung AA 6016/ AA 5083
- tendenzieller Anstieg der Kanteneinzugshöhe mit steigendem bezogenen Schneidspalt (insbesondere bei den DC04-Paarungen)
- Zunahme der Kanteneinzugshöhe mit Vergrößerung der Blechdicke bei den Edelstahlpaarungen (bei den DC04-Paarungen nicht)



kleinste Werte bzgl. Blechpaarung



keine Zunahme des Kanteneinzugs bei Vergrößerung des bezogenen Schneidspaltes



keine Zunahme des Kanteneinzugs bei steigender Blechdicke

Verarbeitungshinweise beim Schneiden von Mehrfachblechen

## 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse

---

### Bestimmung der Schnittqualität

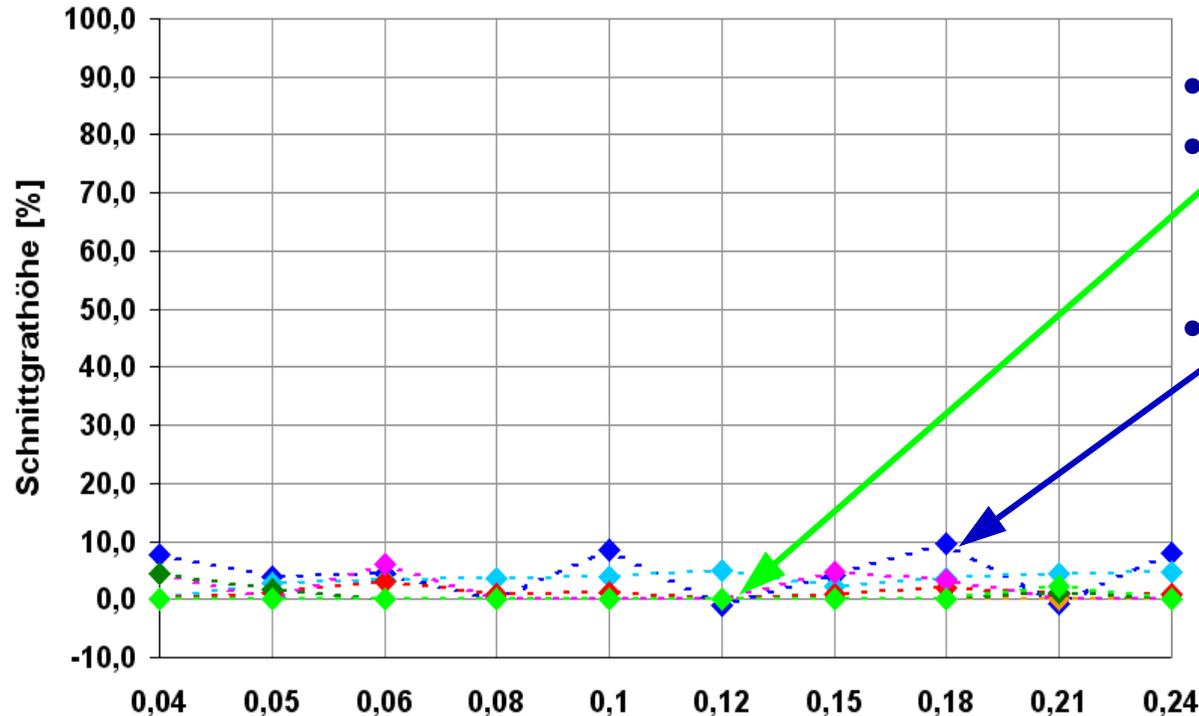
#### ■ Glattschnitthöhe der Doppellage

- **größter Glattschnittanteil** (ca. 50...70%) bei den **Edelstahlpaarungen** (besonders 0,7 mm / 0,5 mm)
- bei vollkantigem Schnitt (Boden und Flansch): **geringster Glattschnittanteil** bei den **Al-Paarungen**
- bei ziehendem Schnitt (Zarge): **geringster Glattschnittanteil** bei den **TRIP 800-DC04-Paarungen**
  
