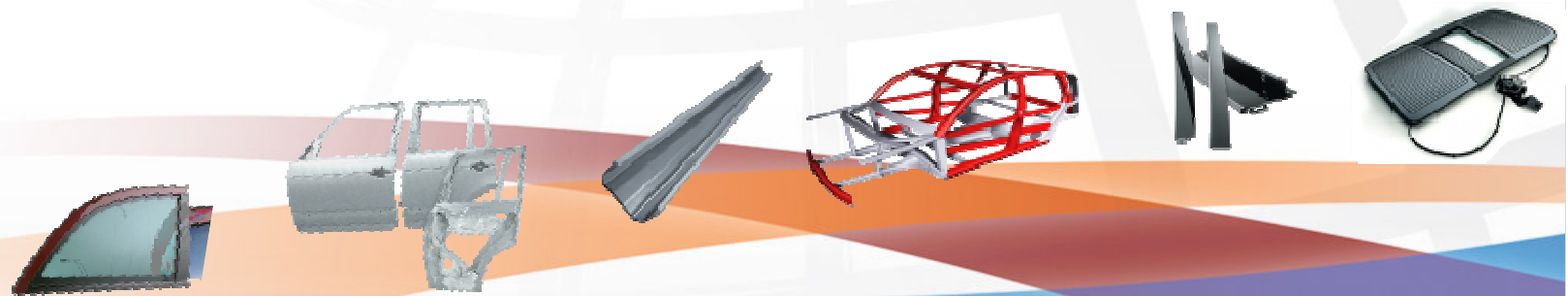


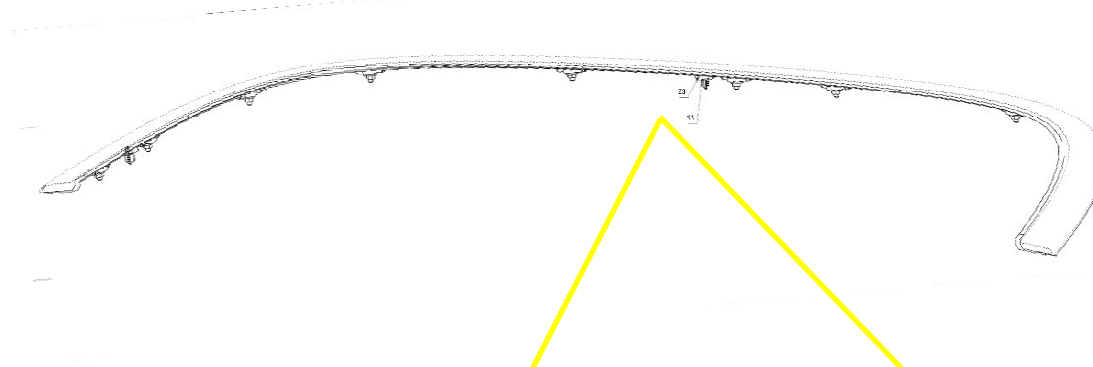
one**WORLD**.one**DURA**.



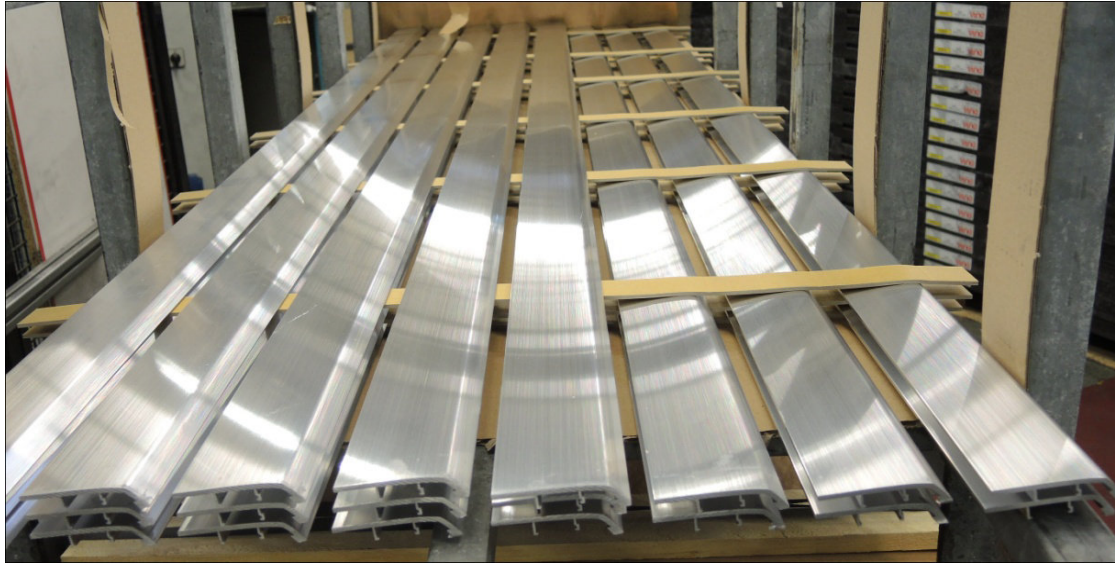
Kolloquium 25.07.2014 – Benedikt Kaffanke

Einfluss des Ausgangs- und Werkzeugmaterials auf Umformprozesse zur Herstellung von Verzierungselementen in der Automobilbranche

Verdeckkastendeckel des Audi A3 Cabriolets



- Keine Beulen
- Keine Oberflächenfehler
- Ideale Fugenverläufe
- Präzise Radian (*Anmutungspaket*)
- Kleine Form- und Lagetoleranzen
- Kleine Spalttoleranzen



Aluminium Strangpressprofile

Vorteile:

- Gute Umformbarkeit
- Hohe Korrosionsbeständigkeit*
- Hervorragende Oberflächengüte zu erzielen*
- Hoher Glanzgrad*
- Geringes Gewicht

** in Kombination mit dem Eloxalverfahren*

Strangpressprofile werden mit bestimmten mechanischen Eigenschaften bestellt.

Die wichtigsten sind:

- *Zugfestigkeit R_m [N/mm²]*
- *Dehngrenze $R_{p0,2}$ [N/mm²]*
- *Bruchdehnung A [%]*

Für die Versuchsdurchführung werden folgende Materialien verwendet:

- **F13**
- **Fxx***
- **F17**
- **F18**
- **F19**

Chargenbezeichnung → F“Zugfestigkeit“ → z.B. „F17“ mit $R_m = 170$ N/mm²

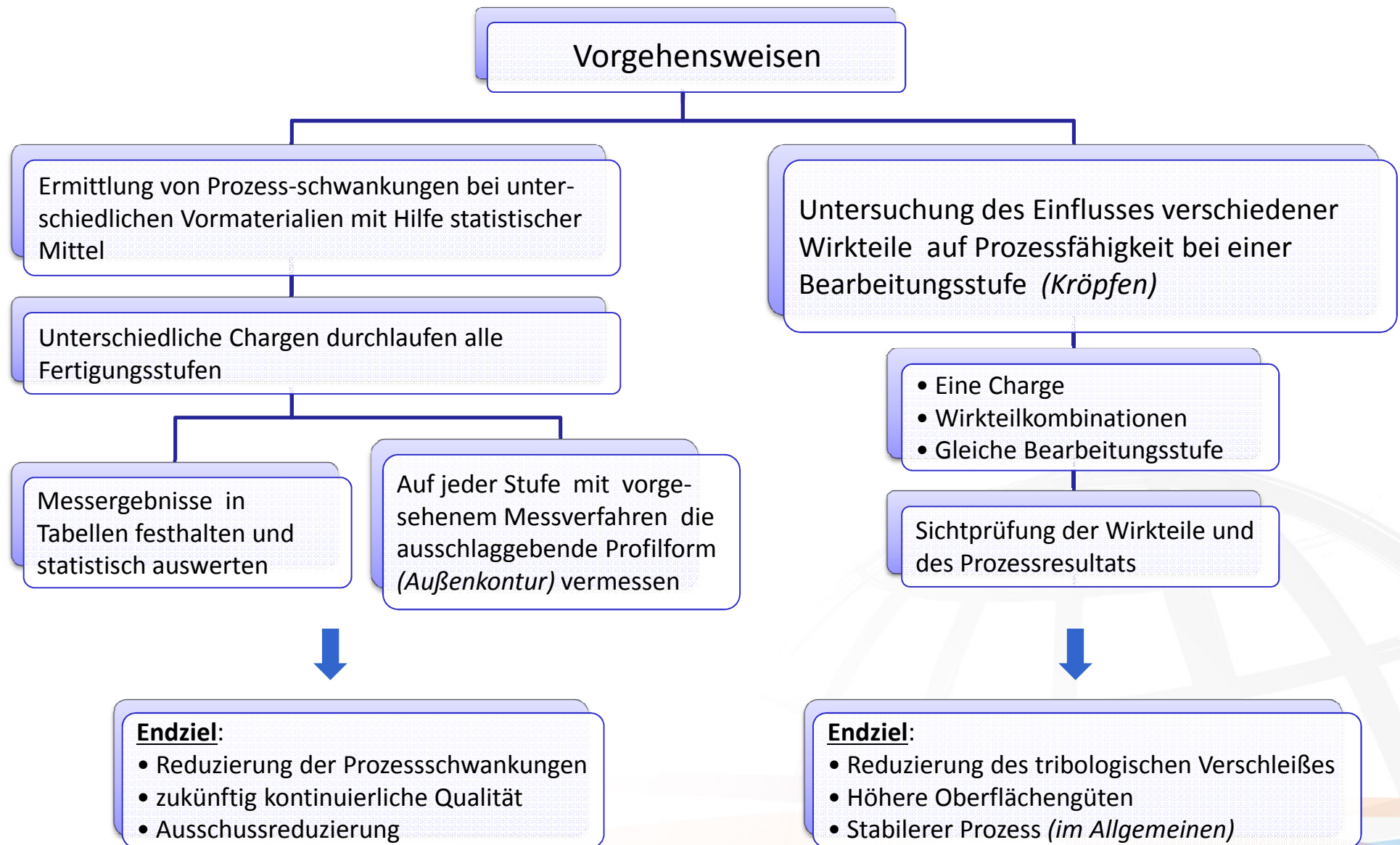
**Fxx = vorgezogener Kaltauslagerungsprozess → mechanische Eigenschaften sind stabilisiert*

