

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Dr.-Ing. J. Staeves
BMW Group
Technologie lackierte Karosserie

BMW Group



Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

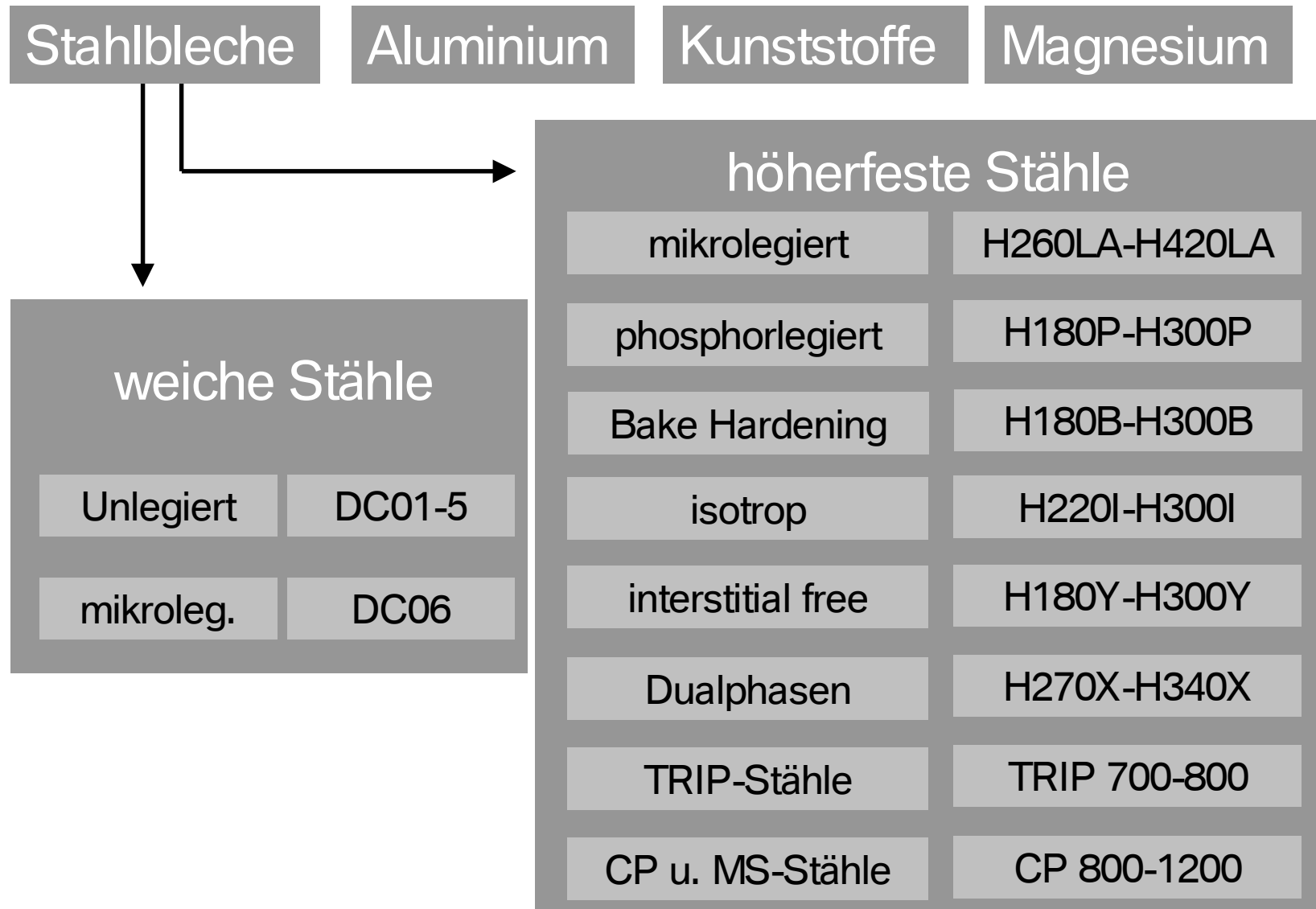
Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Karosseriewerkstoffe.

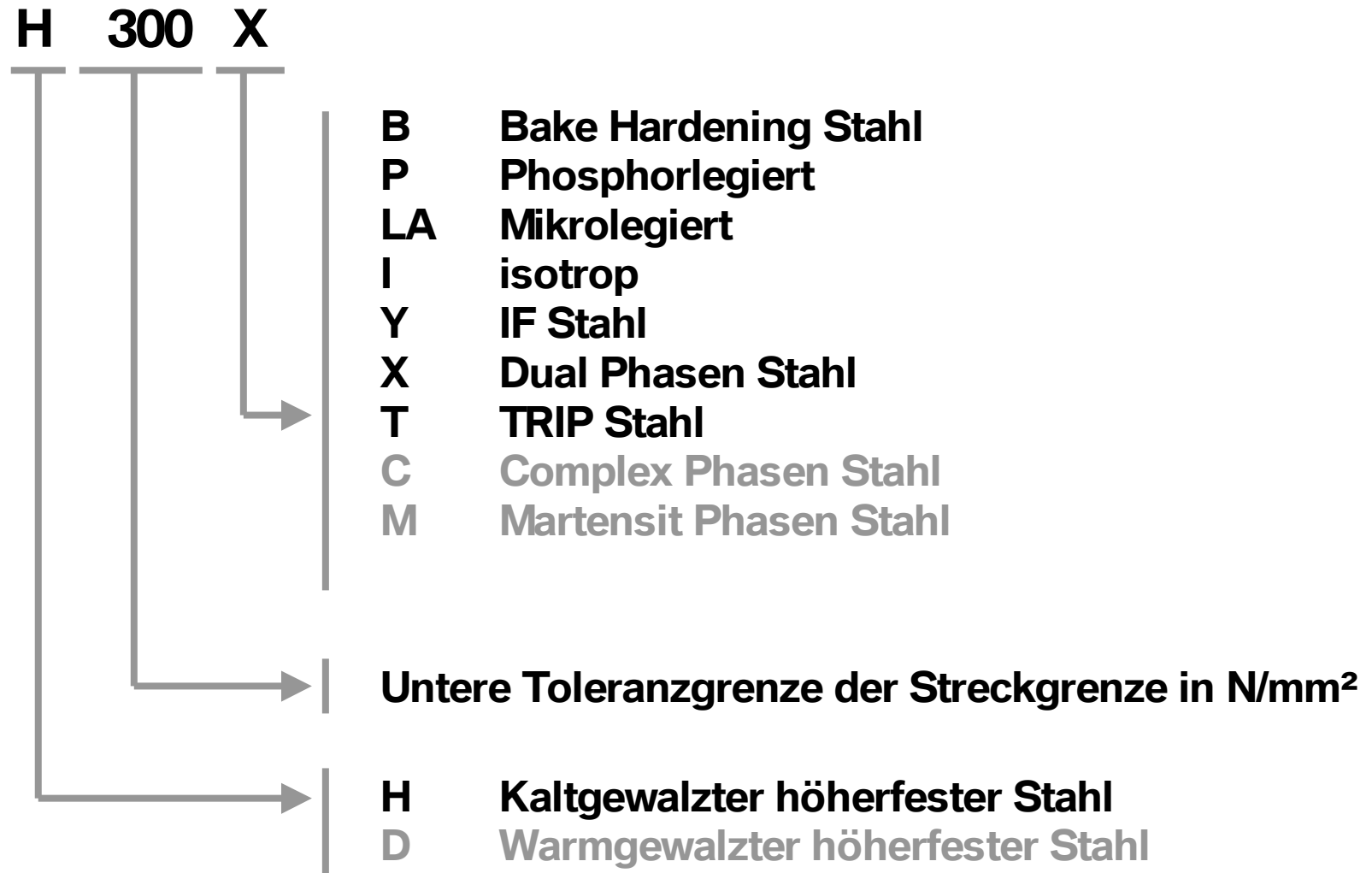


Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Stahlwerkstoffe.

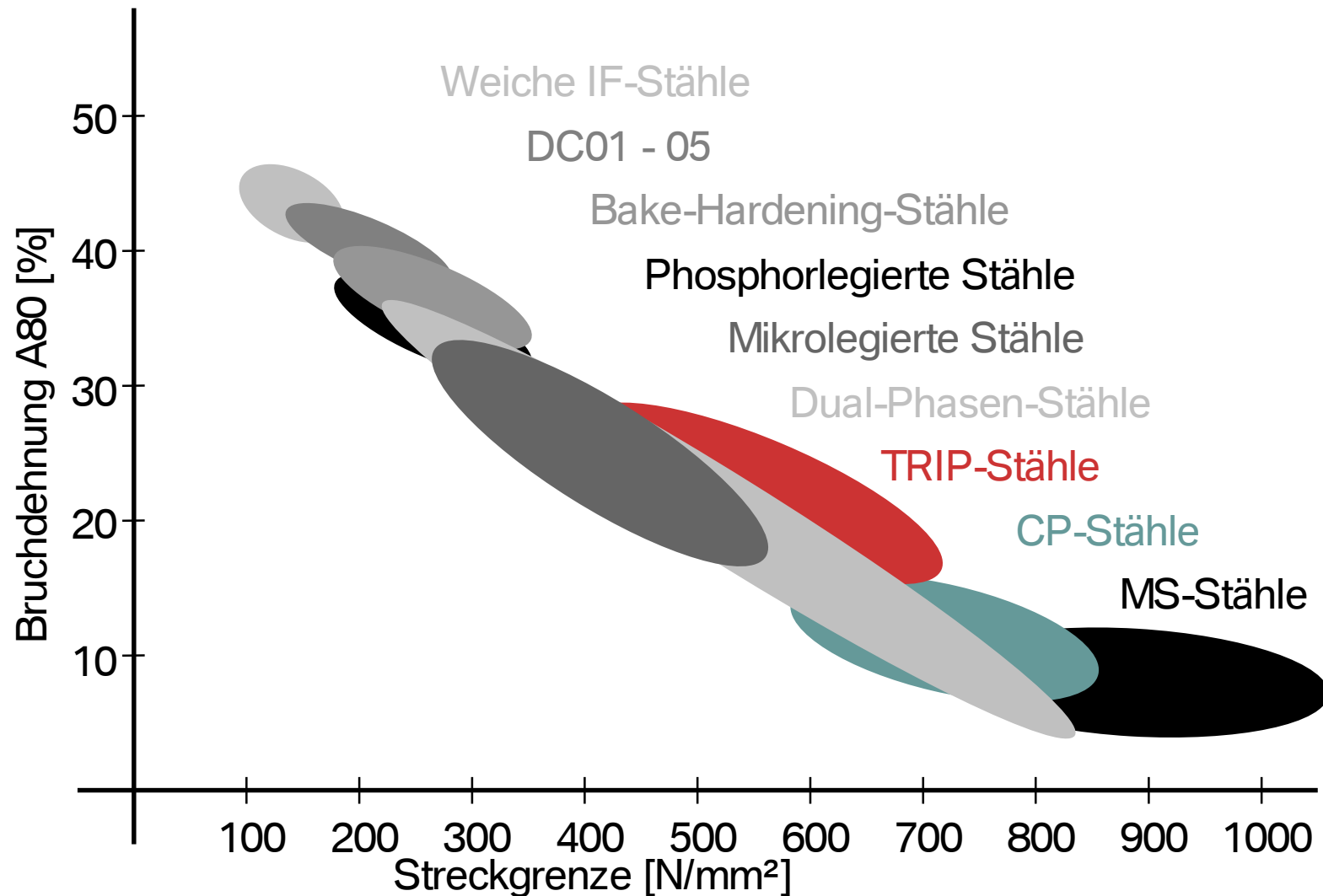
Art des Stahls (Güte/Sorte)	Aktuelle Bezeichnung	Weitere Bezeichnungen
unlegiert	DC01-DC05	FeP01-Fep05, St12, St14
IF weich (mikrol.)	DC06	FeP06
mikrolegiert	H260LA-H420LA	ZStE260-ZStE420
phosphorlegiert	H180P-H300P	ZStE180P-ZStE300P
isotrop	H220I-H300I	HIZ 220, ZStE220 i
interstitial free	H180Y-H300Y	IF180, ZStE180 IF
Dualphasen	H270X-H340X	DP500, DP 30/50
TRIP-Stähle		TRIP 700-800, RA-K 40/70
Complexphasen		CP 800-1200
Martensitphasen		MS 800, TMS 800

Tribologische Systeme der Karosserieumformung.

Bezeichnung höherfester Stahlwerkstoffe.