- **Abnahme des Glattschnittanteils mit Vergrößerung des Schneidspalts** nur **teilweise** feststellbar
- VDI 2906, Bl.2:  $u/s < 4\%$  für möglichst hohen Glattschnittanteil - bei **Paarung verschiedener Werkstoffe gleicher Blechdicke größtenteils zutreffend** (vgl. DC04-TRIP800, AA5083-AA6016,  $u = 0,04...0,08$  mm)
  
- DC04- und Edelstahl-Paarungen: **größerer Glattschnittanteil**, wenn **dickere Blechlage oben**
  
- DC04-TRIP 800-Paarungen und Al-Paarungen: **größerer Glattschnittanteil**, wenn **Werkstoff mit der höheren Zugfestigkeit unten**

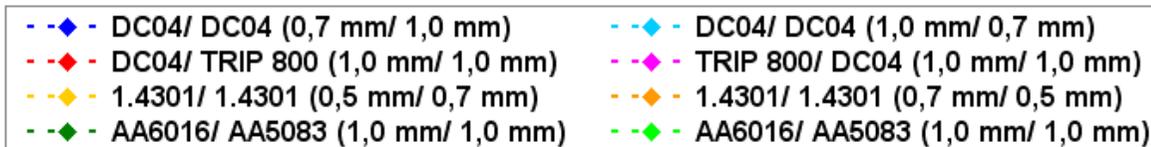
## 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse

### Bestimmung der Schnittqualität

■ Schnittgrathöhe an der unteren Blechlage in Abhängigkeit vom Schneidspalt



- Grathöhen von  $h_G / s = 0 \dots 9,6\%$
- kein Grat bei Edelstahlpaarungen, geringer Grat bei Al-Paarungen
- größte Grathöhen bei DC04/ DC04
- bei 1,0/ 0,7: Zunahme der Grathöhe bei Schneidspaltvergrößerung
- bei 0,7/ 1,0: keine Tendenz starke Streuung der Werte



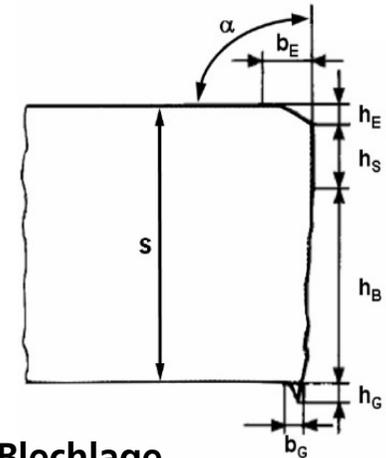
Prof. Neugebauer

## 2. Ausgewählte Versuchsergebnisse

### Bestimmung der Schnittqualität

#### ■ Zusammenfassung / Verarbeitungshinweise

- geringste Kanteneinzugshöhen bei den Aluminiumpaarungen
- tendenzielle Verringerung der Kanteneinzugshöhe bei **Abnahme** des bezogenen Schneidspaltes und wenn der **Werkstoff mit der geringeren Duktilität oben** angeordnet wird
- **größter Glattschnittanteil** (ca. 50...70%) bei den **Edelstahlpaarungen**
- DC04- und Edelstahl-Paarungen: **größerer Glattschnittanteil**, wenn die **dickere Blechlage oben** angeordnet wird
- DC04-TRIP 800- sowie Al-Paarungen: **größerer Glattschnittanteil**, wenn der **Werkstoff mit der höheren Zugfestigkeit unten** angeordnet wird und bei **Schneidspalt  $u/s < 4\%$**  bezogen auf die Gesamtblechdicke
- kein Schnittgrat bei den **Edelstahlpaarungen**, **geringer Grat** bei den **Aluminiumpaarungen**



# Inhalt

---

1. Zielstellung / Projektinhalt
2. Ausgewählte Versuchsergebnisse
- 3. FE-Simulation**

### Zielstellung entsprechend Antrag

#### Aufgabe:

- Simulation des Schneidvorgangs für alle Blechpaarungen bei Variation des Schneidspalts

#### Zielstellung:

- Eingrenzung der Variantenvielfalt für die experimentellen Untersuchungen durch Vorauswahl realisierbarer Schneidspalte