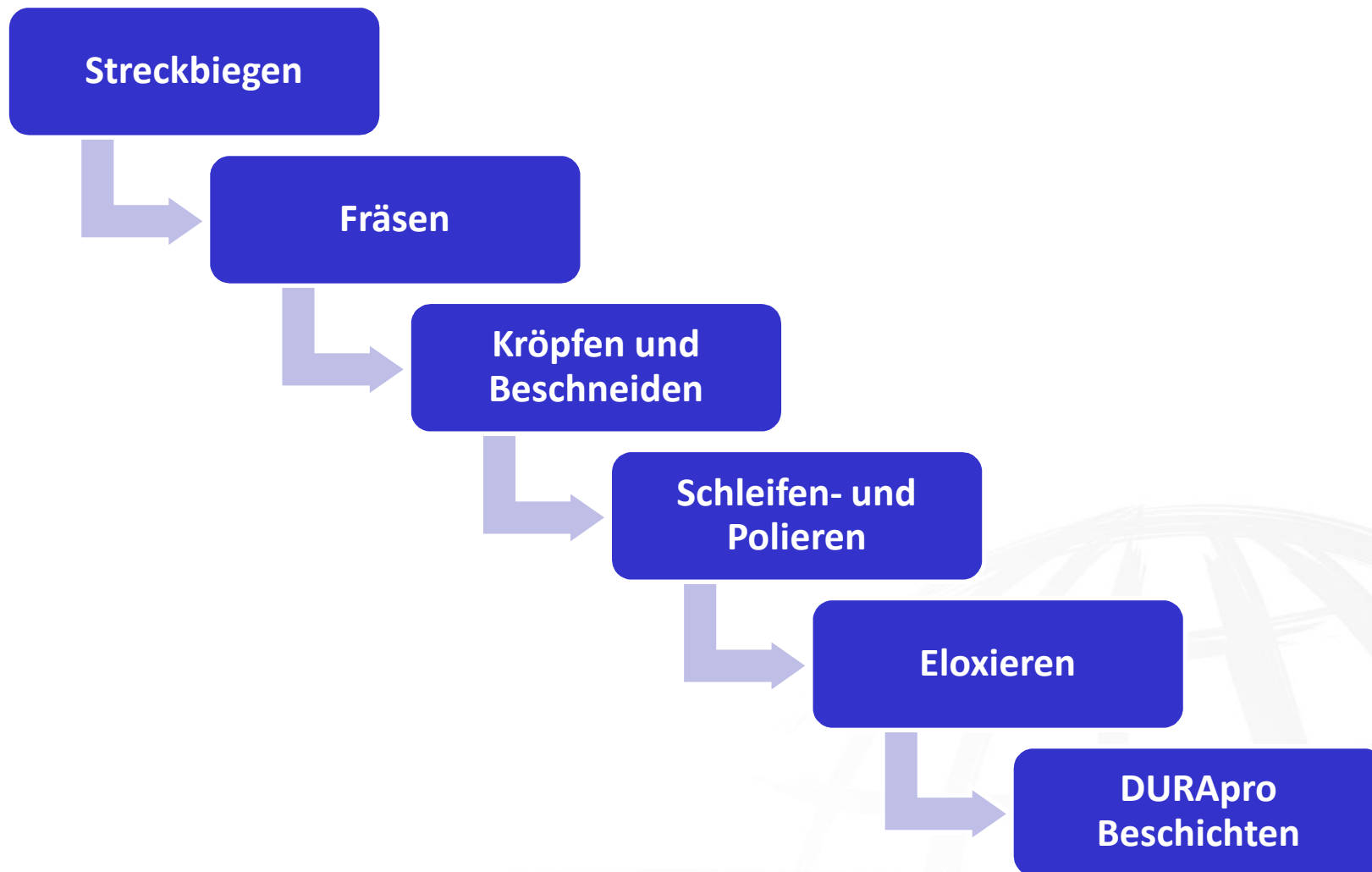
Einige Chargen mit Materialkennwerten, es wurden zusätzlich **F18** und **F19** Proben in der Versuchsreihe gefahren

Material Charge	Zugfestigkeit R_m [N mm ⁻²]	Streckgrenze $R_{p0,2}$ [N mm ⁻²]	Bruchdehnung A_{50} [%]	Zustand
1.F17	160,25	85,55	12,3	T61
2.Fxx	152,4	74,65	11,65	T61
3.F13 Serie	149,3	70,55	20,41	T4

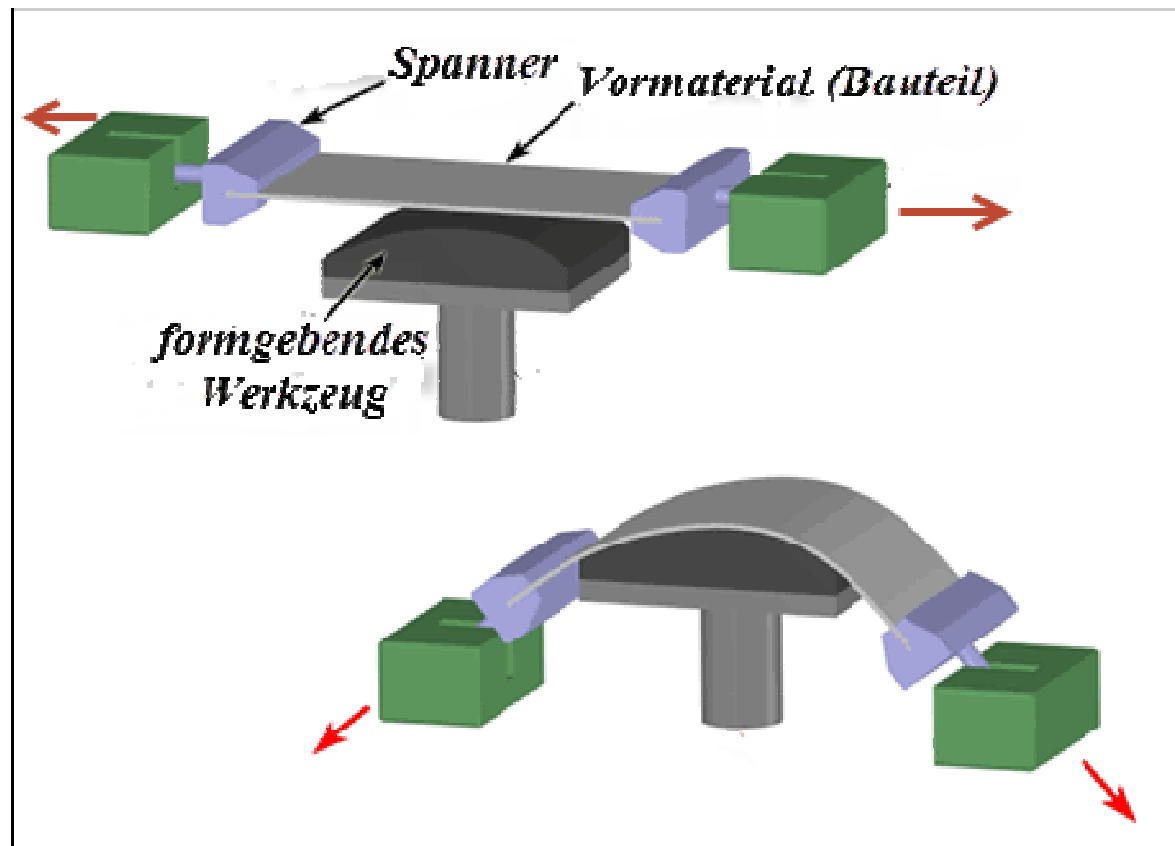
- Lösungsgeglüht
- Nicht vollständig warmausgelagert
- Überaltert

- Lösungsgeglüht
- Kaltausgelagert





Streckbiegen

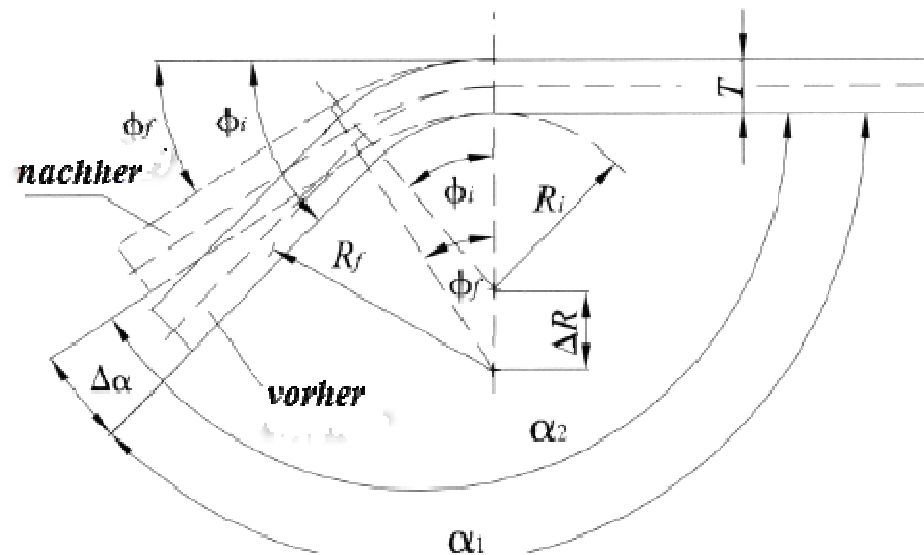


Warum Streckbiegen?