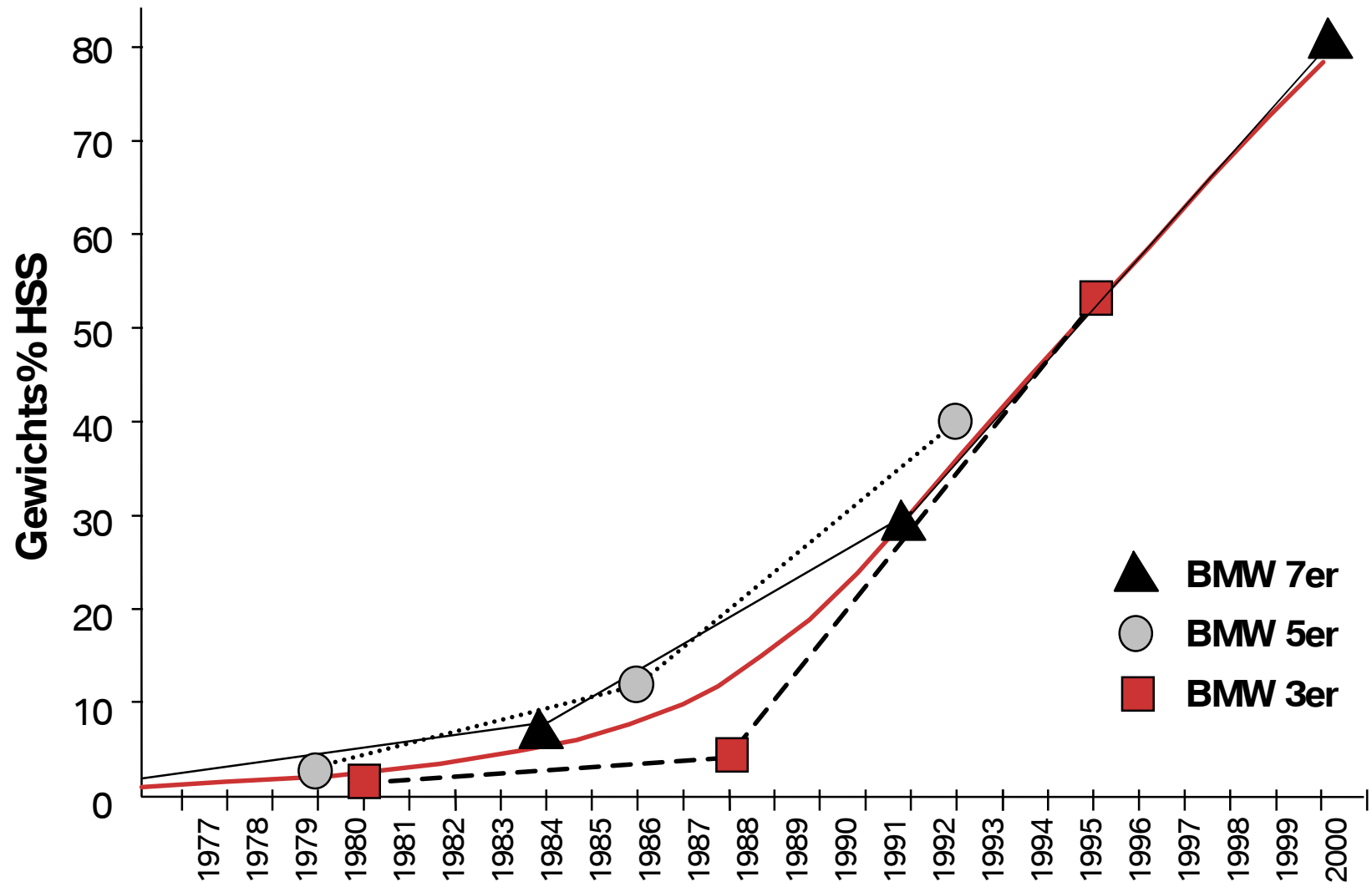


Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Stahlwerkstoffe.



Tribologische Systeme der Karosserieumformung.

Entwicklung des Anteils höherfester Stähle.



Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Blechbeschichtungen.

metallisch

Elektrolytisch
verzinkt (ZE, ZN)

Schmelztauchen
(Z)

Wärmebehandlung
(Z → ZF)

Phosphatierung
(ZEph, Zph, ...)

organisch

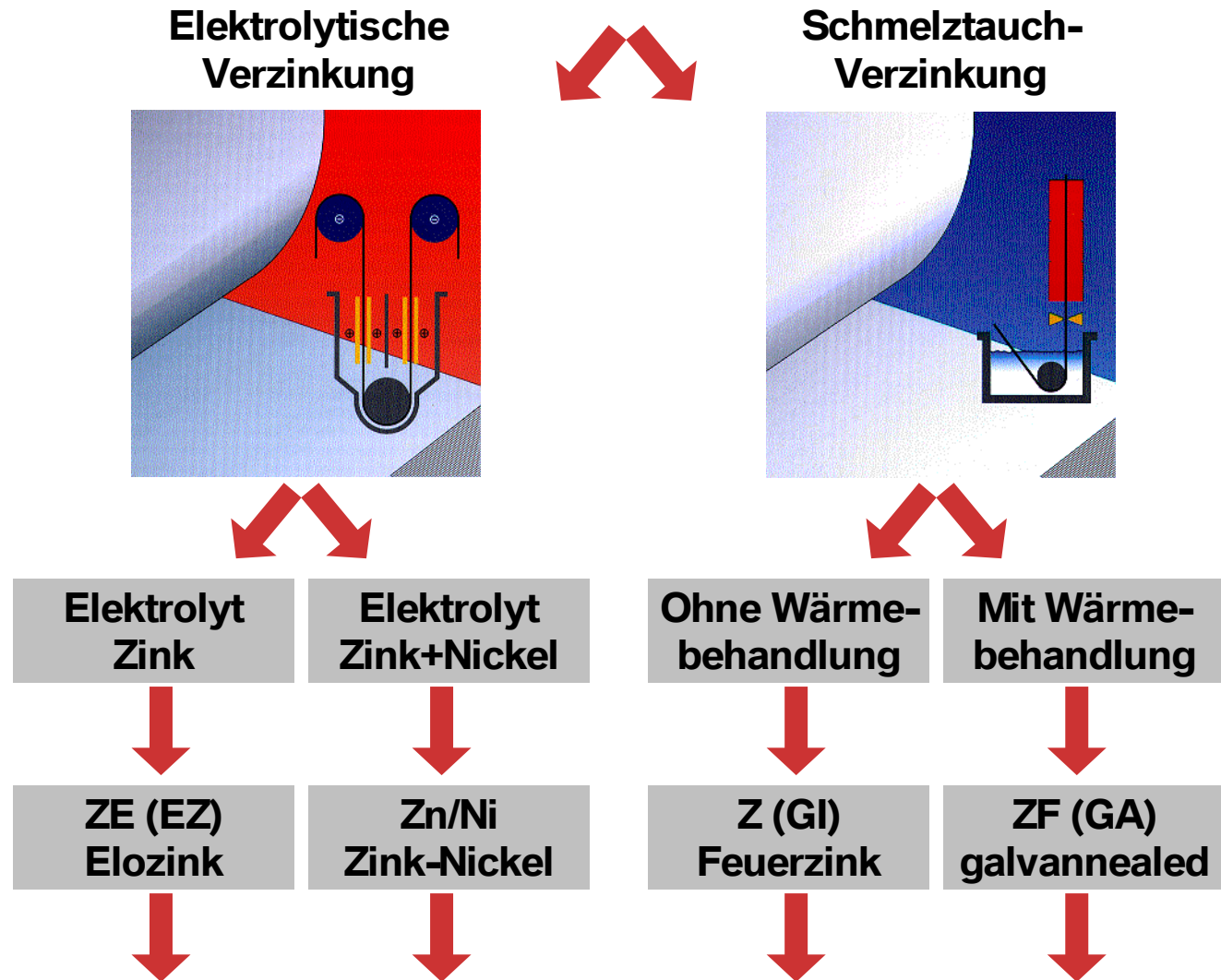
Coilcoating

- Bonazink
- Grannocoat
- dry film lubricants
- ...

Duplex

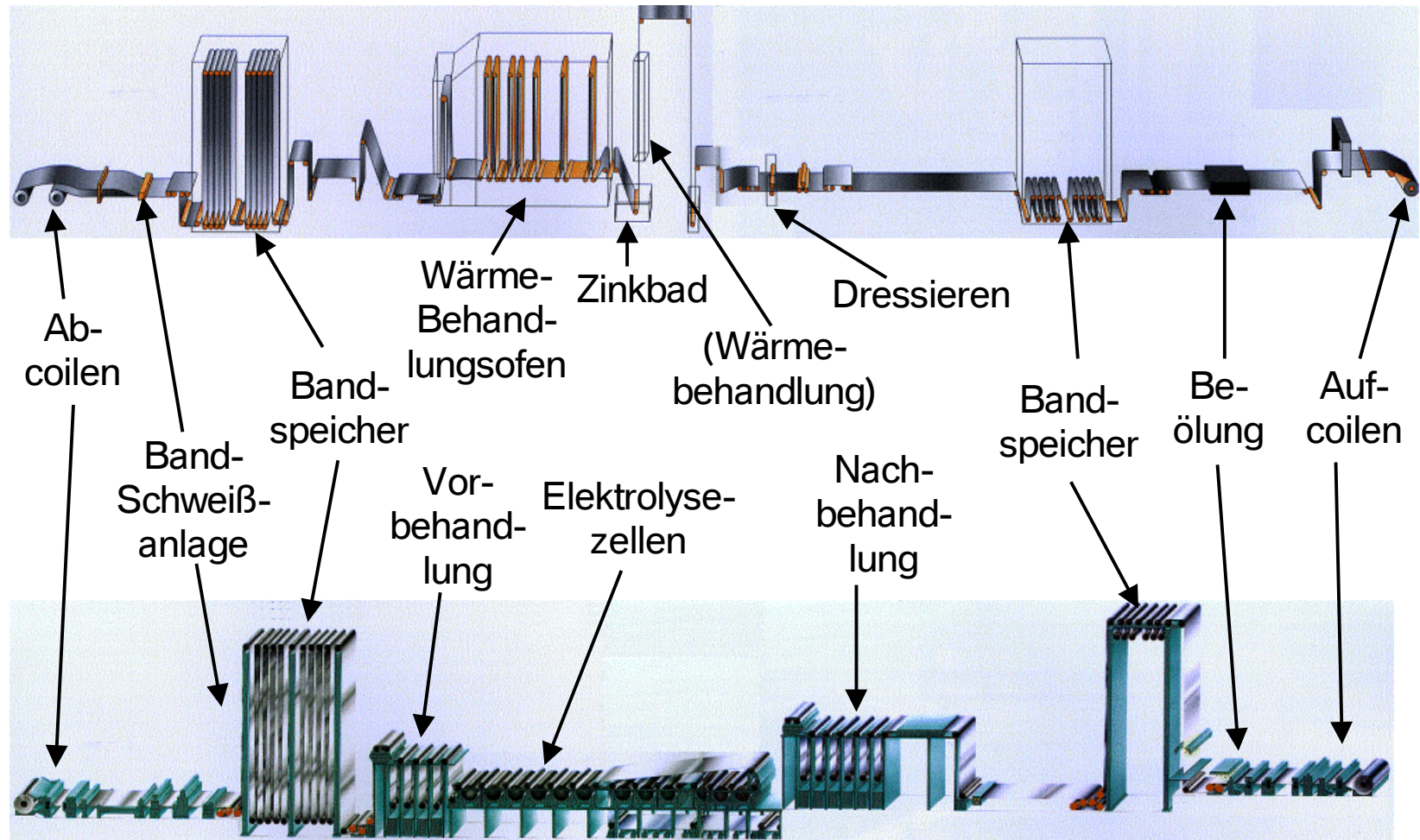
- ZE + Bonazink
- ZE + Grannocoat
- ...

Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Blechbeschichtungen.



Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Blechbeschichtungen.

Schmelztauchbeschichtung



Elektrolytische Beschichtung

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

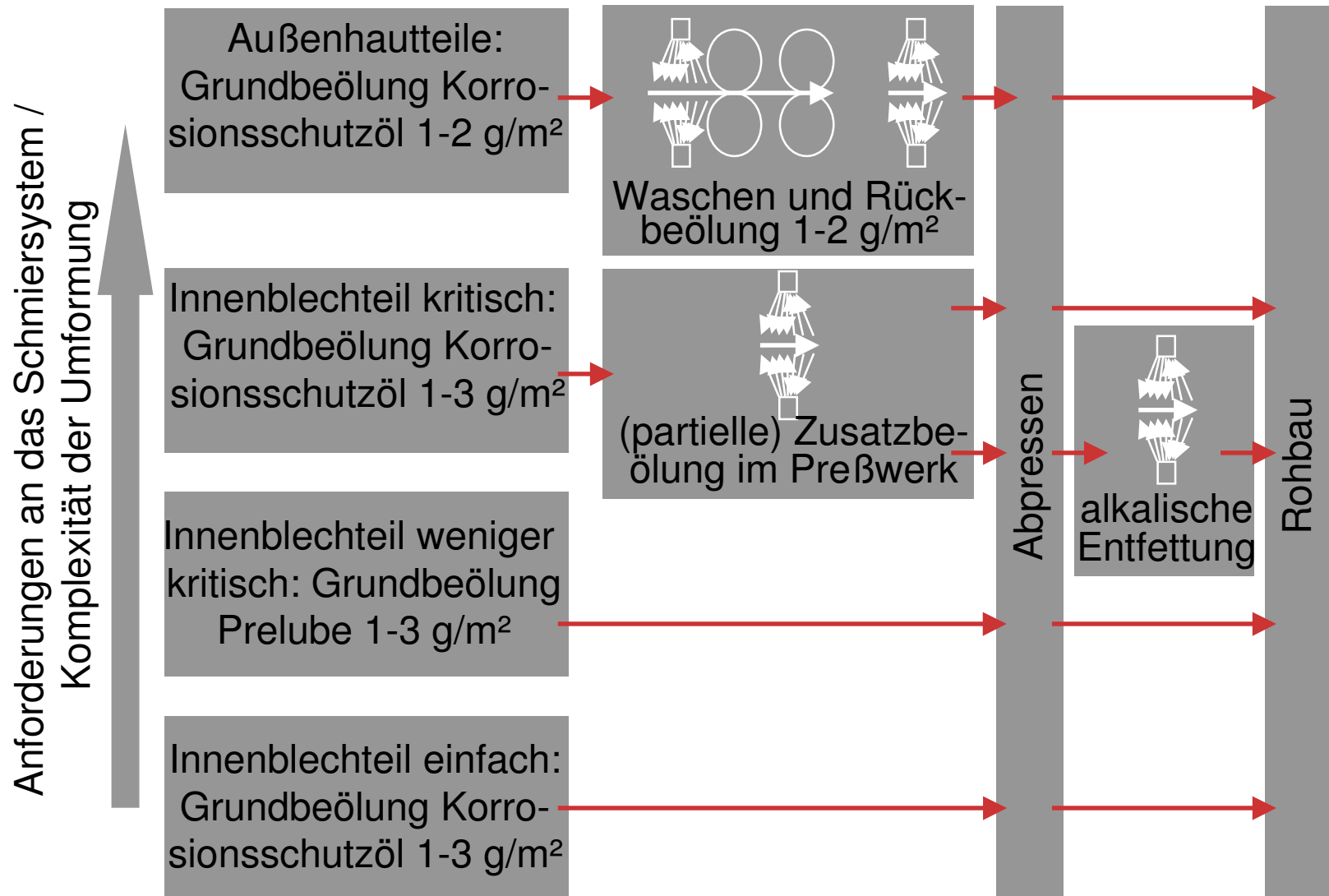
Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Schmierstoffeinsatz.



Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

Tribologische Systeme der Karosserieumformung. Werkzeugbeschichtungen.

Grundwerkstoffe

Prototypen- und Vorserienwerkzeuge

- Kunststoff, Gießharze
- Zamak
- Cerrotru, ...