#### Beurteilungskriterien:

- Kanteneinzug und Grathöhe



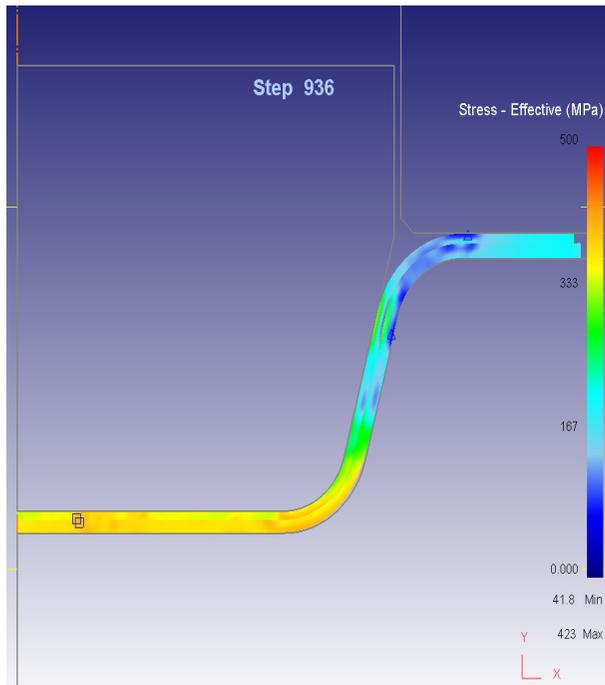
#### Einsatz der Simulationssoftware **DEFORM**

- Möglichkeit der adaptiven Neuvernetzung
- variable Netzdichte während des Schneidprozesses

### 3. FE-Simulation

## Vorgehensweise / Modellbildung

### Simulation des Tiefziehprozesses



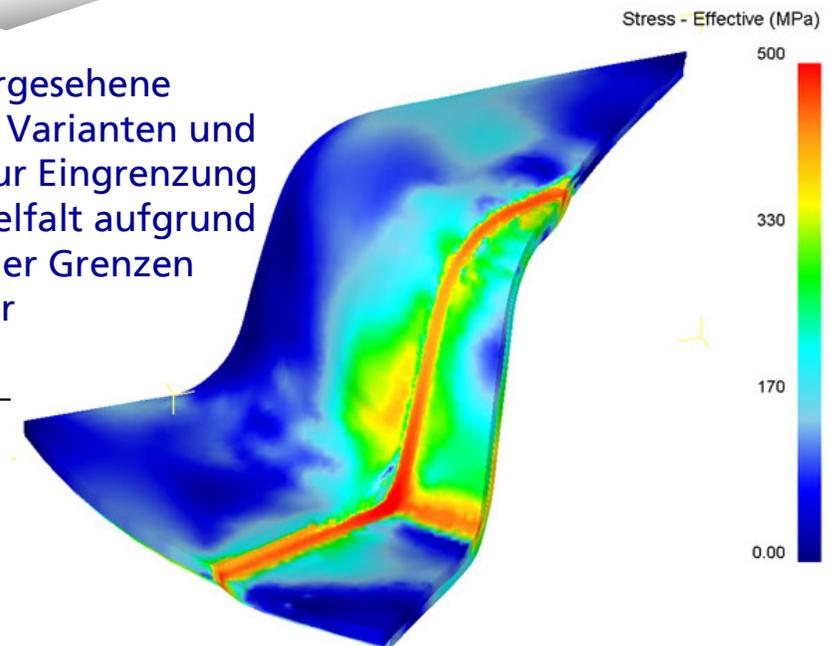
### Simulation des Schneidprozesses

#### 3D-Modell mit DEFORM V6.0

- elastisch-plastisches Materialverhalten, mit Versagenskriterium (Cockroft-Latham), keine Schädigung
- 45°-Ausschnitt des Napfes
- 200.000 Elemente, lokal verfeinertes Startnetz
- adaptive Neuvernetzung