Minimierung der Rückfederung

Erhaltung von Profilstegen für Befestigungselemente

Prinzip Rückfederung

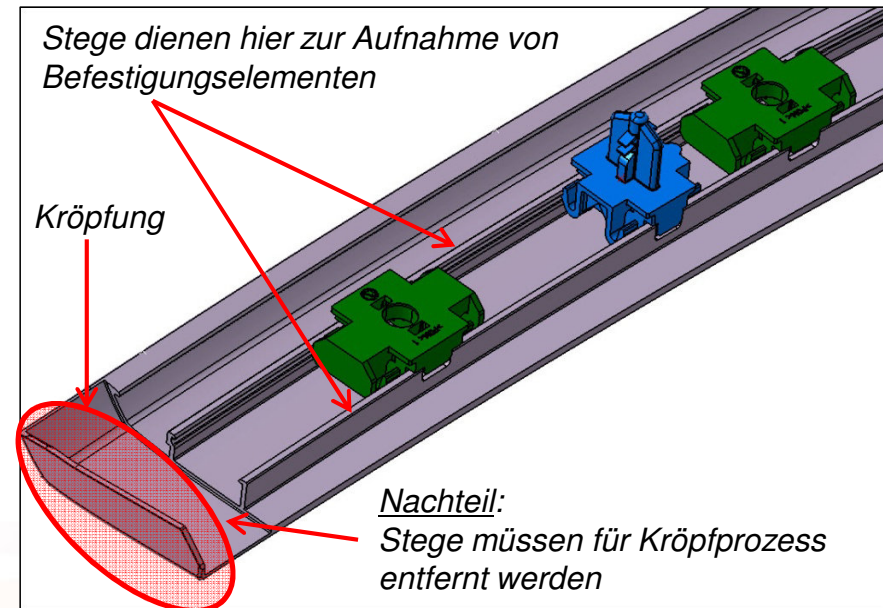


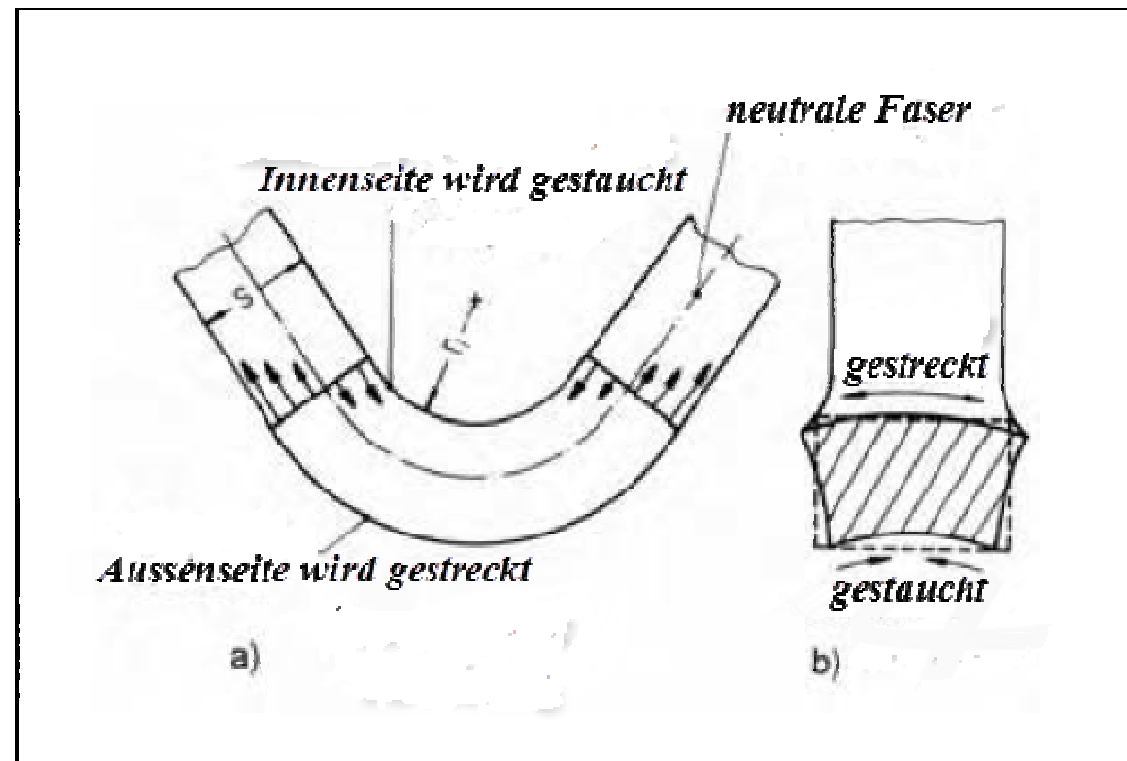
Stege dienen als Befestigungsmöglichkeit

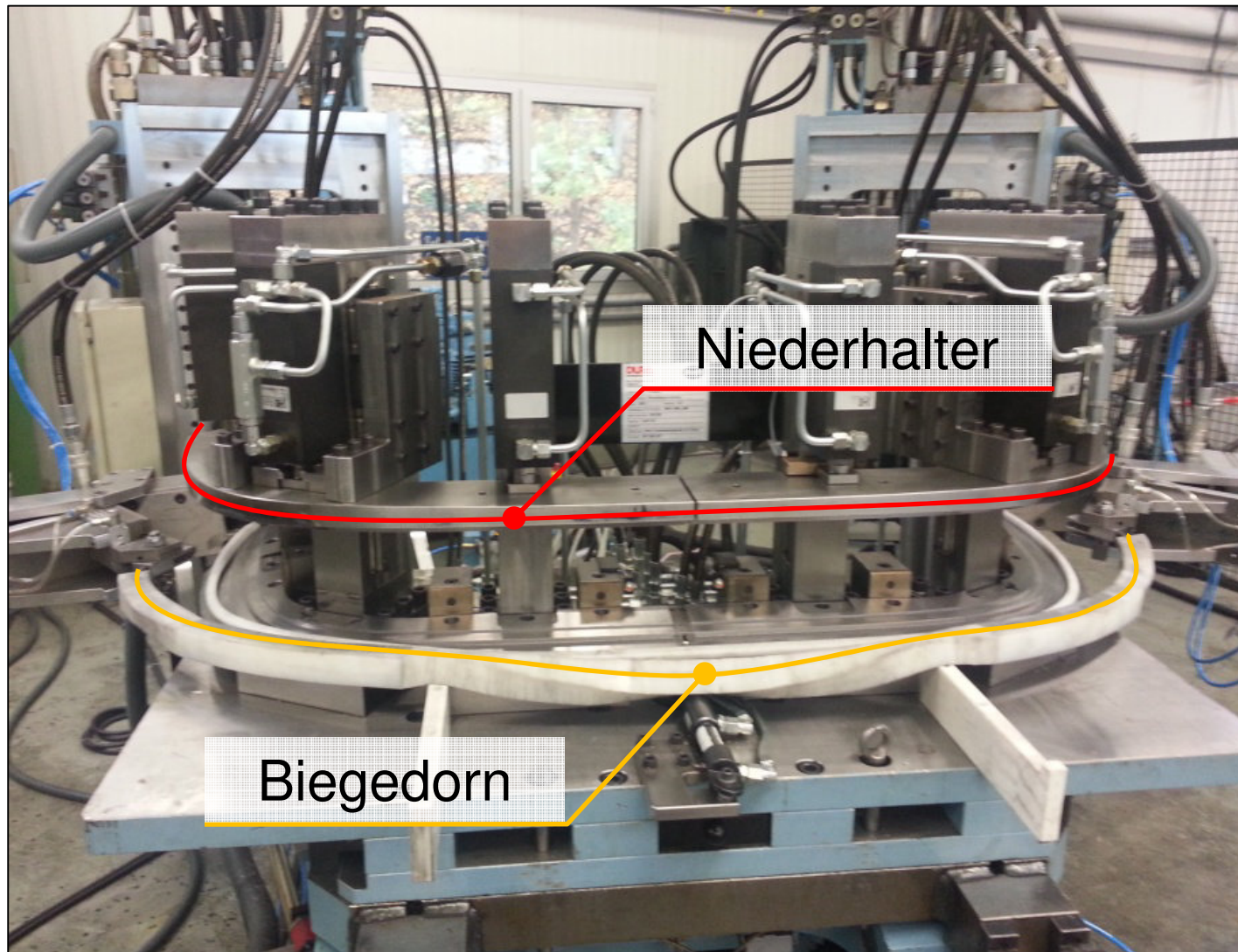
Stege dienen hier zur Aufnahme von Befestigungselementen