Serienwerkzeuge

- GG 25
- GG 25 CrMoV
- GGG 60, GGG 70, ...

Stark beanspruchte Serienwerkzeuge

- GS
- 1.2379, ...
- Ampco, ...

Beschichtungen

Diffusionsschichten

- Nitrieren
- Vanadieren
- Borieren, ...

Auflageschichten

- Verchromen
- PVD
 - TiN
 - TiC
 - TiCN
 - CrN
 - WCC, ...
- CVD
 - TiN
 - TiC
 - TiC/TiN, ...

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Anforderungen an tribologische Systeme.

Beschichtung gut von Grundwerkstoff trennbar

keine störenden Legierungselemente in Schmelze

Geringer Reparaturaufwand

Vermeidung giftiger Schleifstäube

**Korrosionsschutz
Alterungsbeständigkeit**

Lackglanz

Lackhaftung

Kratzer und Steinschlag

Reibung und Verschleiß beim Walzen

Vermeidung von „Klebern“ bei der Wärmebehandlung

Korrosionsschutz

Vermeidung von Blechdopplungen

Verschleiß an Werkzeug- und Blechoberfläche

konstante Reibung

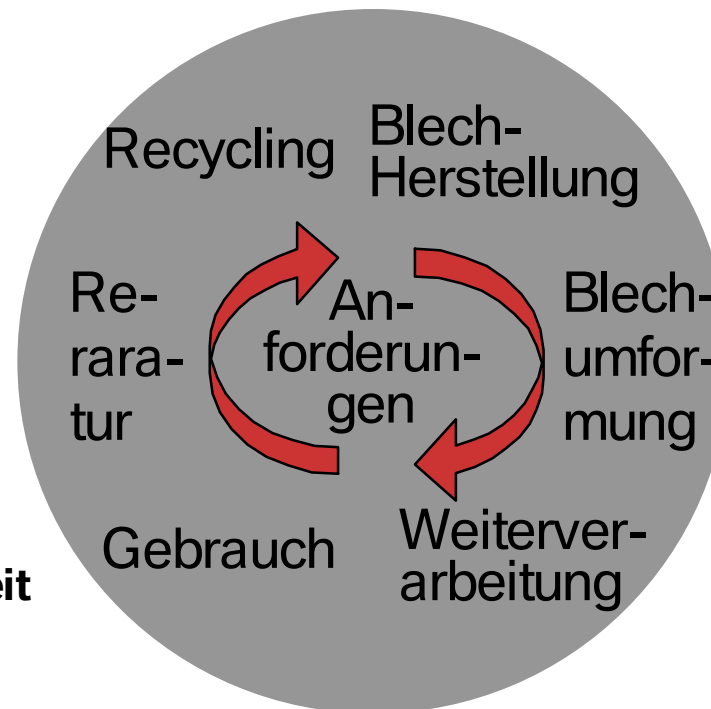
Korrosionsschutz

Schweißbarkeit

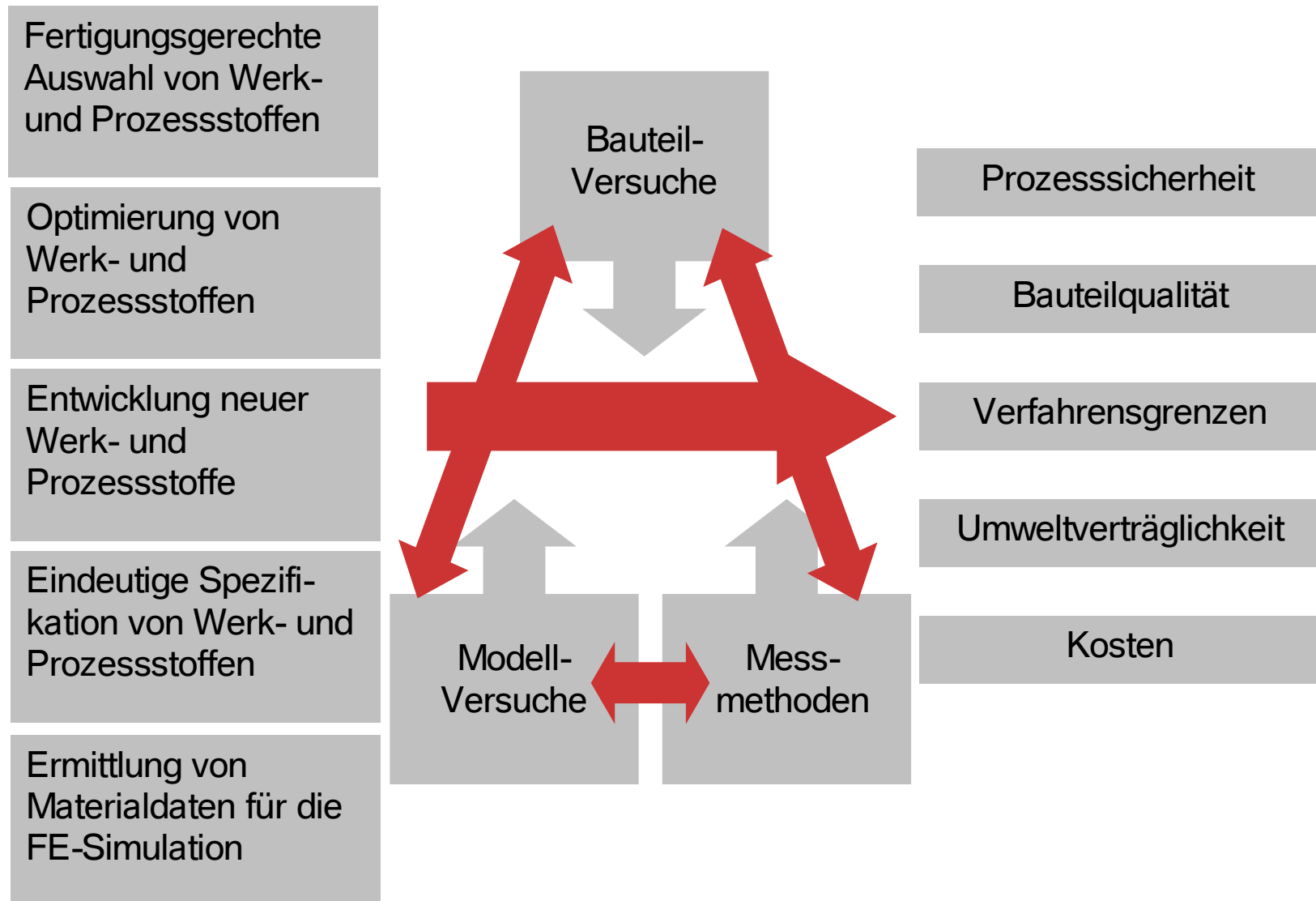
Klebbbarkeit

Lackierbarkeit

Abwaschbarkeit

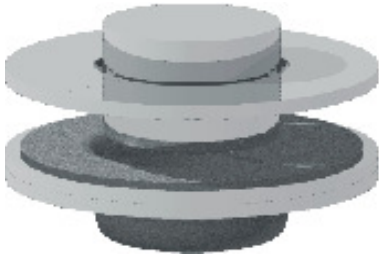
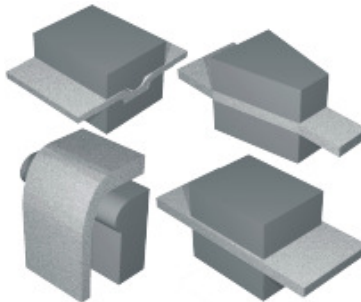


Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Anforderungen an Prüfverfahren.



Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit.

Kategorien der Reibungs- und Verschleißprüfung.

Prüfprinzip			
			
Kategorie I-III	Kategorie IV	Kategorie V	Kategorie VI
Betriebsversuch	Modellversuch		
← Übertragbarkeit auf Realprozess Messtechnische Zugänglichkeit →			

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

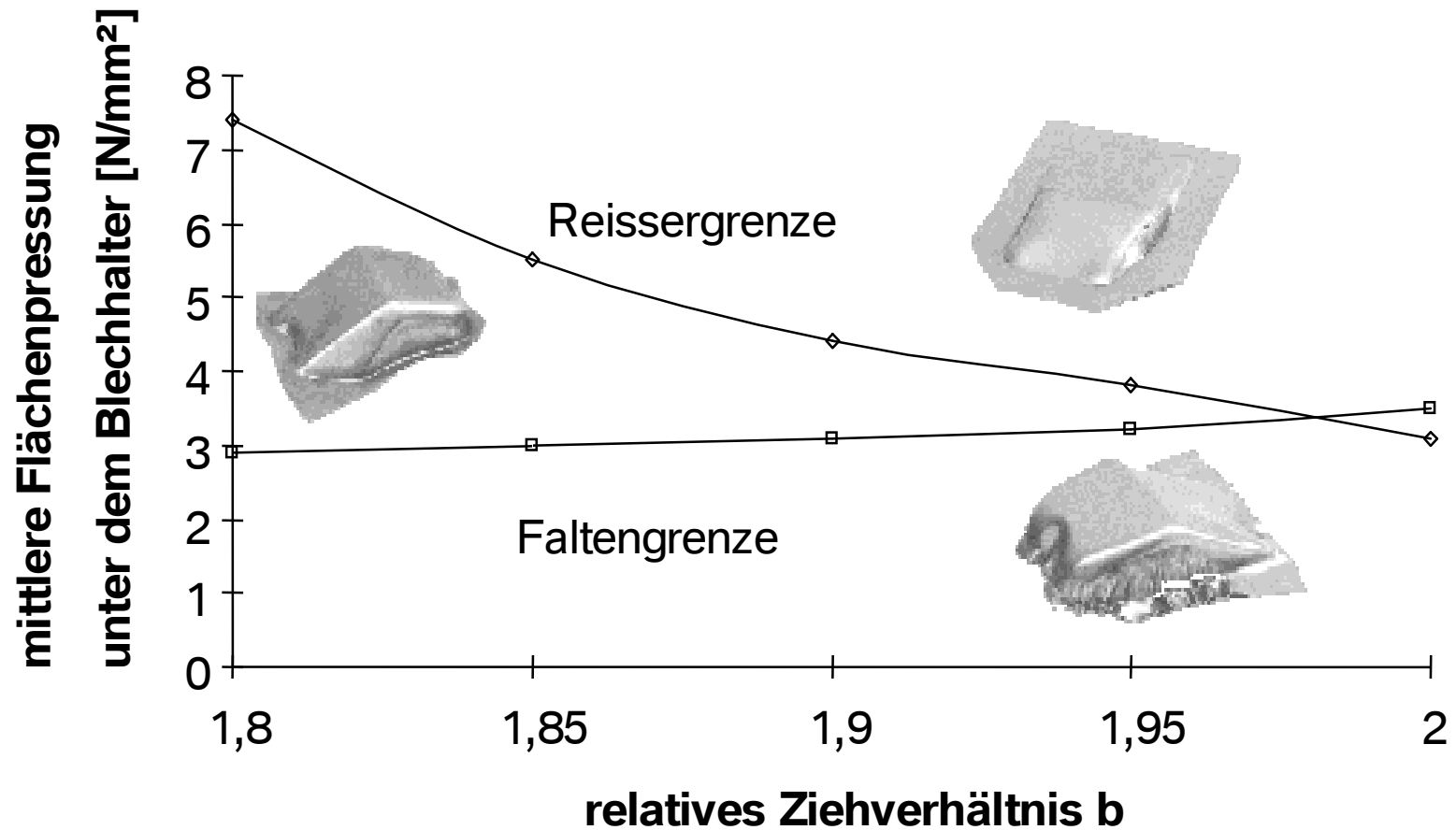
Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

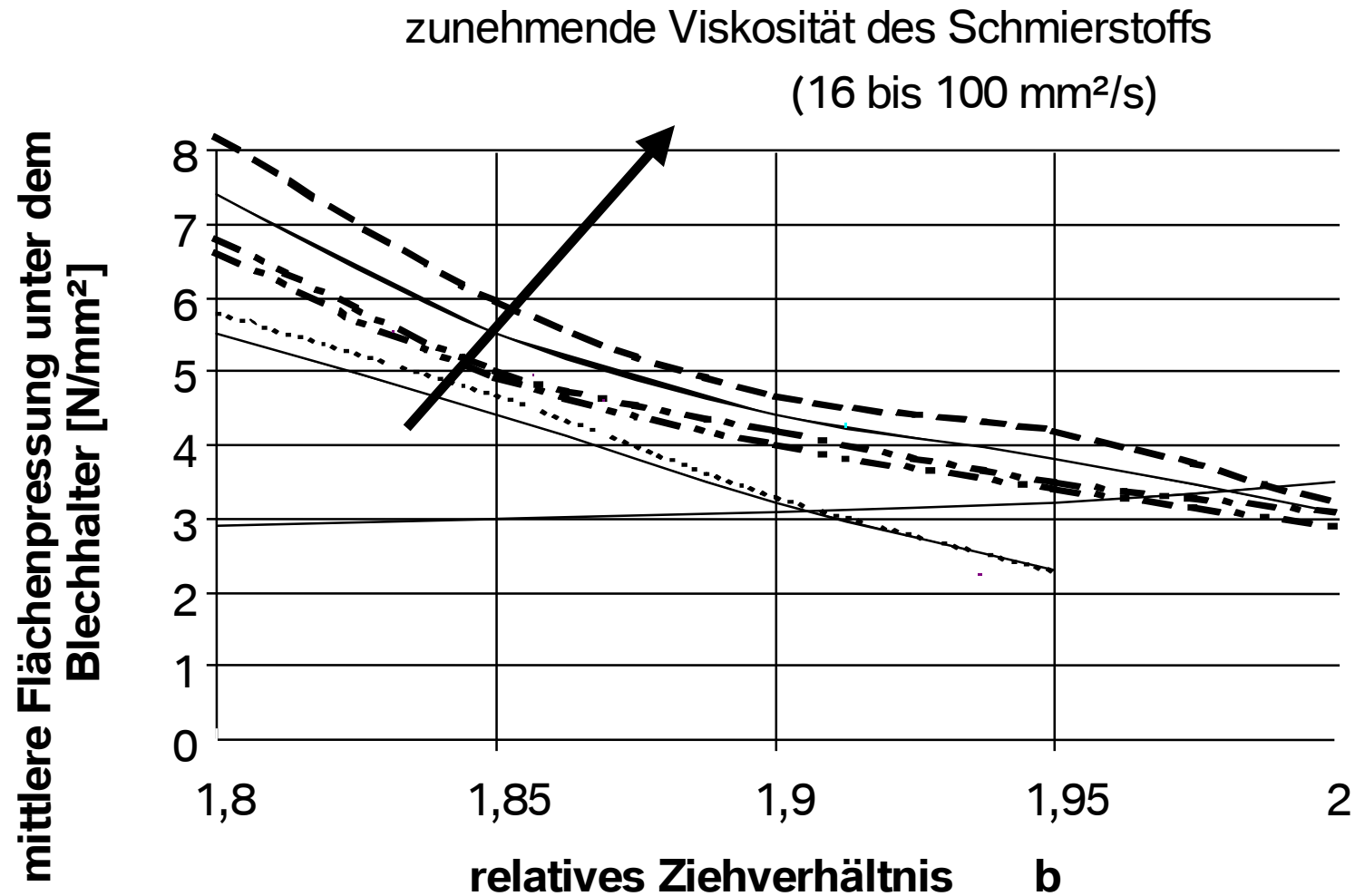
Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