⇒ ca. 1 Woche Rechenzeit je Schneidvorgang

ursprünglich vorgesehene Simulation aller Varianten und Schneidspalte zur Eingrenzung der Variantenvielfalt aufgrund rechentechnischer Grenzen nicht realisierbar



am Beispiel von DC04 (1,0 mm) / DC04 (0,7 mm);  $u = 0,24$  mm

Prof. Neugebauer



Fraunhofer  
Institut  
Werkzeugmaschinen  
und Umformtechnik

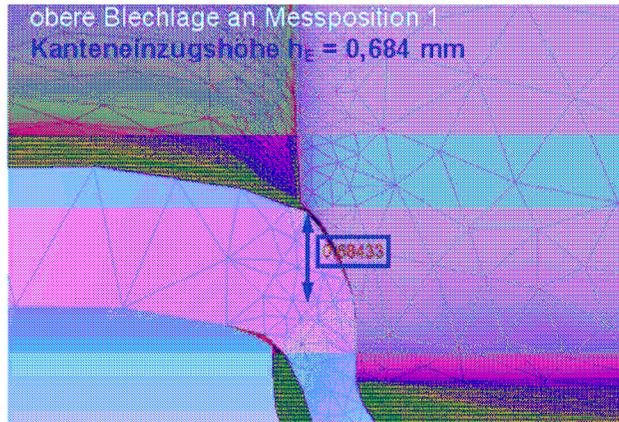
### 3. FE-Simulation

## Verifikation der Simulationsergebnisse

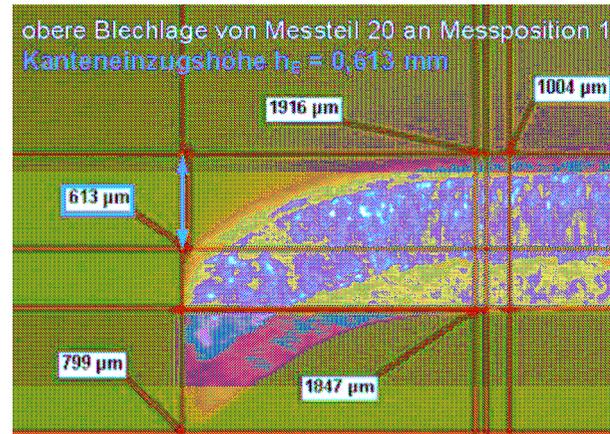
am Beispiel von DC04 (1,0 mm) / DC04 (0,7 mm);  $u = 0,24$  mm

### Vergleich mit Realversuchen:

- anhand geometrischer Größen der Schnittfläche (d.h.  $h_E$ )



Seitenansicht der Schnittfläche in der FE-Simulation



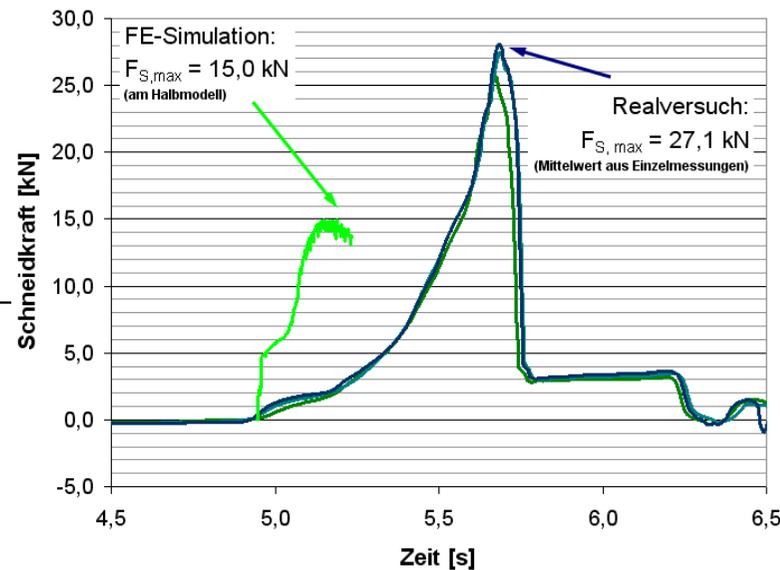
Makroskopie der Schnittfläche des Realversuchs

$$h_{E,sim} = 0,684 \text{ mm}$$

$$\approx$$

$$h_{E,real} = 0,613 \text{ mm}$$

- anhand der **Schneidkraftmaxima**



$$F_{S,sim} = 30,0 \text{ kN}$$

$$\approx$$

$$F_{S,real} = 27,1 \text{ kN}$$

Verarbeitungshinweise beim Schneiden von Mehrfachblechen

## Verarbeitungshinweise beim Schneiden von Mehrfachblechen

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!