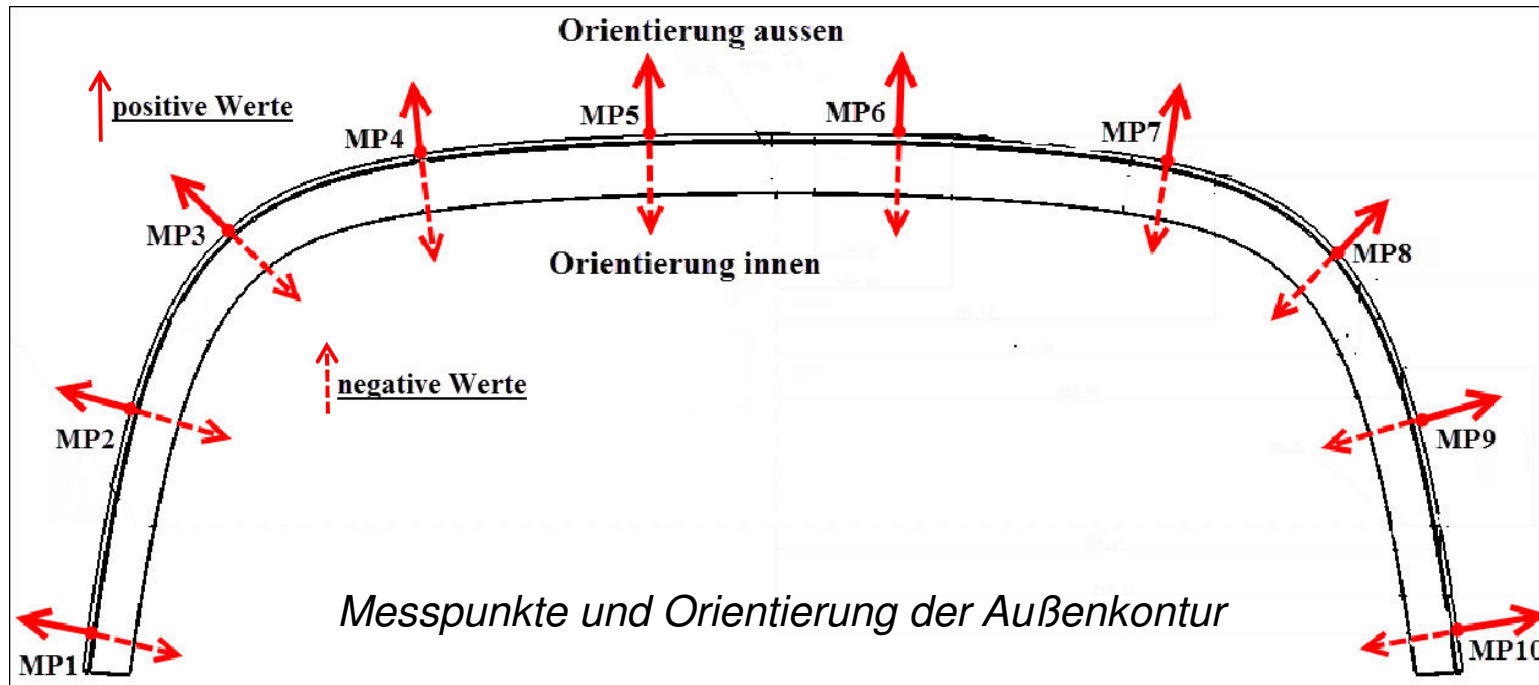
Kröpfung

Nachteil:
Stege müssen für Kröpfungprozess entfernt werden



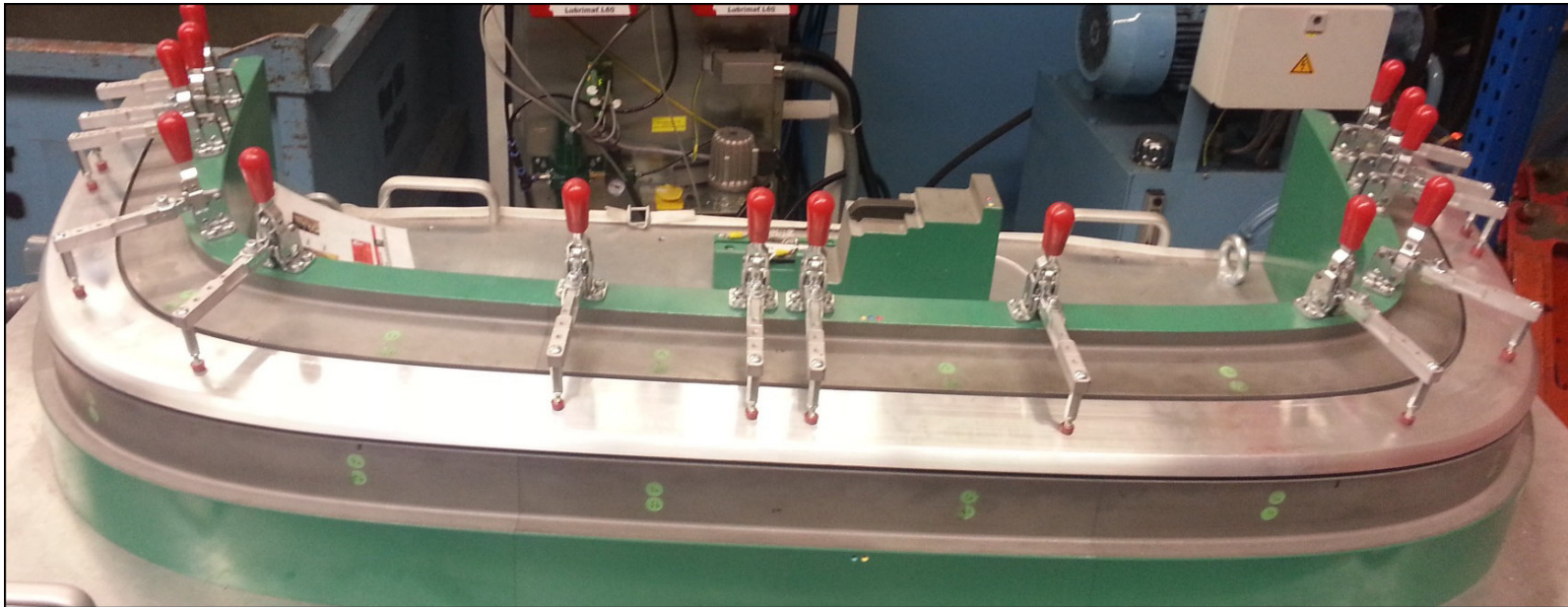






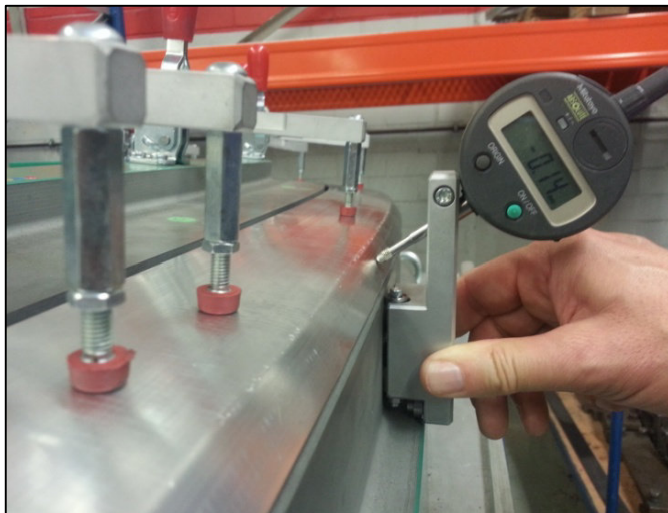
- Nennmaß der Außenkontur ist Null
- Positive Messwerte bedeuten, insbesondere an den Messpunkte MP1 – MP2 und MP9 – MP10, eine erhöhte Rückfederung

Messlehre

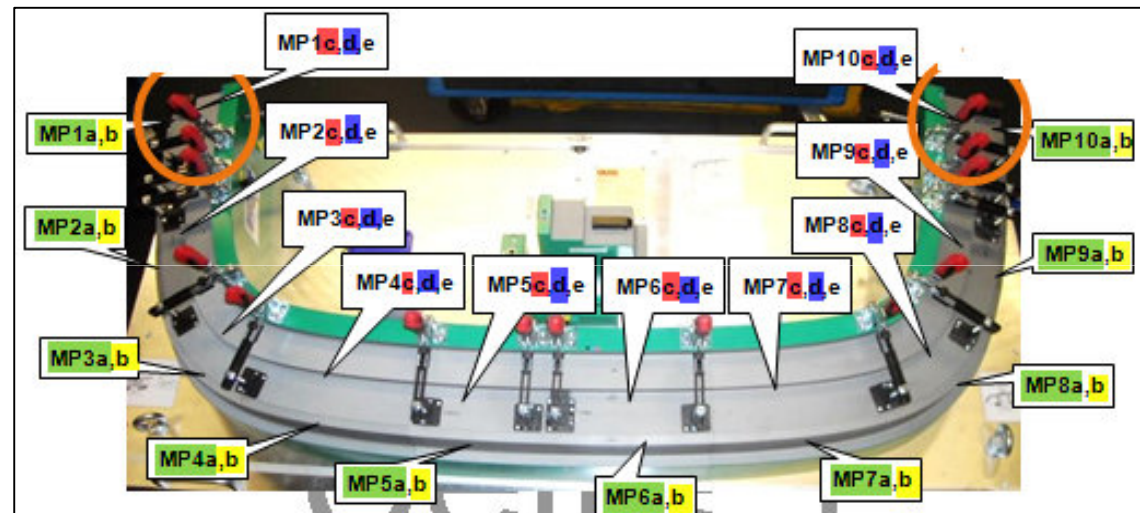


Eingelegtes Bauteil in Messlehre → Einbausituation soll simuliert werden



Abfahren der Messpunkte
„Kontur außen“ mit der Messuhr

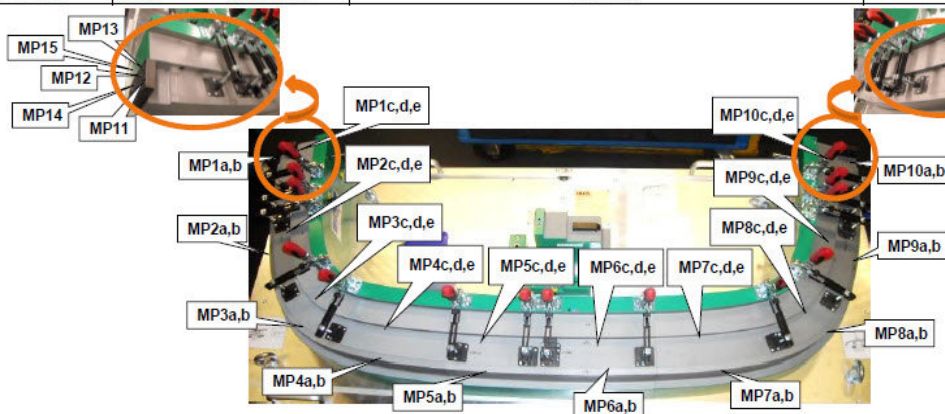


Grün markiert, Messpunkte der Außenkontur



Messprotokoll zur Erfassung der Messergebnisse verschiedener Messbereiche

		Sach-Nr.: 8V7 853 297 Idt. Nr.: 524340 Stand: 05.06.2013	MessProtoKoll Verdeckkastendeckel AUDI A3	Wzg.Nr.: 52055.6 
---	--	--	--	---



Name: _____
Datum: _____

Messuhr (grün) Kontur aussen 0,0 ± 0,4										Messuhr (gelb) Beschnitt vorne unten 0,0 ± 0,4										Messuhr (rot) Wölbung oben innen 0,0 ± 0,4										
Nr	MP1a	MP2a	MP3a	MP4a	MP5a	MP6a	MP7a	MP8a	MP9a	MP10a	MP11a	MP12a	MP13a	MP14a	MP15a	MP16a	MP17a	MP18a	MP19a	MP20a	MP21a	MP22a	MP23a	MP24a	MP25a	MP26a	MP27a	MP28a	MP29a	MP30a
1																														
2																														
3																														
4																														
5																														
6																														
7																														

Messuhr (blau) Wölbung oben aussen 0,0 ± 0,4										Messuhr (schwarz) Beschnitt oben innen 0,0 ± 0,4										Messuhr (weiss) Länge 0,9 -0,3 1,2 -0,3										
Nr	MP1d	MP2d	MP3d	MP4d	MP5d	MP6d	MP7d	MP8d	MP9d	MP10d	MP11d	MP12d	MP13d	MP14d	MP15d	MP16d	MP17d	MP18d	MP19d	MP20d	MP21d	MP22d	MP23d	MP24d	MP25d	MP26d	MP27d	MP28d	MP29d	MP30d
1																														
2																														
3																														
4																														
5																														
6																														
7																														

C:\Users\B\Downloads\ctrldocs_MessProtoKolle_Audi_A 3 Cabrio Glanzpaket_A-52055_MPK_Verdeckkastendeckel_Erprobungsphase (2).xlsx