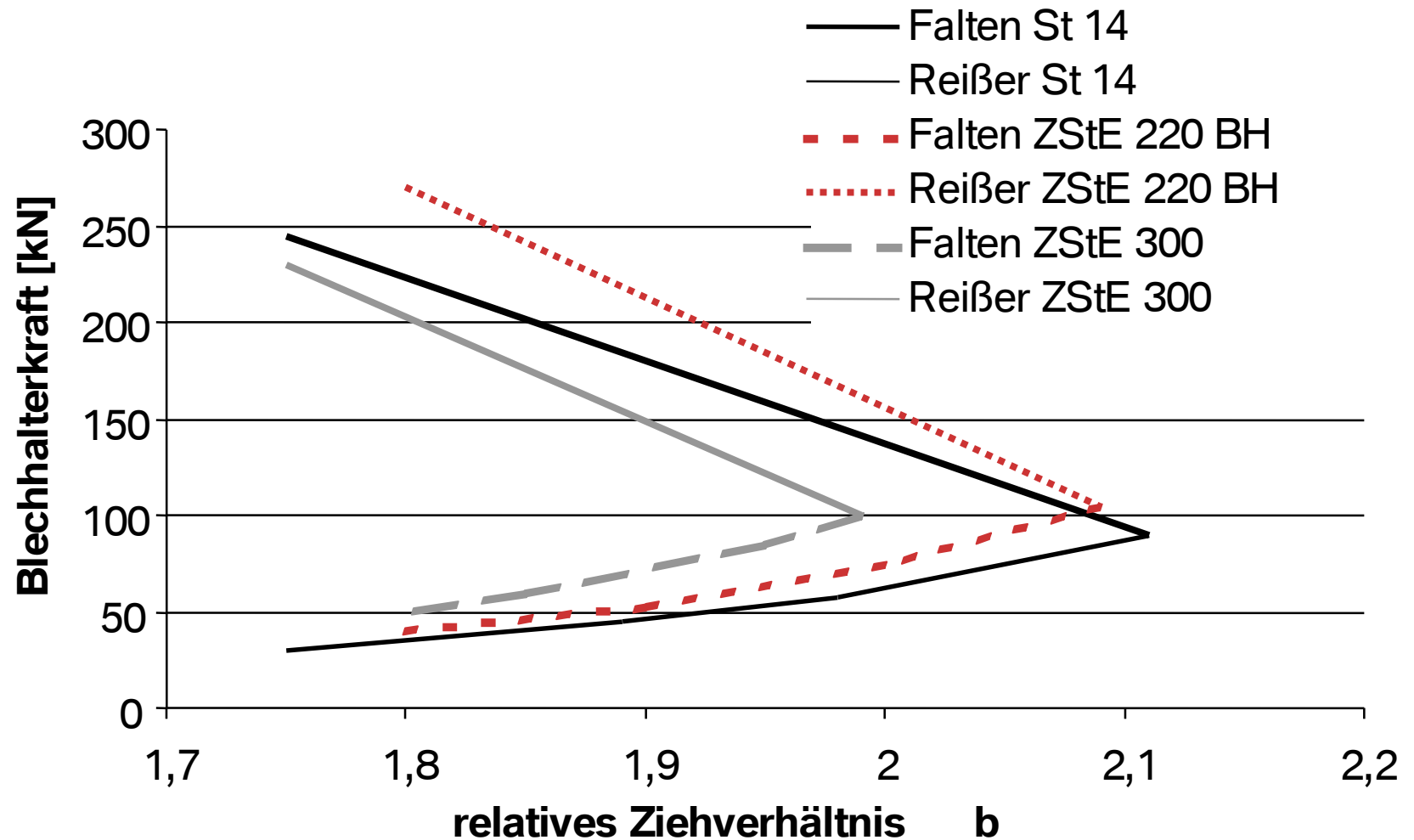
Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Arbeitsdiagramm.



Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Arbeitsdiagramm bei Variation des Schmierstoffs.

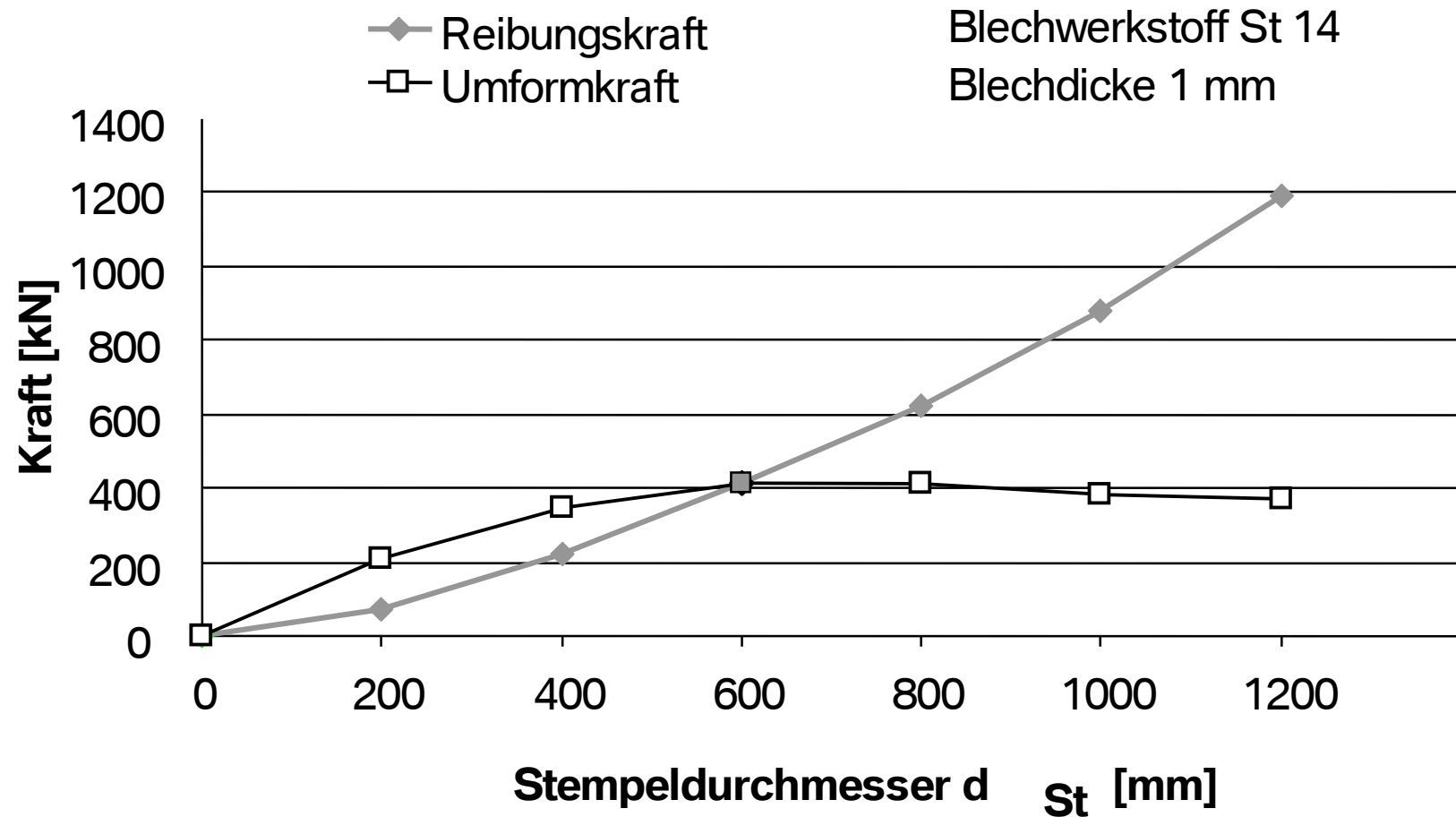


Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Arbeitsdiagramm bei Variation des Blechwerkstoffs.



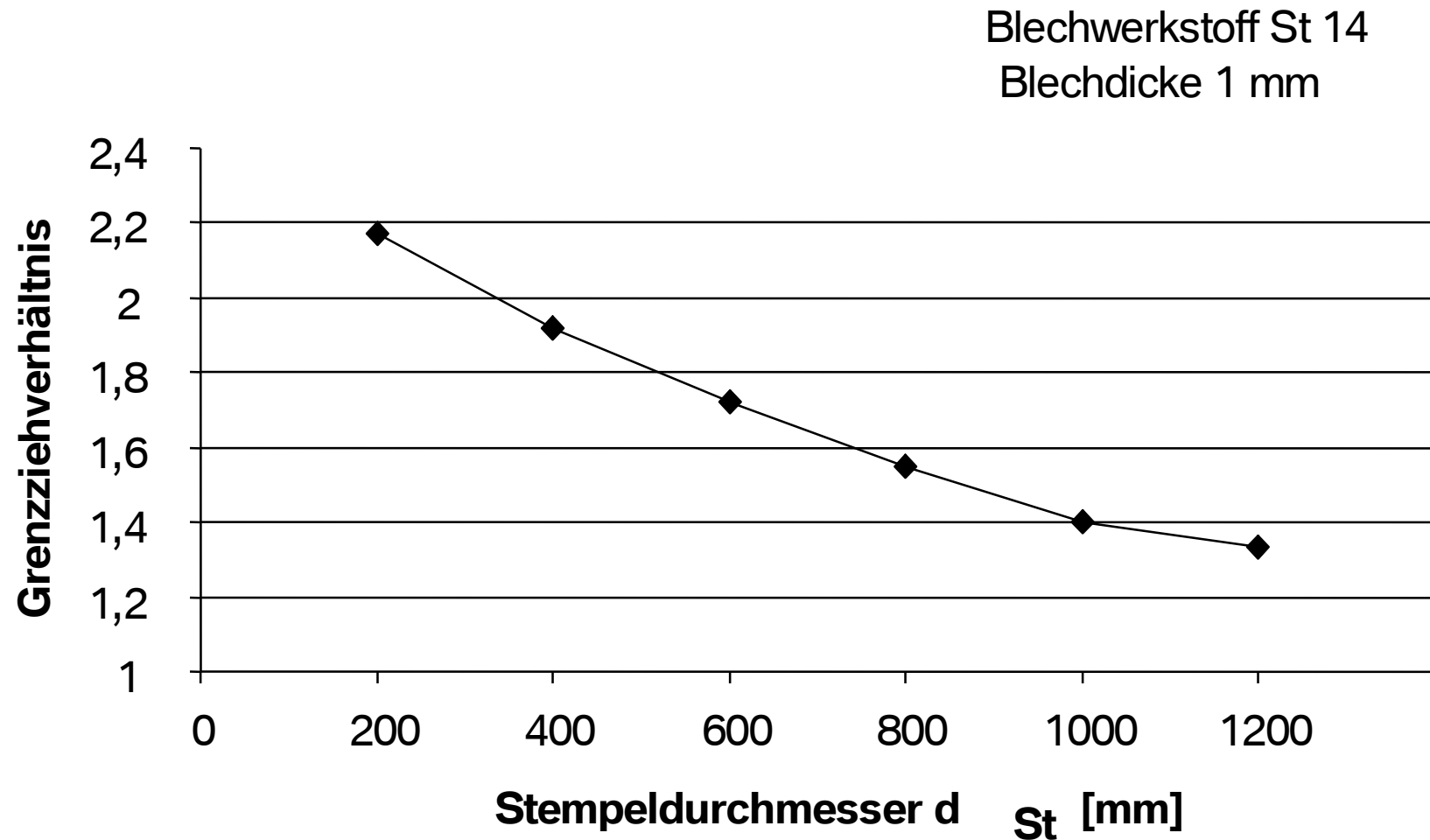
Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit.

Einfluss der Ziehteilgröße auf die Reibung.