Erfassungsfeld für
Kontur außen (grün)

Empirische Standardabweichung

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Standardabweichung des Mittelwerts (mit Berücksichtigung des Vertrauensbereichs)


$$s_{\bar{x}} = \Delta \bar{x} = \frac{t_{0,95}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Nr.	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10	
1	2,47	0,94	0,2	-0,11	-0,45	-0,5	-0,31	-0,41	0,82		2,6
2	2,33	0,93	0,17	-0,15	-0,5	-0,56	-0,32	-0,39	0,91		2,53
3	2,59	1,29	0,34	-0,19	-0,5	-0,51	-0,26	-0,69	0,33		2
4	2,27	0,94	0,18	-0,15	-0,48	-0,53	-0,31	-0,48	0,69		2,42
5	2,34	1,19	0,35	-0,18	-0,5	-0,52	-0,3	-0,72	0,31		2,01
6	2,46	0,95	0,22	-0,17	-0,52	-0,59	-0,33	-0,41	0,84		2,62
7	2,68	1,22	0,39	-0,16	-0,51	-0,55	-0,28	-0,6	0,39		2,14
8	2,36	0,84	0,2	-0,11	-0,46	-0,53	-0,3	-0,4	0,81		2,48
9	2,67	1,23	0,97	-0,17	-0,33	-0,23	0,6	0,47	1,3		3,34
10	2,28	0,92	0,24	-0,14	-0,47	-0,52	-0,29	-0,46	0,7		2,39
11	2,62	1,26	0,38	-0,18	-0,5	-0,42	0,03	-0,11	0,74		2,66
12	2,35	0,88	0,22	-0,14	-0,44	-0,5	-0,29	-0,36	0,87		2,66
13	2,69	1,42	0,63	-0,13	-0,58	-0,51	0,24	-0,72	0,31		2,35
14	2,68	1,14	0,47	-0,09	-0,46	-0,52	-0,37	-0,49	1,05		2,83
15	2,65	1,44	0,64	-0,16	-0,56	-0,54	-0,25	-0,56	0,65		2,6
16	2,6	0,99	0,3	-0,02	-0,57	-0,67	-0,36	-0,49	0,82		2,65
17	2,7	1,37	0,58	-0,13	-0,61	-0,52	-0,24	-0,78	0,49		2,4
18	2,56	0,99	0,33	-0,04	-0,53	-0,44	-0,28	-0,51	0,8		2,54
19	2,7	1,31	0,35	-0,23	-0,51	-0,48	-0,19	-0,55	0,37		2,18
20	2,58	1,26	0,31	-0,25	-0,56	-0,6	-0,31	-0,69	0,24		1,95

Messergebnisse einer Charge (n=20Stk.) (nach spezifischer Bearbeitungsstufe)

Einschränkungen durch Rücksichtnahme auf die Serienfertigung

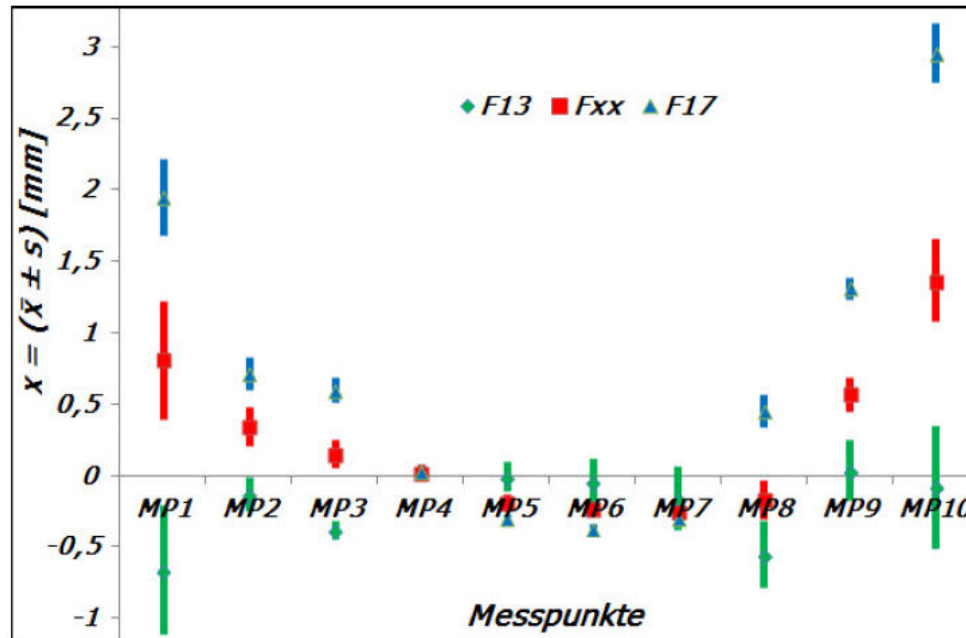
- Streckbiegemaschine musste auf das Serienmaterial F13 eingerichtet bleiben
- Bearbeitungsstufe Schleifen/Polieren wurde, aufgrund von Kapazitätsmangel, teilweise in die Prototypenfertigung ausgelagert
- Durch Bearbeitungsfehler wurden zusätzliche Chargen einiger Festigkeitsklassen gefahren
- Beim Fräsprozess musste, aus Zeitgründen, beide Seiten der doppelten Spannvorrichtung genutzt werden



**Leichte
Einschränkung
der Objektivität**

Streckbiegen erster Durchgang

Visualisierung der Messwerte



Vergleich Messwerte (Mittelwerte) und Prozessschwankungen (durch die Standardabweichung visualisiert). Asymmetrie der Resultate aufgrund von nicht hinreichender Kalibrierung des Biegewerkzeugs. Prozessschwankungen bei F13 insbesondere an den signifikanten Messpunkten MP1 und MP10 am größten. Geringste Prozessschwankung und maximale Rückfederung bei F17.

Tabellarische Messwerte (Mittelwerte)

Material	Messwert $x = (\bar{x} \pm \Delta\bar{x})$ [mm]				
	MP1a	MP2a	MP3a	MP4a	MP5a
F17	$1,95 \pm 0,13$	$0,72 \pm 0,06$	$0,60 \pm 0,04$	$0,028 \pm 0,017$	$-0,297 \pm 0,014$
Fxx	$0,81 \pm 0,21$	$0,34 \pm 0,07$	$0,15 \pm 0,05$	$0,021 \pm 0,027$	$-0,188 \pm 0,030$
F13 Serie	$-0,66 \pm 0,22$	$-0,13 \pm 0,06$	$-0,38 \pm 0,04$	$0,028 \pm 0,024$	$0,00 \pm 0,05$
Material	MP6a	MP7a	MP8a	MP9a	MP10a
F17	$-0,368 \pm 0,014$	$-0,293 \pm 0,012$	$0,46 \pm 0,06$	$1,31 \pm 0,04$	$2,96 \pm 0,10$
Fxx	$-0,233 \pm 0,024$	$-0,251 \pm 0,015$	$-0,17 \pm 0,07$	$0,57 \pm 0,06$	$1,37 \pm 0,15$
F13 Serie	$-0,04 \pm 0,08$	$-0,16 \pm 0,11$	$-0,55 \pm 0,11$	$0,04 \pm 0,10$	$-0,08 \pm 0,21$

Tabellarische Messwerte (Standardabweichung)

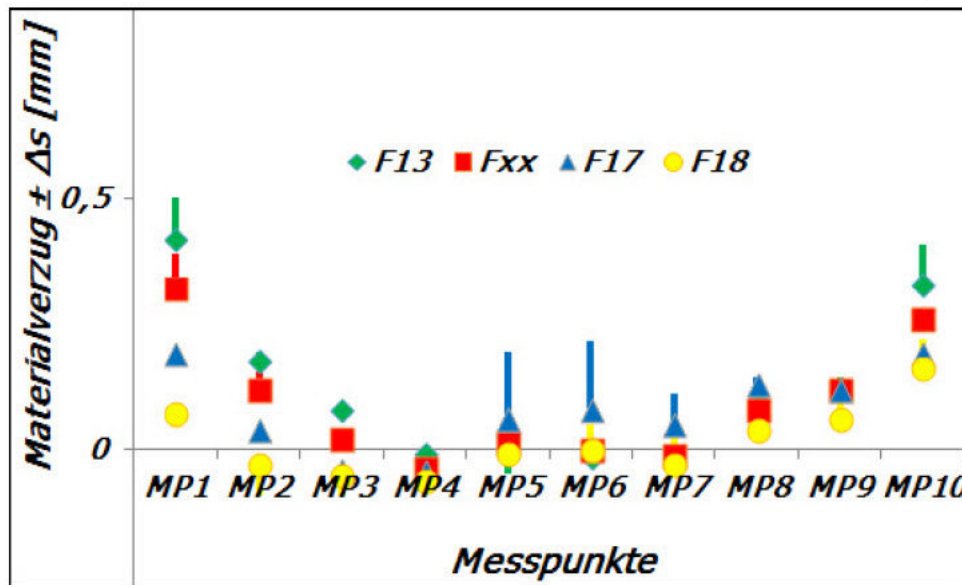
Material	Standardabweichung s [mm]				
	MP1a	MP2a	MP3a	MP4a	MP5a
F17	0,270	0,116	0,086	0,036	0,028
Fxx	0,416	0,138	0,098	0,053	0,060
F13 Serie	0,454	0,121	0,068	0,051	0,103
Material	MP6a	MP7a	MP8a	MP9a	MP10a
F17	0,028	0,025	0,113	0,078	0,210
Fxx	0,048	0,028	0,132	0,121	0,291
F13 Serie	0,164	0,219	0,235	0,211	0,432

Offsetwerte zum Vorprozess

Eloxieren



DURapro Beschichten



Resultat:

- **F18:** geringster Verzug
- **F13:** bei MP1 und MP10 größter Verzug zum Vorprozess
- Differenz der Standardabweichung zum Vorprozess:

- Vertikaler Balken oberhalb Messpunkt zeigt Vergrößerung der Prozessschwankung
- Vertikaler Balken unterhalb Messpunkt zeigt Verkleinerung der Prozessschwankung