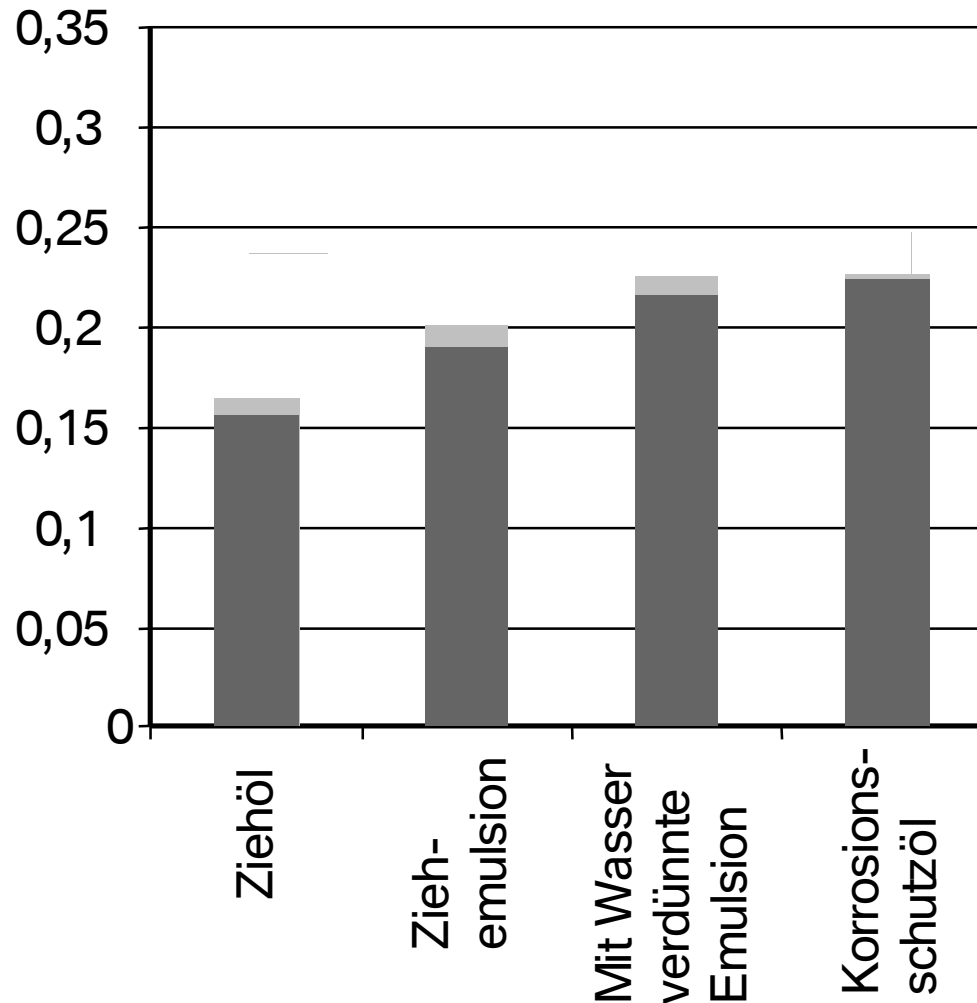
Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit.

Einfluss der Ziehteilgröße auf das maximale Ziehverhältnis.



Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Schmierstoffe.

Reibungszahl



Werkzeuggeometrie

rotationssymmetrischer Napf
Stempeldurchmesser 150 mm
Matrizenradius 8 mm
Stempelradius 10 mm

Blech

Umformwerkstoff St 14
Blechdicke 0,8 mm
Oberflächenrauheit R_a 1,56 mm

Werkzeug

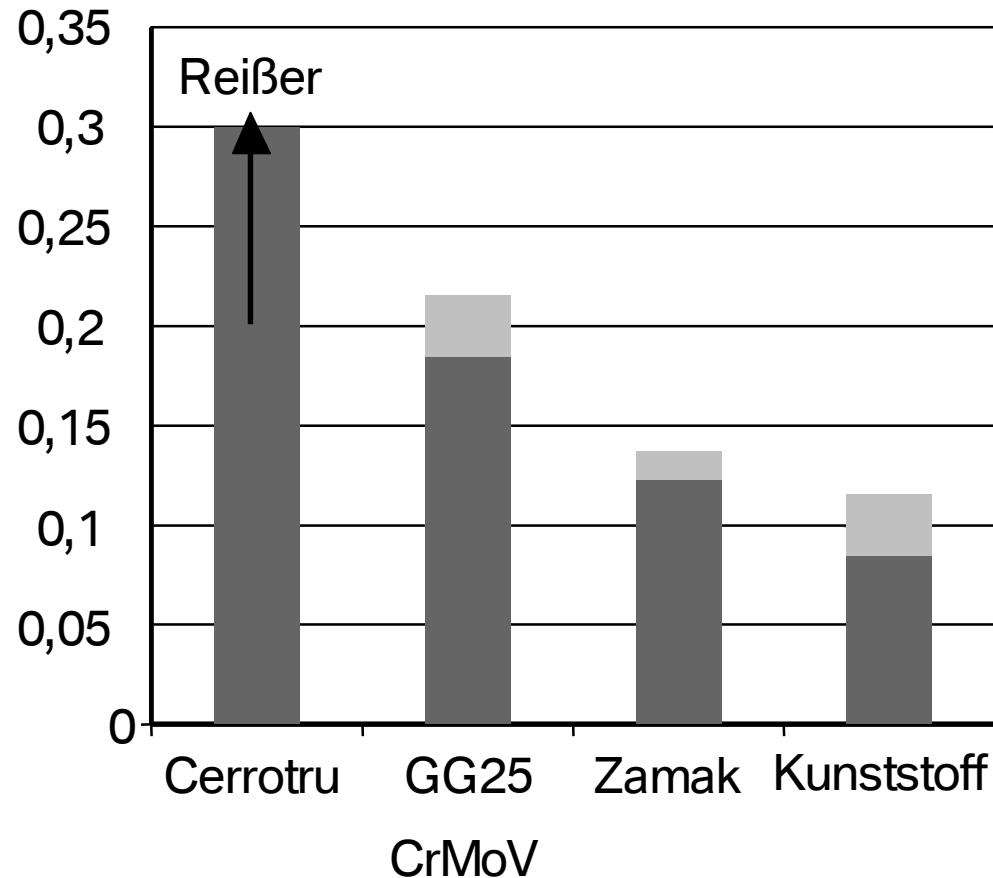
Werkzeugwerkst. GG25 CrMoV
Oberfläche geschliffen u. poliert

Umformparameter

Ziehverhältnis 2,0
Flächenpressung 2,5 N/mm²
Ziehgeschwindigkeit 14 mm/s

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Werkzeugwerkstoffe bei unbeschichtetem Blech mit Emulsion.

Reibungszahl



Werkzeuggeometrie

rotationssymmetrischer Napf
Stempeldurchmesser 150 mm
Matrizenradius 8 mm
Stempelradius 10 mm

Blech

Umformwerkstoff St 14
Blechdicke 0,8 mm
Oberflächenrauheit Ra 1,56 mm

Werkzeug

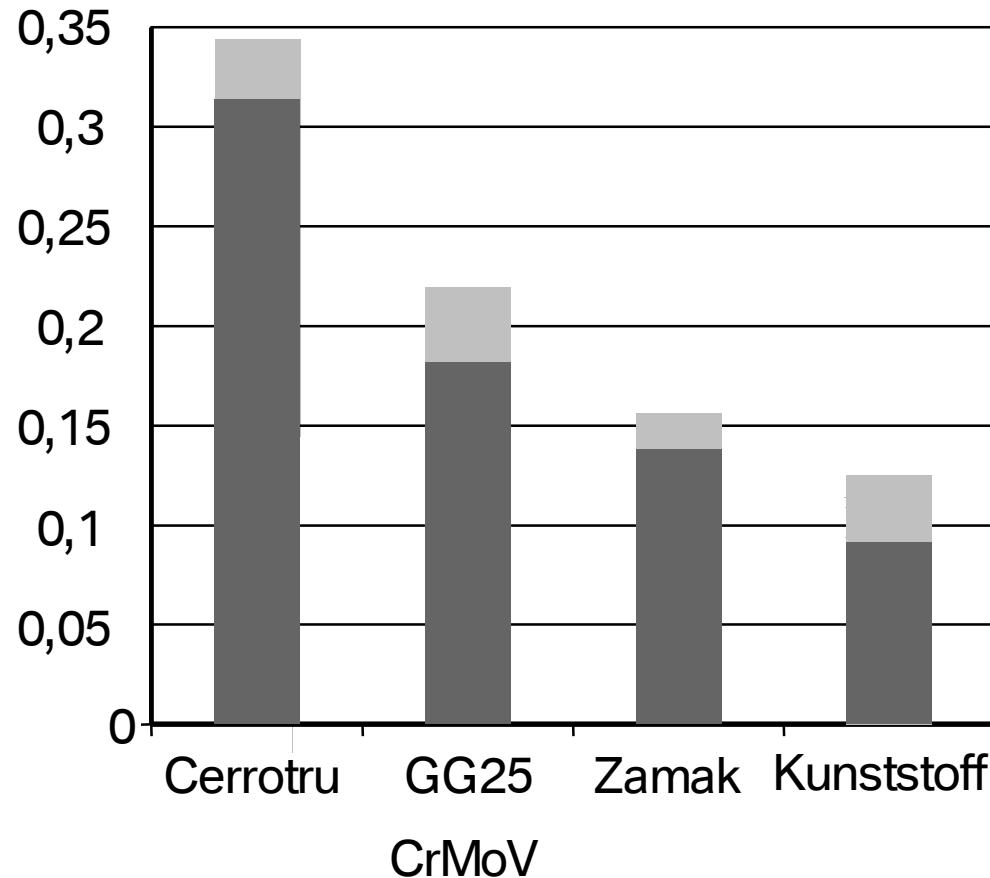
Werkzeugwerkst. GG25 CrMoV
Oberfläche geschliffen u. poliert

Umformparameter

Ziehverhältnis 2,0
Flächenpressung 2,5 N/mm²
Ziehgeschwindigkeit 14 mm/s
Beölung 3,5 g/m²

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Werkzeugwerkstoffe bei **verzinktem** Blech mit Emulsion.

Reibungszahl



Werkzeuggeometrie

rotationssymmetrischer Napf

Stempeldurchmesser 150 mm

Matrizenradius 8 mm

Stempelradius 10 mm

Blech

Umformwerkstoff St 14

Blechbeschichtung ZE 75/75

Blechdicke 0,8 mm

Oberflächenrauheit Ra 1,56 mm

Werkzeug

Werkzeugwerkst. GG25 CrMoV

Oberfläche geschliffen u. poliert

Umformparameter

Ziehverhältnis 2,0

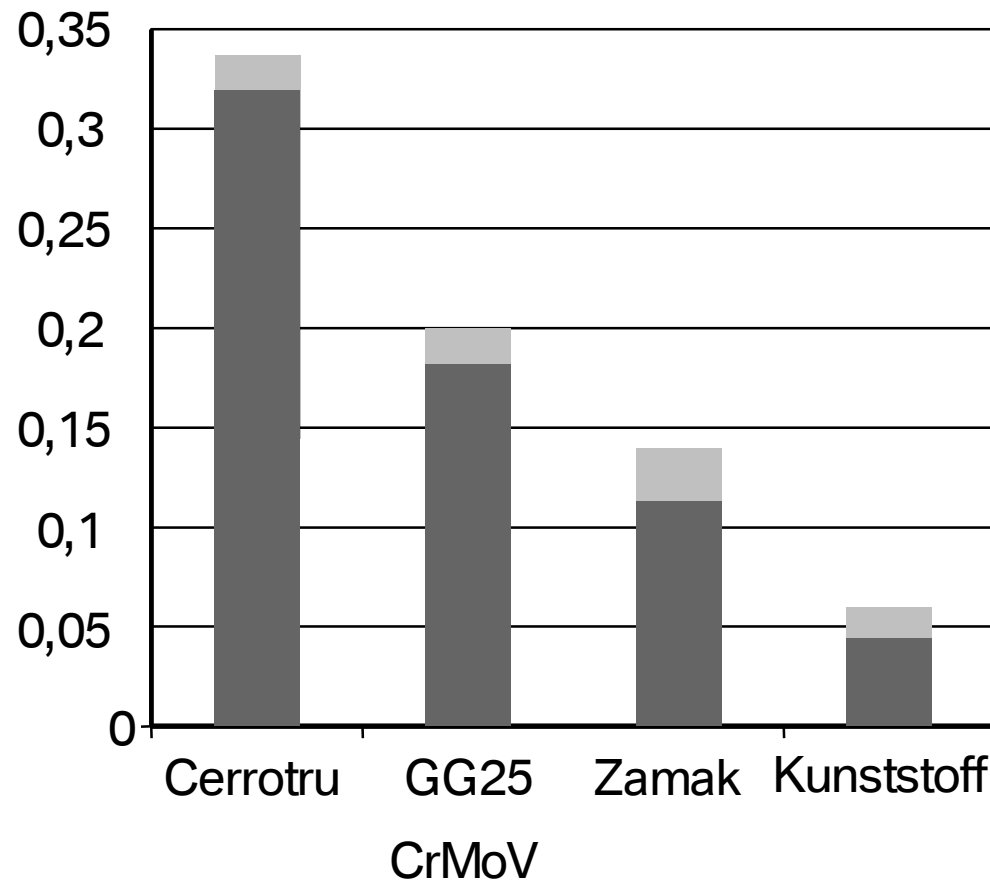
Flächenpressung 2,5 N/mm²

Ziehgeschwindigkeit 14 mm/s

Beölung 3,5 g/m²

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Werkzeugwerkstoffe bei unverzinktem Blech mit **Öl.**

Reibungszahl



Werkzeuggeometrie

rotationssymmetrischer Napf

Stempeldurchmesser 150 mm

Matrizenradius 8 mm

Stempelradius 10 mm

Blech

Umformwerkstoff St 14

Blechbeschichtung keine

Blechdicke 0,8 mm

Oberflächenrauheit Ra 1,56 mm

Werkzeug

Werkzeugwerkst. GG25 CrMoV

Oberfläche geschliffen u. poliert

Umformparameter

Ziehverhältnis 2,0

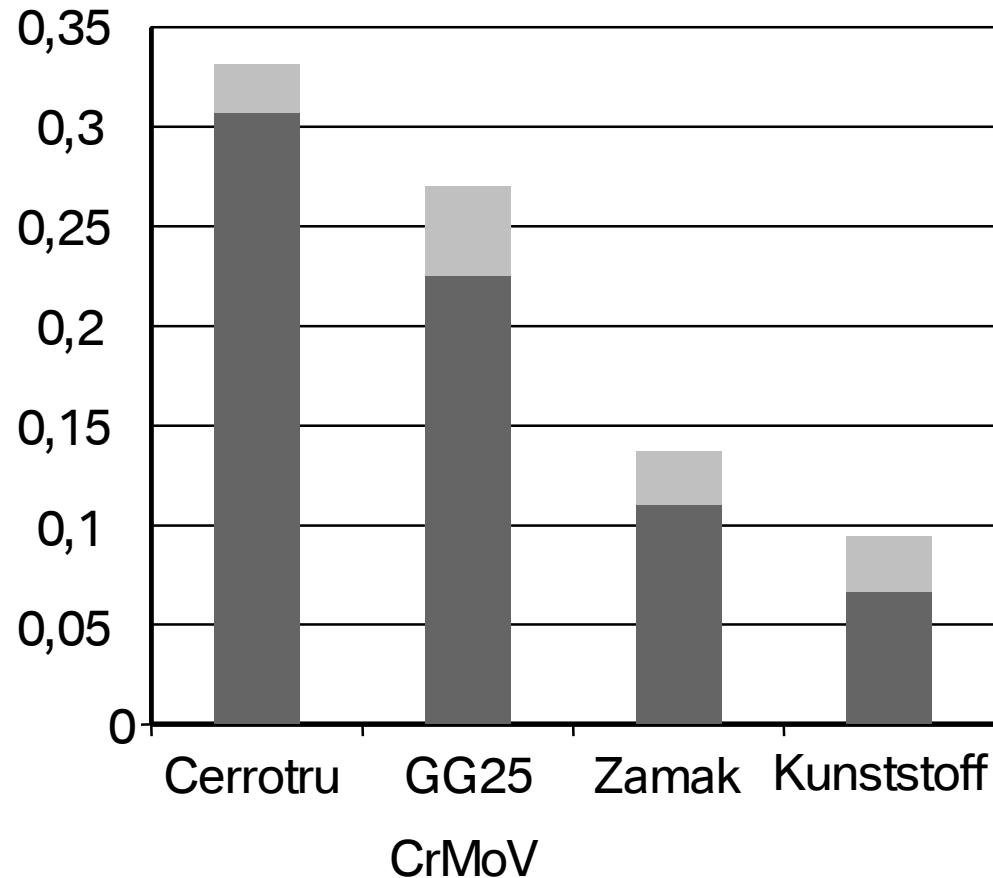
Flächenpressung 2,5 N/mm²

Ziehgeschwindigkeit 14 mm/s

Beölung 3,5 g/m²

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Werkzeugwerkstoffe bei **verzinktem** Blech mit **Öl**.

Reibungszahl



Werkzeuggeometrie

rotationssymmetrischer Napf

Stempeldurchmesser 150 mm

Matrizenradius 8 mm

Stempelradius 10 mm

Blech

Umformwerkstoff St 14

Blechbeschichtung ZE 75/75

Blechdicke 0,8 mm

Oberflächenrauheit Ra 1,56 mm

Werkzeug

Werkzeugwerkst. GG25 CrMoV

Oberfläche geschliffen u. poliert

Umformparameter

Ziehverhältnis 2,0

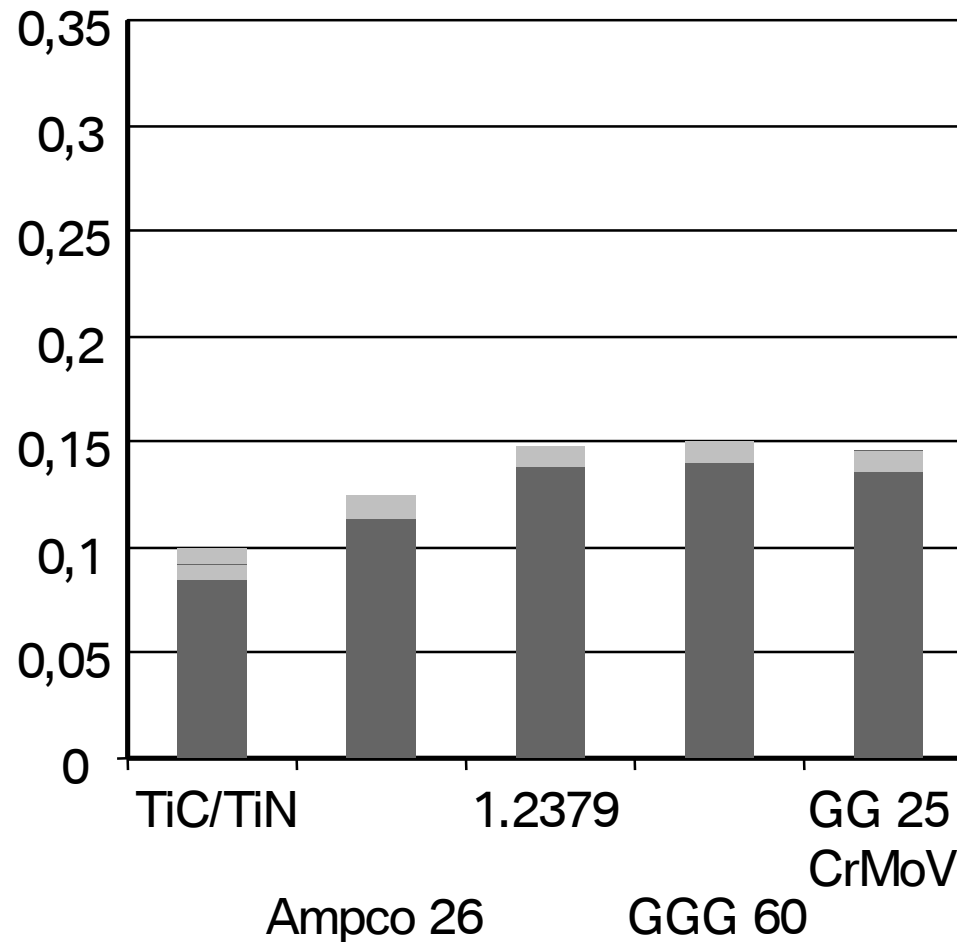
Flächenpressung 2,5 N/mm²

Ziehgeschwindigkeit 14 mm/s

Beölung 3,5 g/m²

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Verschleißfestere Werkstoffe.

Reibungszahl



Werkzeuggeometrie

rotationssymmetrischer Napf
Stempeldurchmesser 150 mm
Matrizenradius 8 mm
Stempelradius 10 mm

Blech

Umformwerkstoff ZStE 300 BH
Blechbeschichtung keine
Blechdicke 0,8 mm
Oberflächenrauheit Ra 1,59 mm

Werkzeug

Oberfläche geschliffen u. poliert

Umformparameter

Ziehverhältnis 1,9
Flächenpressung 11,5 N/mm²
Ziehgeschwindigkeit 14 mm/s
Schmierstoff Emulsion
Beölung 3,5 g/m²

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

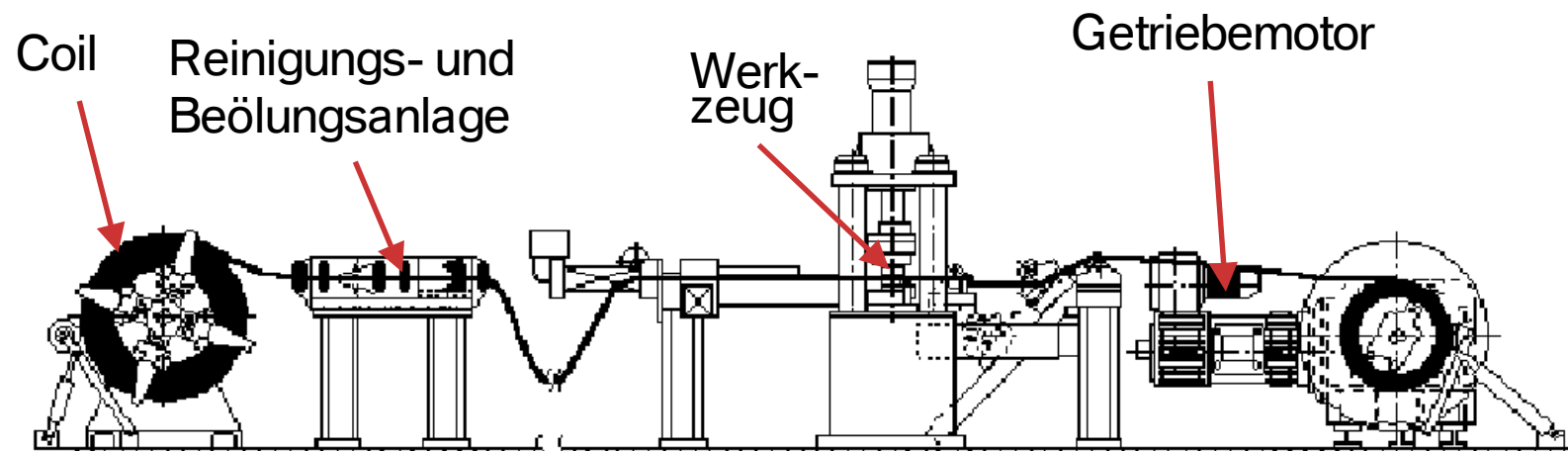
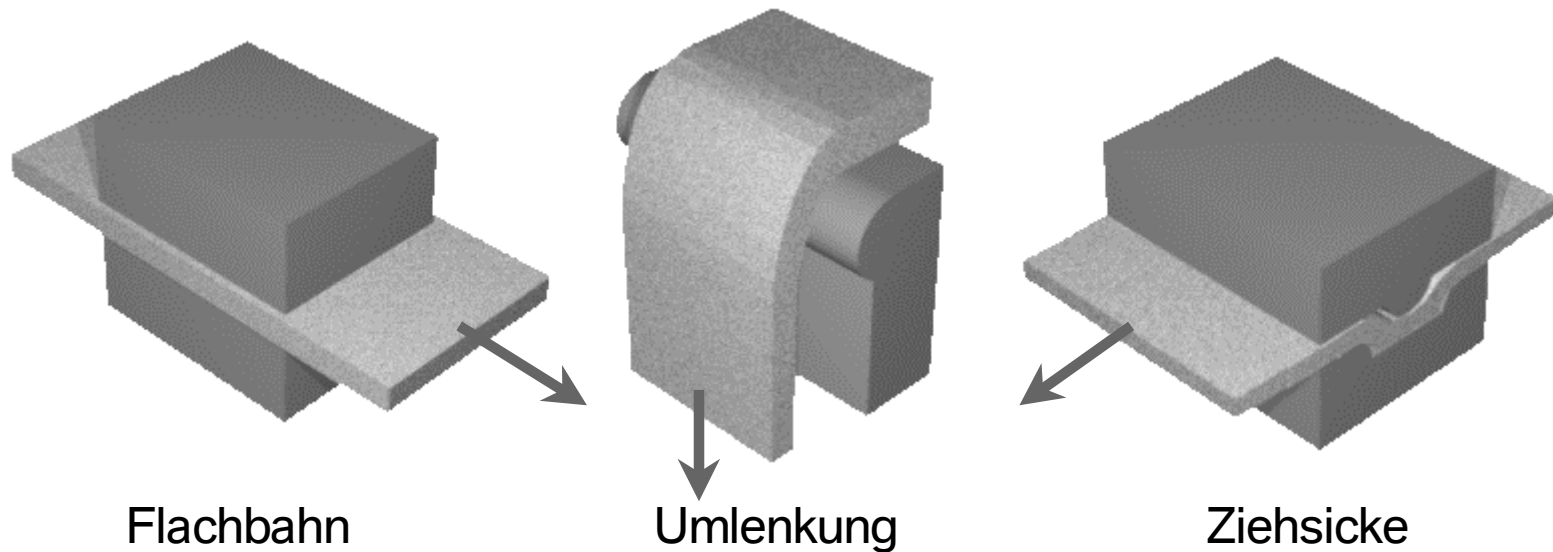
Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

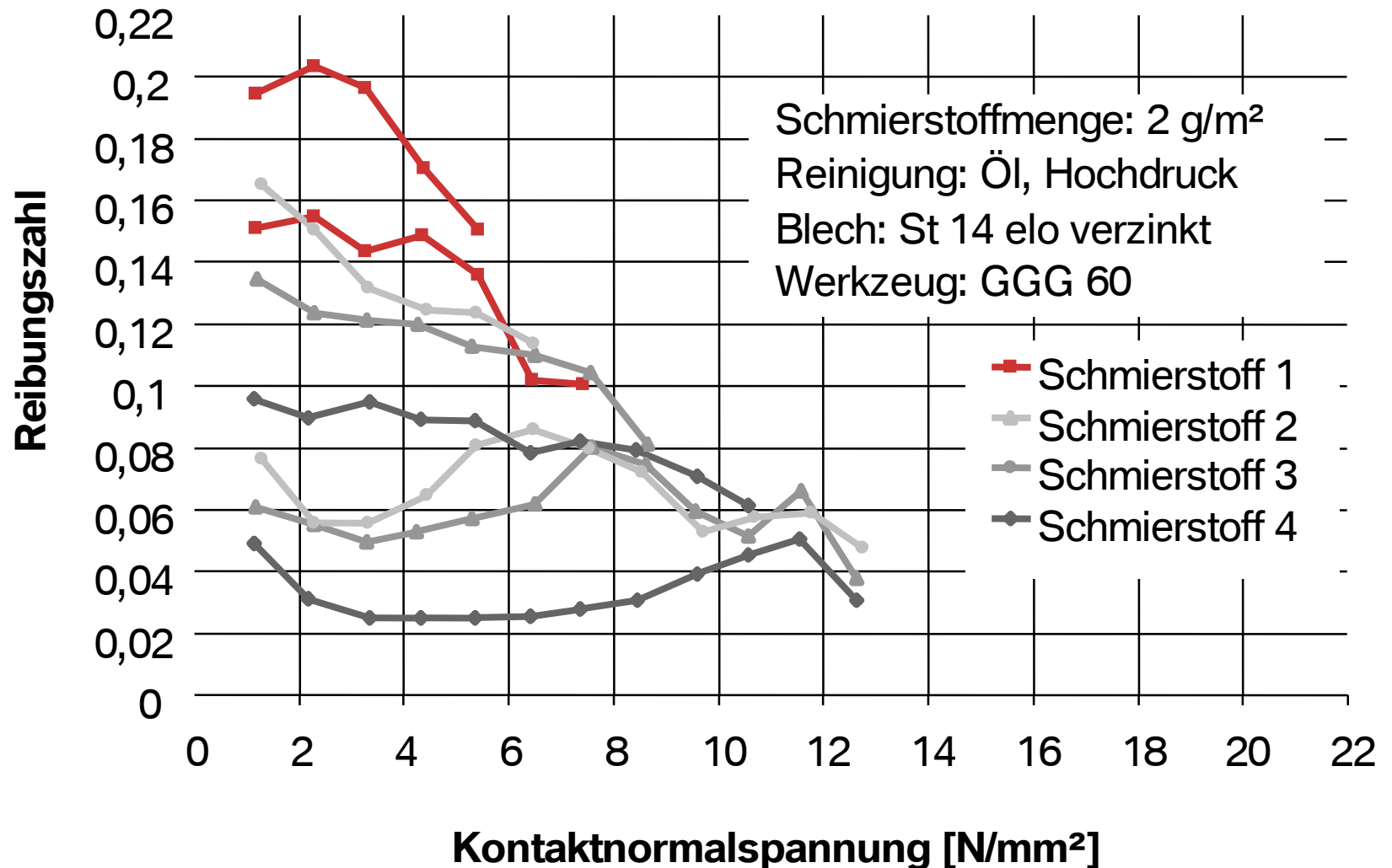
Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