Prozess/Diff.	Material	Mittelwerte (bezüglich Messpunkt) und Verzug [mm]									
		MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10
Eloxieren	F13	0,45	0,52	-0,06	-0,107	-0,29	-0,299	-0,252	-1,01	-0,14	0,12
DURapro		0,87	0,7	0,32	-0,113	-0,257	-0,287	-0,238	-0,91	0,02	0,45
Verzug		0,42	0,18	0,38	1,006	0,035	0,012	0,014	0,1	0,12	0,33
Orientierung		ausssen	ausssen	ausssen	innen	ausssen	innen	innen	ausssen	ausssen	ausssen
Durchschnittlicher Verzug		0,1295									
Eloxieren	Fxx	1,58	0,74	0,1	-0,14	-0,439	-0,483	-0,303	-0,72	0,22	1,24
DURapro		1,9	0,86	0,12	-0,176	-0,425	-0,484	-0,314	-0,64	0,34	1,5
Verzug		0,32	0,12	0,32	1,036	0,014	0,001	0,011	0,08	0,12	0,26
Orientierung		ausssen	ausssen	ausssen	innen	ausssen	innen	innen	ausssen	ausssen	ausssen
Durchschnittlicher Verzug		0,0982									
Eloxieren	F17	2,53	1,13	0,37	-0,145	-0,502	-0,51	-0,21	-0,47	0,67	2,47
DURapro		2,72	1,17	0,33	-0,19	-0,44	-0,43	-0,16	-0,34	0,79	2,66
Verzug		0,19	0,04	0,34	1,045	0,062	0,08	0,05	0,13	0,12	0,19
Orientierung		ausssen	ausssen	innen	innen	ausssen	ausssen	ausssen	ausssen	ausssen	ausssen
Durchschnittlicher Verzug		0,0947									
Eloxieren	F18	4,43	1,48	0,4	-0,132	-0,433	-0,41	-0,211	-0,36	1,1	4,01
DURapro		4,5	1,45	0,347	-0,196	-0,44	-0,41	-0,24	-0,32	1,16	4,17
Verzug		0,07	0,03	0,053	1,064	0,007	0,0	0,029	0,04	0,06	0,16
Orientierung		ausssen	innen	innen	innen	innen	unverändert	innen	ausssen	ausssen	ausssen
Durchschnittlicher Verzug		0,0513									

Konventionen

F17 und **Fxx** für die Serienfertigung am besten geeignet.
Möglicherweise durch **Fxx** homogenere Resultate in der Serie. Langzeitstudie hier erforderlich.

Bestelltext für das Vormaterial ist genauer zu präzisieren

```
DURA Ident-Nr.: 510 523
LM-Pessprofil Nr: 2615
Projekt: Audi A3 Cabrio
Zsb.-Bezeichnung: Zierleiste Verdeckkastendeckel

Technische Lieferbedingungen gemäß DIN EN 755-1

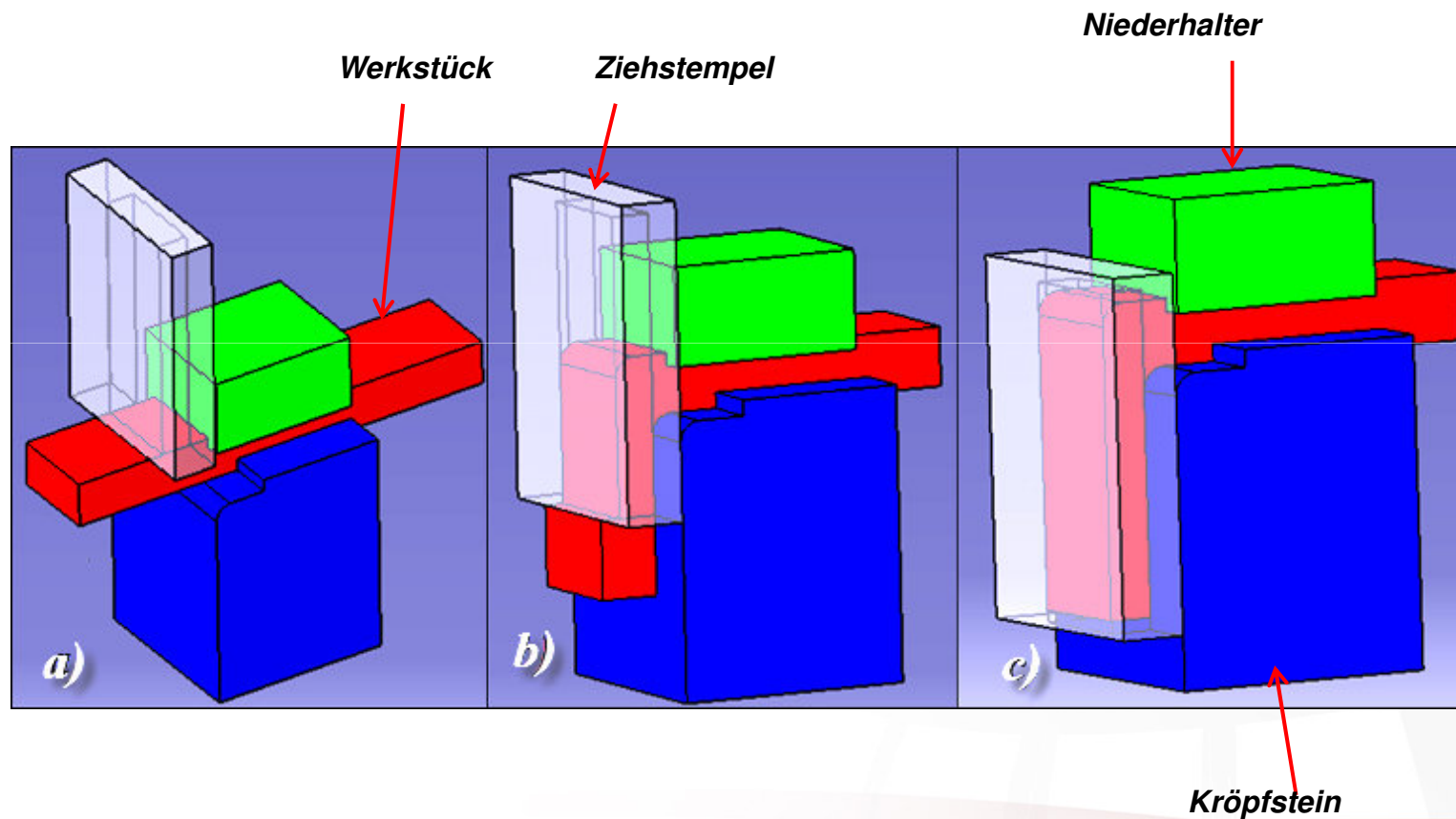
Legierung: AW6060 AlMgSi0,5 nach DIN EN 573-3
Zustand: (T4)

Mechanische Eigenschaften gemäß DIN 755-2
Abweichende mechanische Eigenschaften:
Zugfestigkeit Rm >120 N/mm²
Streckgrenze Rp0,2 >60 N/mm²
Bruchdehnung A = 14%
```

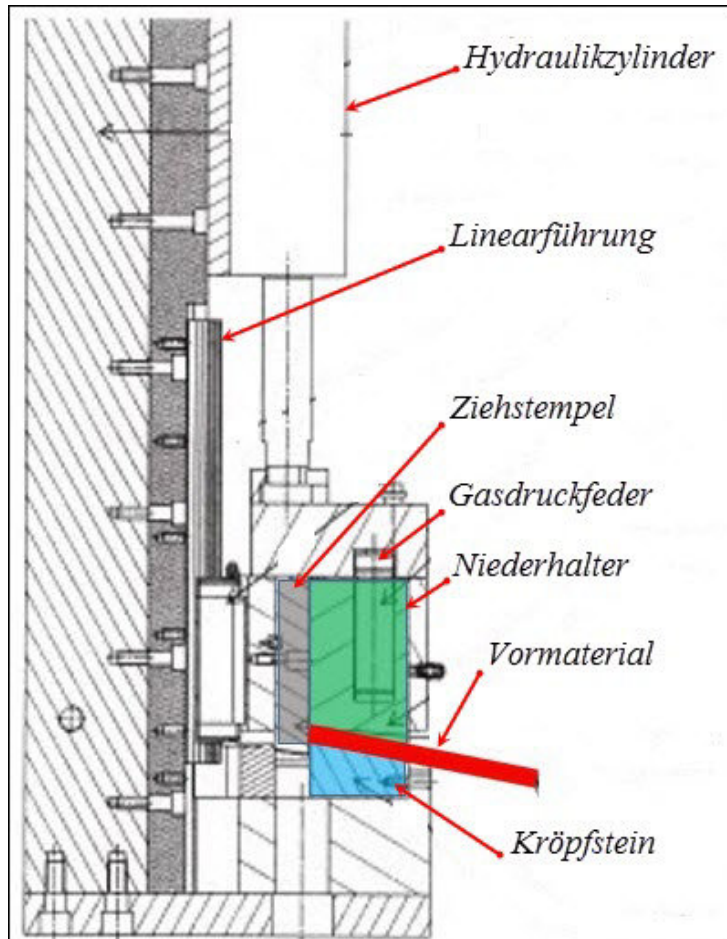
*Obergrenzen fordern
z.B. $(120 > R_m > 140) \text{ N/mm}^2$*

- Streckbiegen als erste Prozessstufe besondere Aufmerksamkeit zukommen lassen. Dort in einem Vorlauf darauf achten, perfekte Symmetrie zu erzielen (*durch Justierung der erforderlichen Parameter*).
- Bei allen Prozessstufen eine „Erststückfreigabe“ durchführen (QM-Beauftragter)

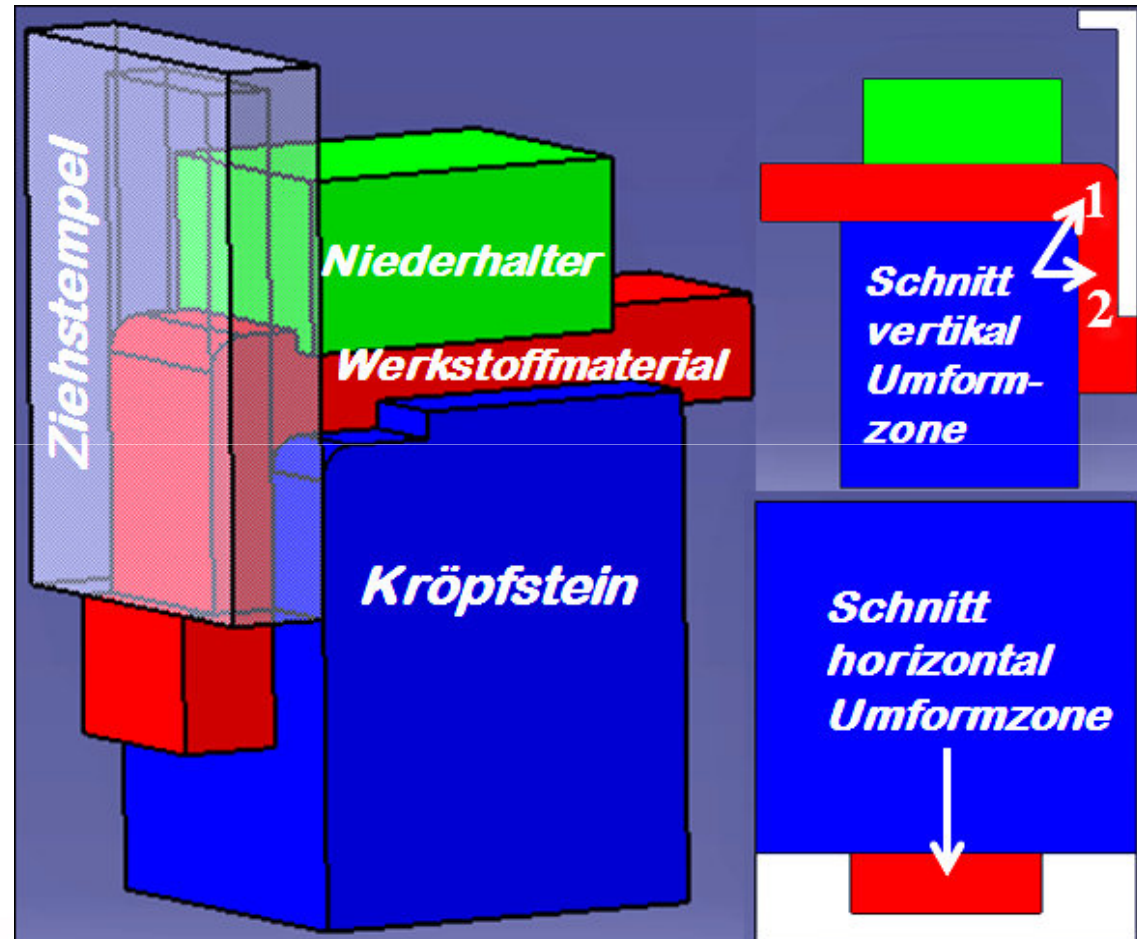
Kröpfen



Darstellung Kröpfwerkzeug



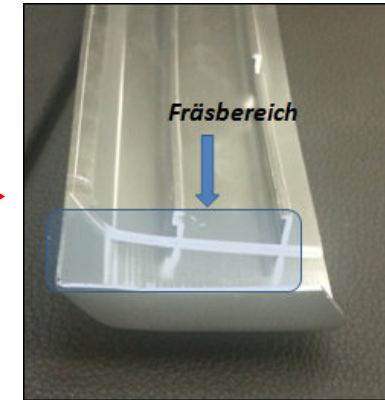
Formgebende Wirkteile



Draufsicht

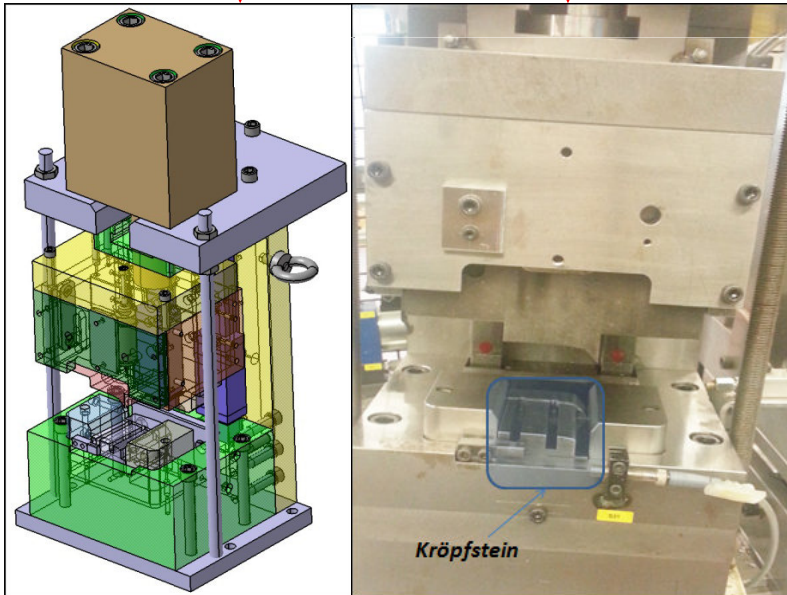


Unteransicht

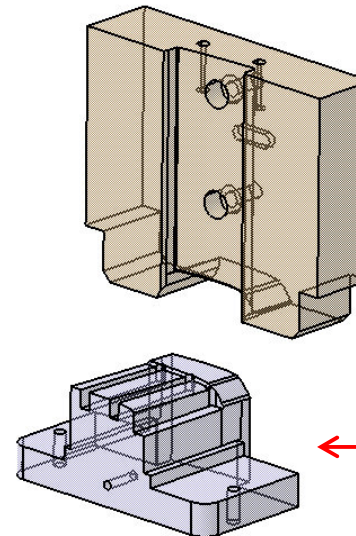


Kröpfung

Kröpfereinheit

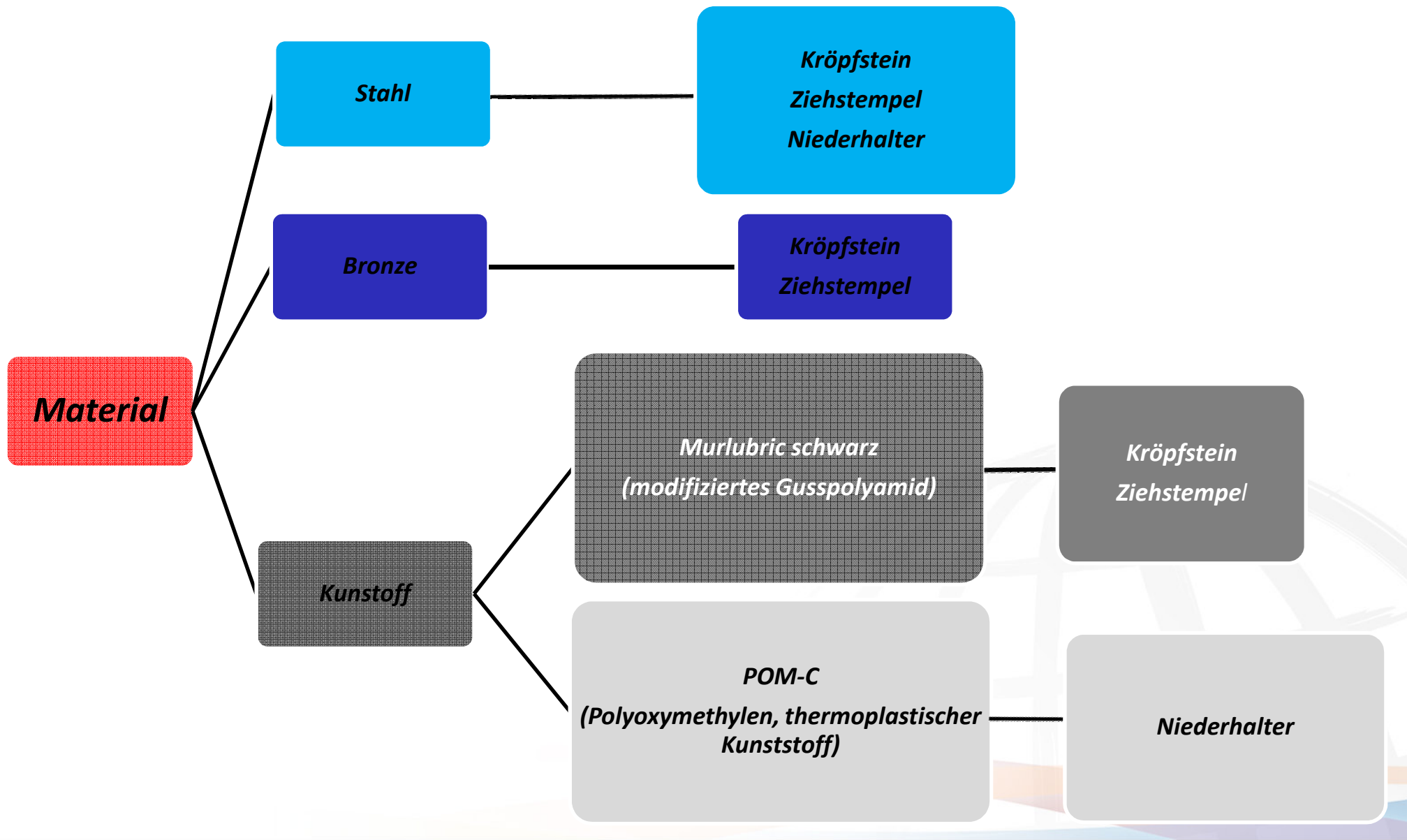


Ziehstempel



Kröpfstein

- Kombinationen der Wirkteile (*Kröpfstein, Ziehstempel, Niederhalter*) aus verschiedenen Materialien werden an dem Serienmaterial (*F13*) getestet
- Ergebniskontrolle mittels Sichtprüfung (*Oberflächenqualität, Verzug im Kröpfungsbereich, Aluminiumaufbau, Wirkteilverschleiß*)