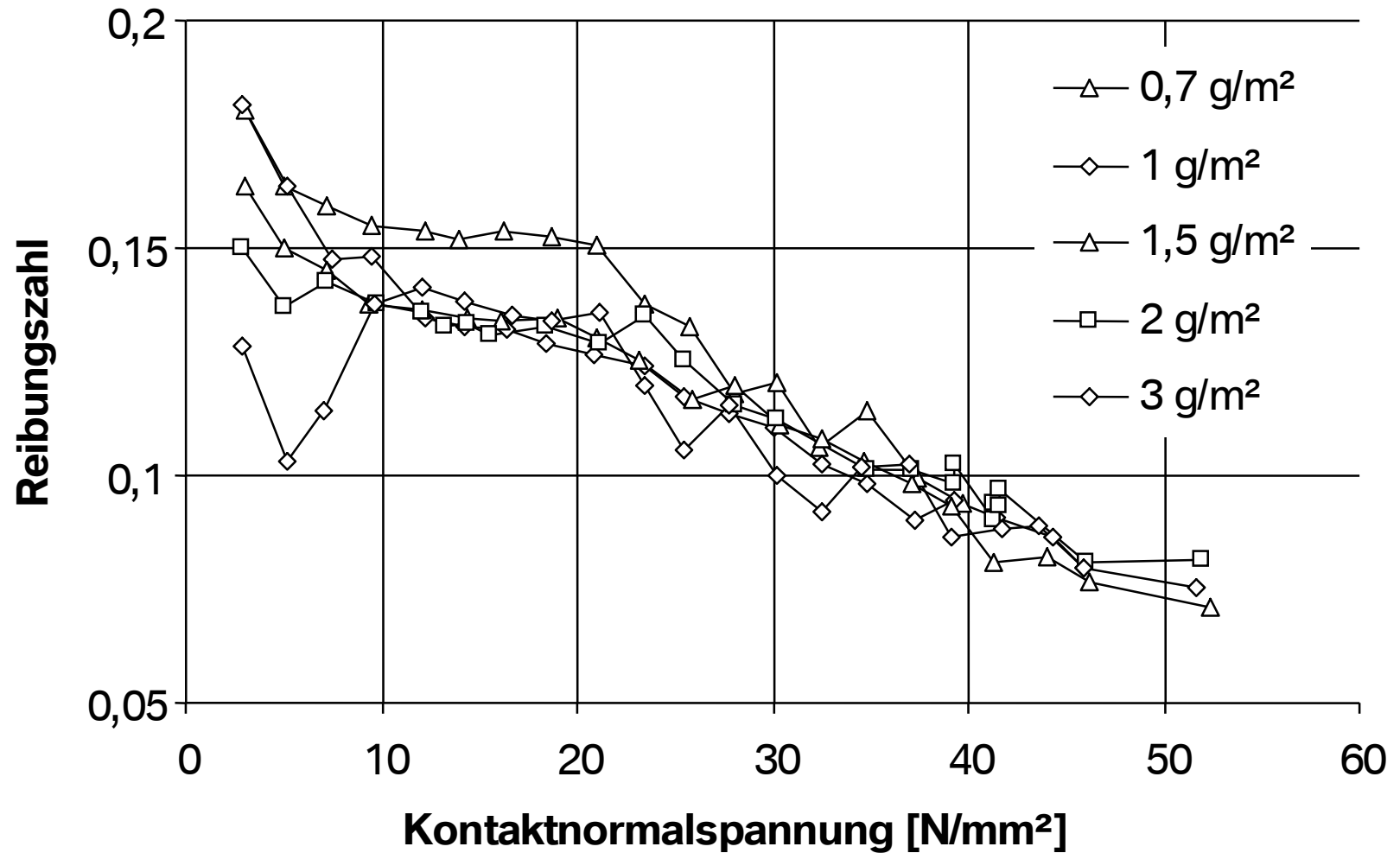
Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Streifenziehversuch.



Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Einfluss des Schmierstoffs im Streifenziehversuch.

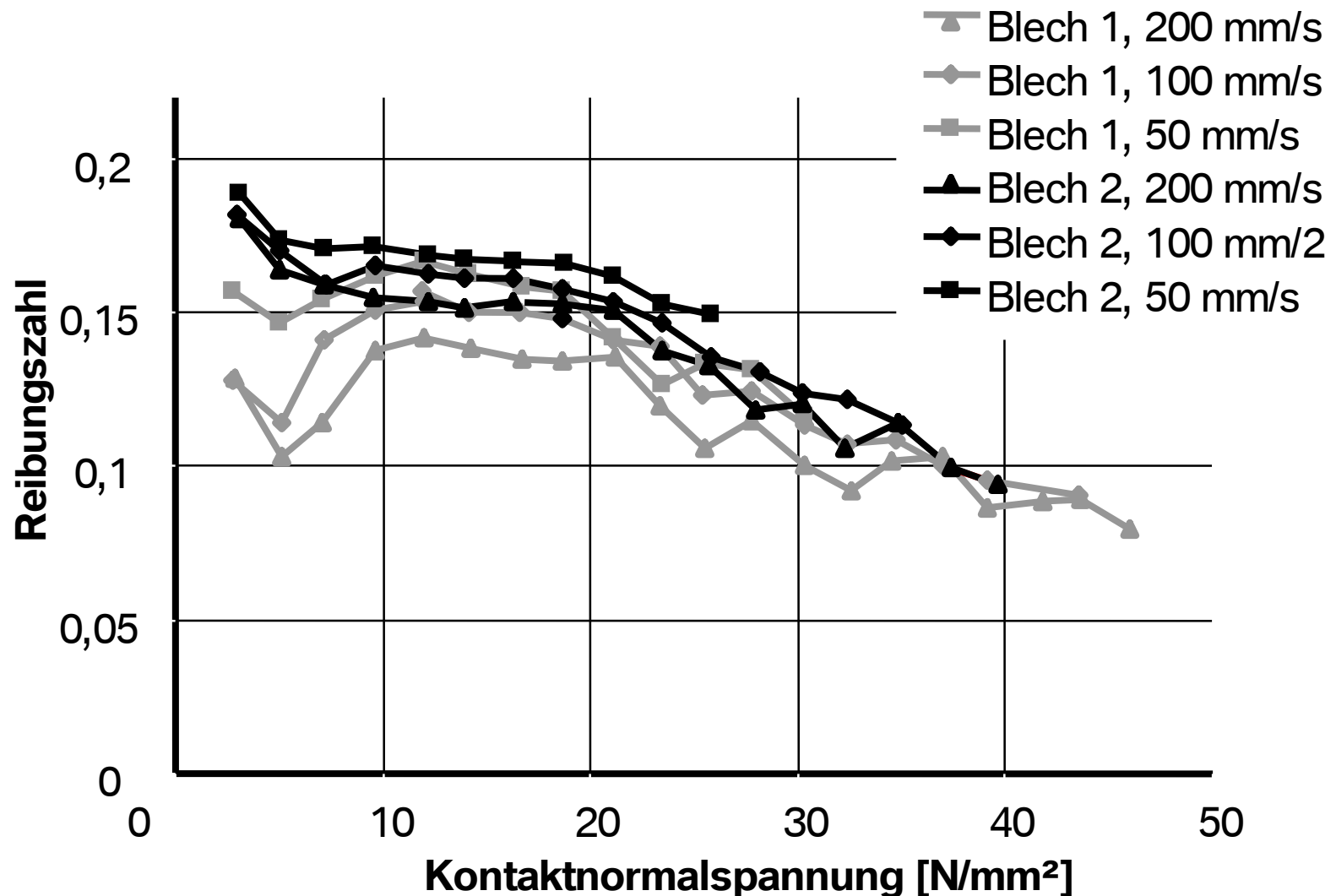


Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Einfluss der Schmierstoffmenge im Streifenziehversuch.

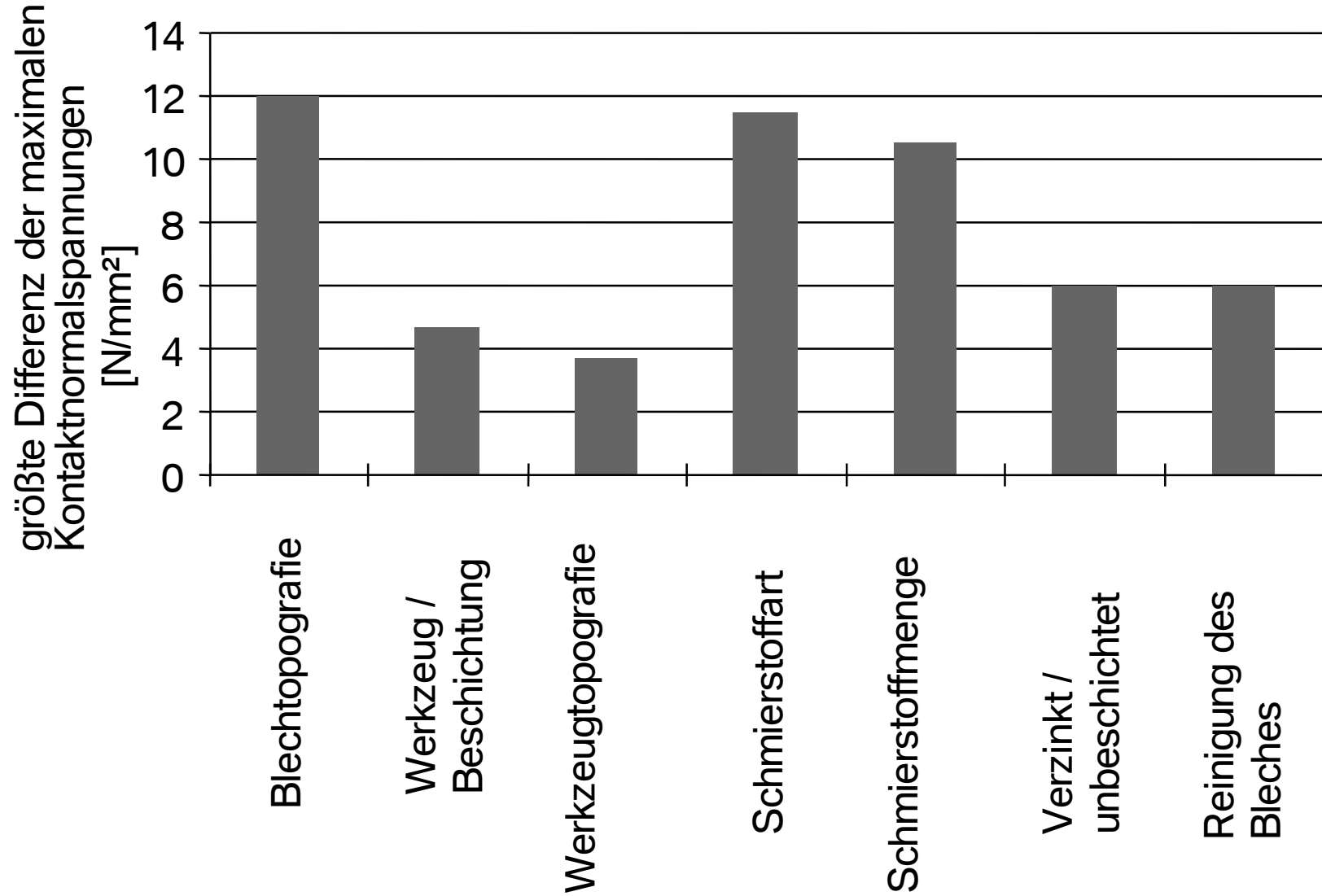


Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit.

Einfluss der Blechtopografie im Streifenziehversuch.



Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Vergleich der Einflussgrößen auf die Reibung im Streifenziehversuch.



Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit. Werkstoffprüfungen.

Blechwerkstoff

- Zugversuche, Fließkurven
- Grenzformänderungsdiagramme
- Kreuzzugversuche, Fließortkurven
- Rauheit
- Beschichtungsdicke
- Beschichtungshärte
- Chemische Analyse

Werkzeug

- Härte
- Rauheit
- Chemische Analyse

Schmierstoff

- Schmierstoffmenge
- Viskosität
- Chemische Analyse

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit.

Zusammenfassung.