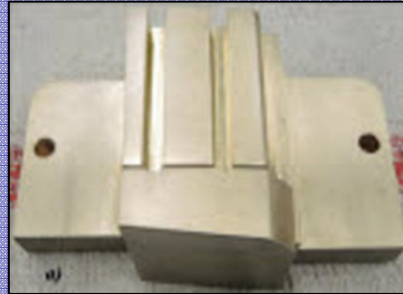


Durchführung Kröpfversuche

Kröpfsteine



Bronze



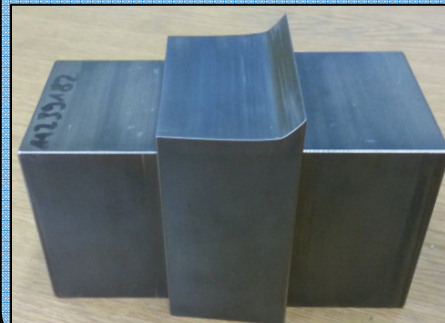
Ziehstempel



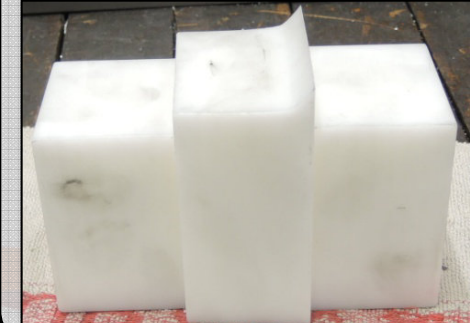
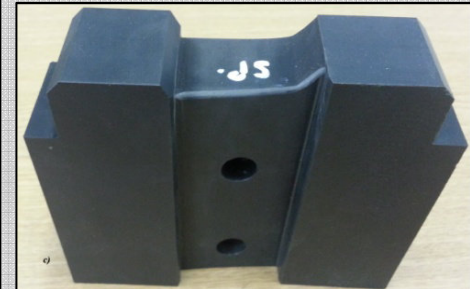
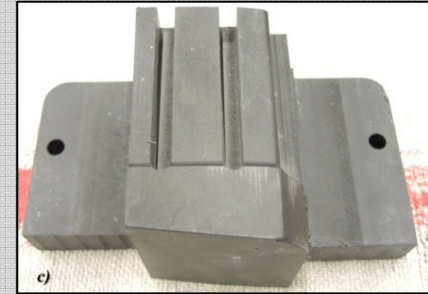
Niederhalter



Stahl



Kunststoff



oneWORLD.oneDURA.

Innovation driven by inspiration.™

Reihenfolge der Bezeichnungen:

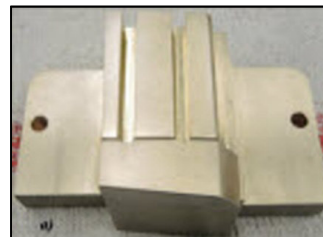
- 1. Ziffer: Kröpfstein (großer Buchstabe)
- 2. Ziffer: Ziehstempel (kleiner Buchstabe)
- 3. Ziffer: eventuell Niederhalter (*kursiver kleiner Buchstabe*)
- 4. Ziffer: Nummer (*Wiederholung des Versuchs mit geringfügig verändertem Ziehspalt*)

Beispiel:

→ **B/s/s-2** →

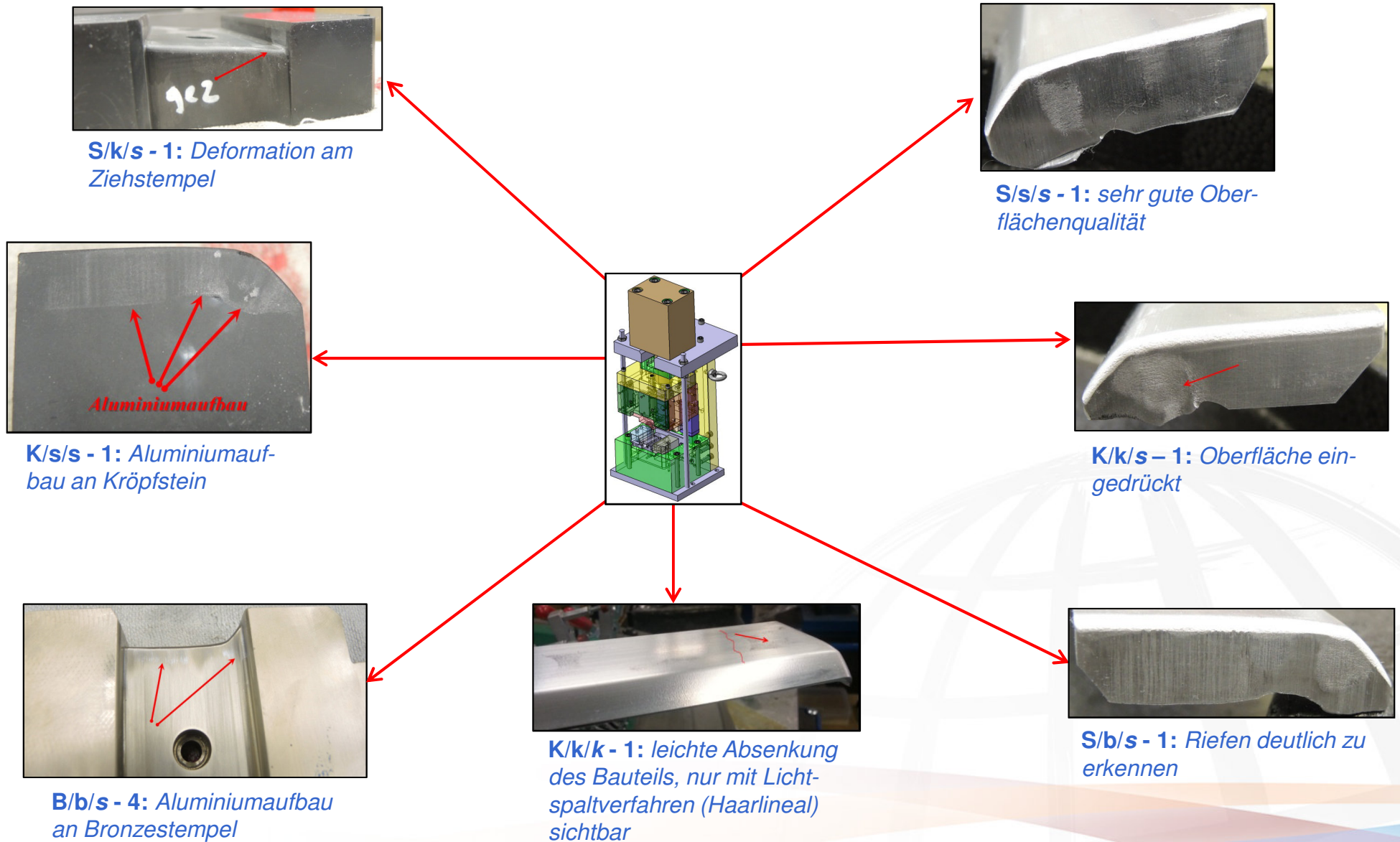
KRÖPFSTEIN	Ziehstempel	Niederhalter	Nummer
Großer Buchstabe	Kleiner Buchstabe	<i>kursiv</i>	Zahl
B	s	s	2
Bronze	Stahl	<i>Stahl</i>	Zweiter Durchgang

Kombination →



2. Durchgang

Durchführung Kröpfversuche: Resultate



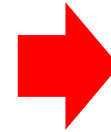
Übersicht: Auswertung Kröpfversuche

Wertungsskala von sehr gut = ⊕⊕⊕ bis ungenügend = ⊖⊖⊖,

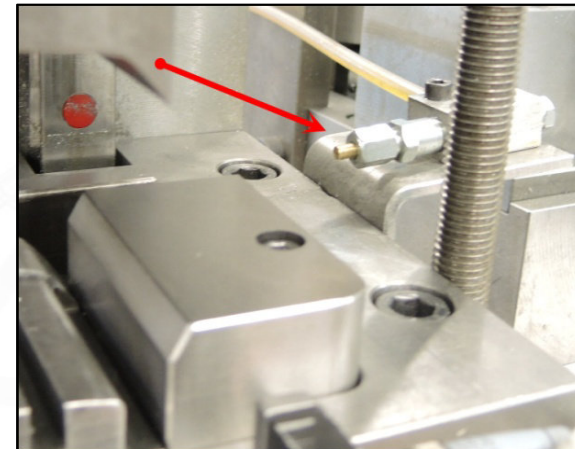
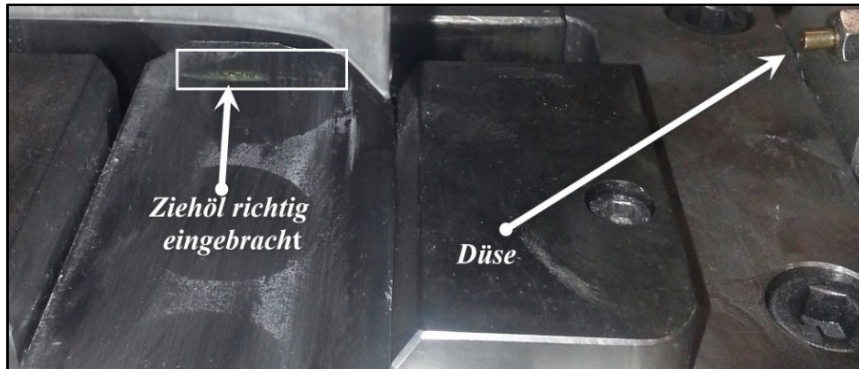
Paarungen: Kröpfstein/Ziehstempel/Niederhalter (dritte Position optional nur bei Kunststoffniederhalter).

Paarung	Resultat	Wertung
Stahl/Stahl	optimale Oberflächenqualität	⊕⊕⊕
Stahl/Kunststoff	Ziehstempel beschädigt, eingedrückte Stelle auf Oberfläche	⊖⊖⊖
Stahl/Bronze	leichte Riefen auf der Oberfläche	⊕
Kunststoff/Bronze	mäßige Oberflächenqualität	⊕
Bronze/Bronze	akzeptable Oberflächengüte, Aluminiumaufbau nach vier Durchgängen	⊕⊕
Bronze/Stahl	gute Oberflächenqualität, Aluminiumaufbau an Kröpfstein	⊕⊕
Kunststoff/Stahl	eingedrückte Oberfläche, kein solider Gehalt von Kröpfstein, Aluminiumaufbau an Kröpfstein	⊖⊖⊖
Kunststoff/Kunststoff	Material eingedrückt, kein ausreichender Gehalt von Kröpfstein	⊖⊖⊖
Kunststoff/Kunststoff/ Kunststoff	Oberfläche eingedrückt, Absenkung von Bauteilende	⊖⊖⊖
Stahl/Stahl/ Kunststoff	gute Oberflächenqualität, Bauteil knickt im Kröpfungsbereich ein	⊖⊖

- Herkömmliche Wirkteilkombination S/s/s sollte beibehalten werden
- Hauptproblematik „Aluminiumaufbau“ durch kontrollierte Einbringung des Ziehöls minimieren



- Düse und Düsenhalterung (Ziehöl Versorgung) stabiler konzipieren



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