Neue Anforderungen an tribologische Systeme in der Karosserieumformung

- Neue und höherfeste Werkstoffe
- Prozesssicherheit, Verringerung Ausschuss (Ökonomie)
- Umweltverträglichere Schmiersysteme (Ökologie)

Gestiegene Anforderungen an Prüfmethoden

- Entwicklung und Optimierung neuer Systeme
- Eindeutige Spezifikation
- Anforderungsgerechte Auswahl tribologischer Systeme

Paralleler Einsatz und Abgleich von:

- Bauteilversuchen
- Modellversuchen
- Messmethoden

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

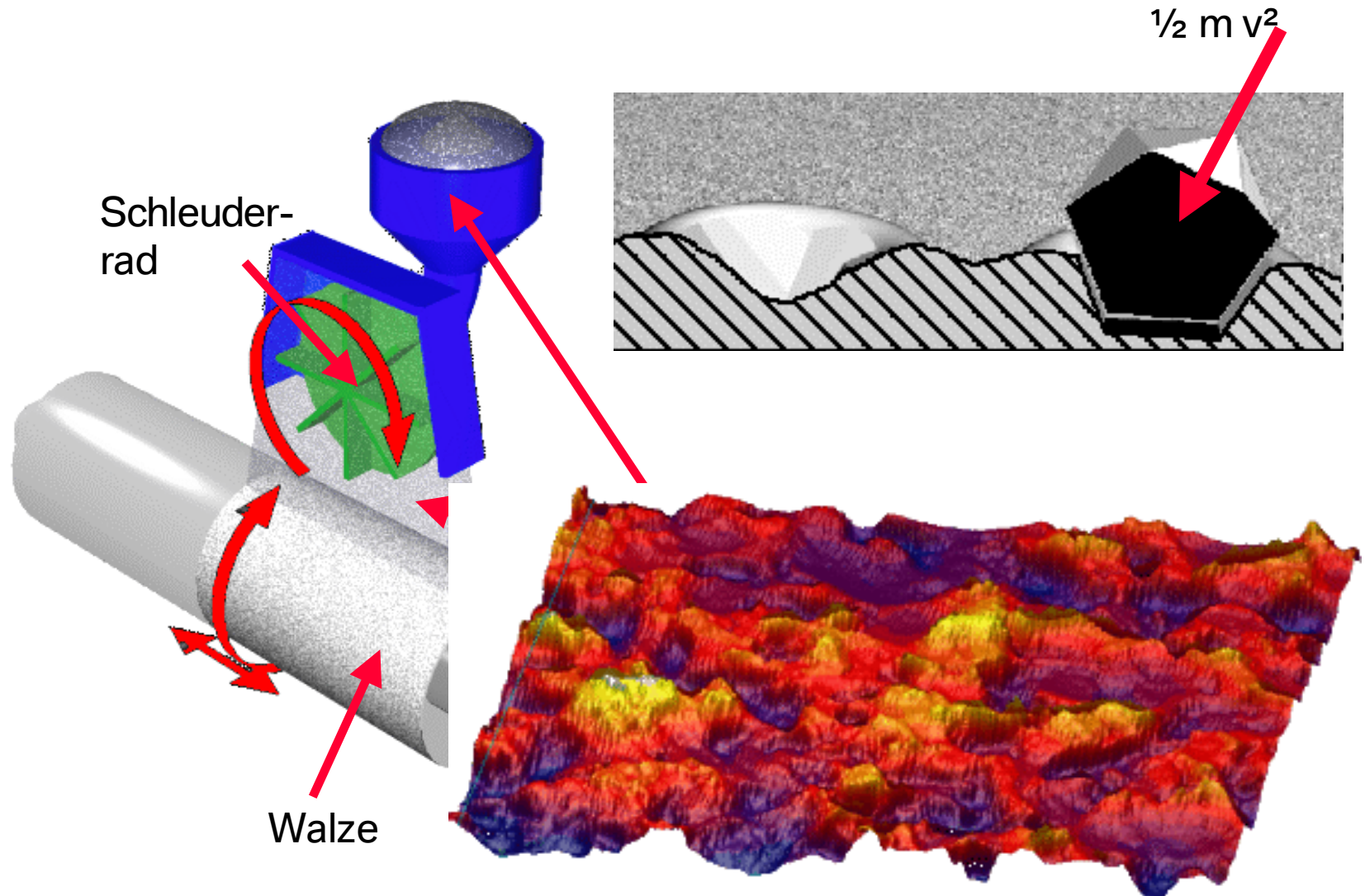
Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

Rauheitskenngrößen

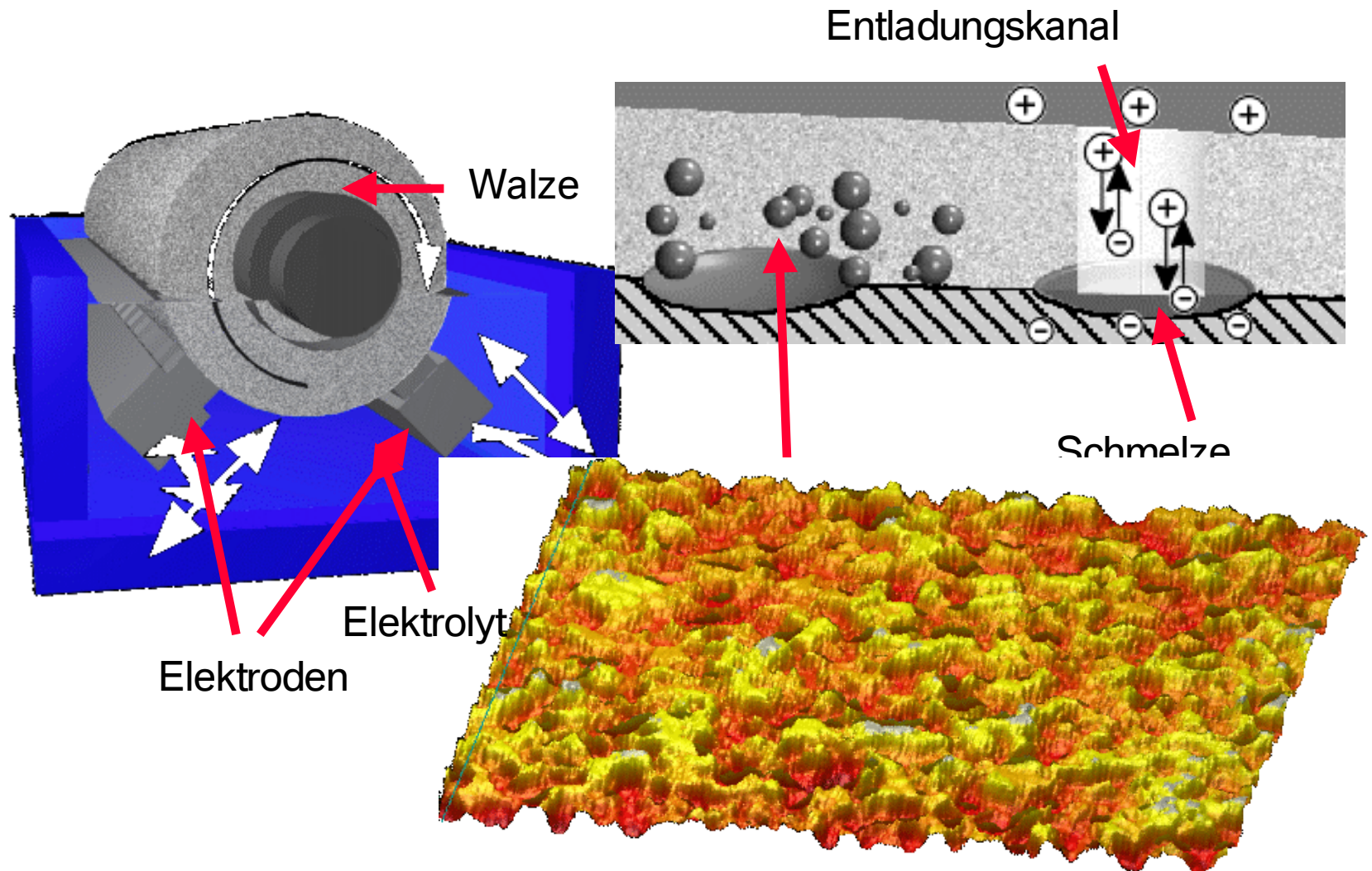
Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

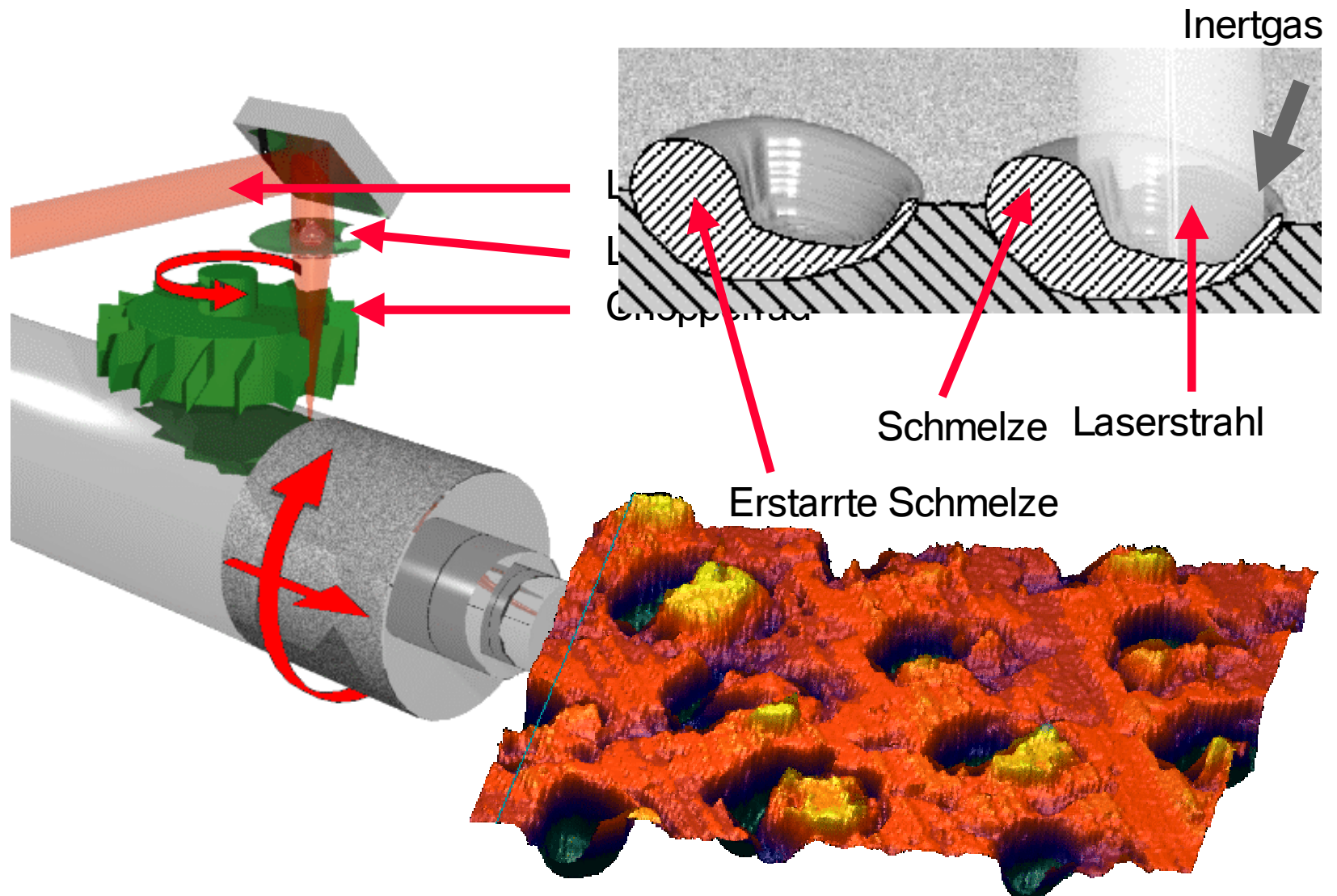
Blechttopografie. Dressierverfahren. Shot Blast Texturing (SBT).



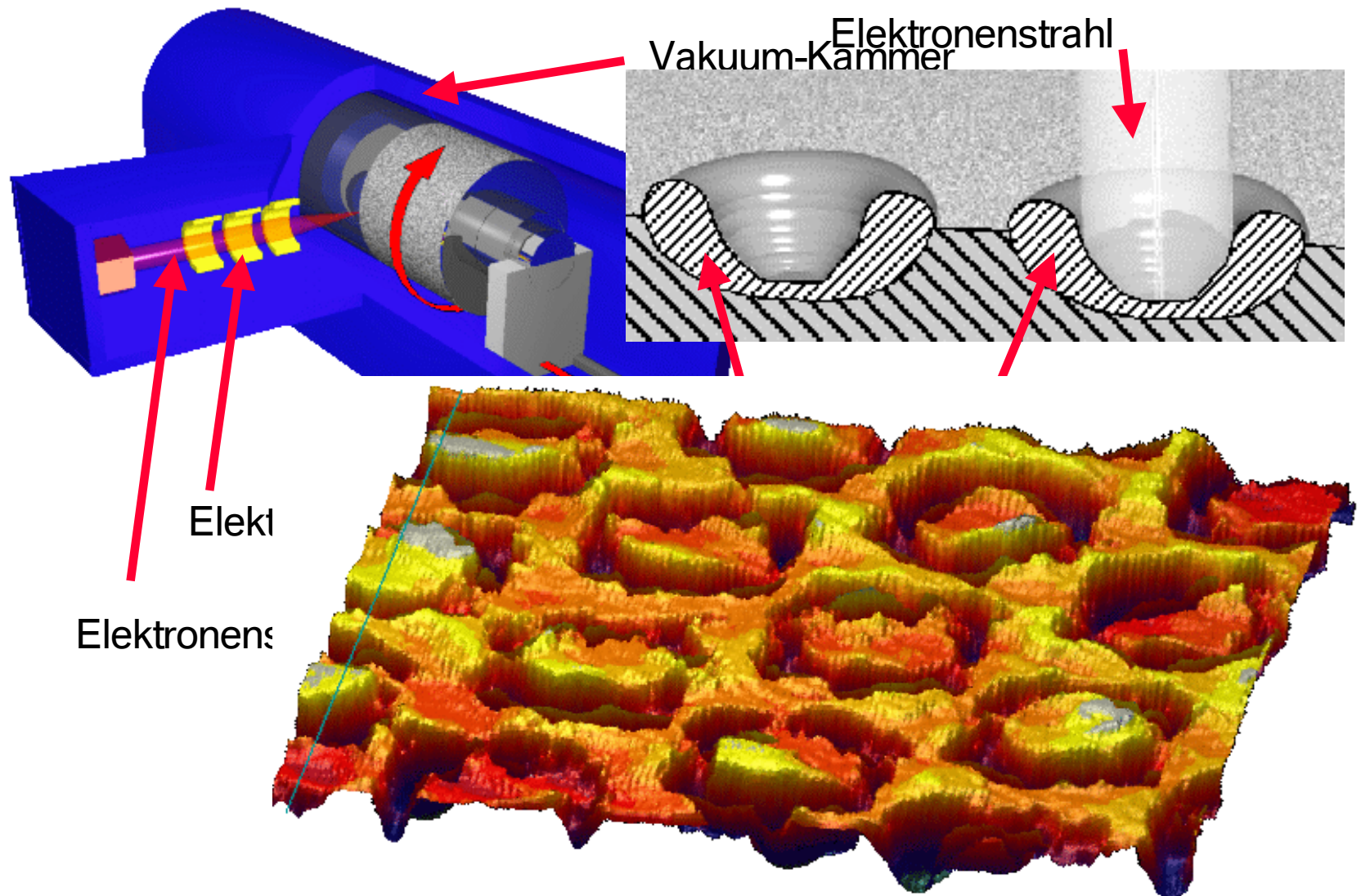
Blechtopografie. Dressierverfahren. Electrical Discharge Texturing (EDT).



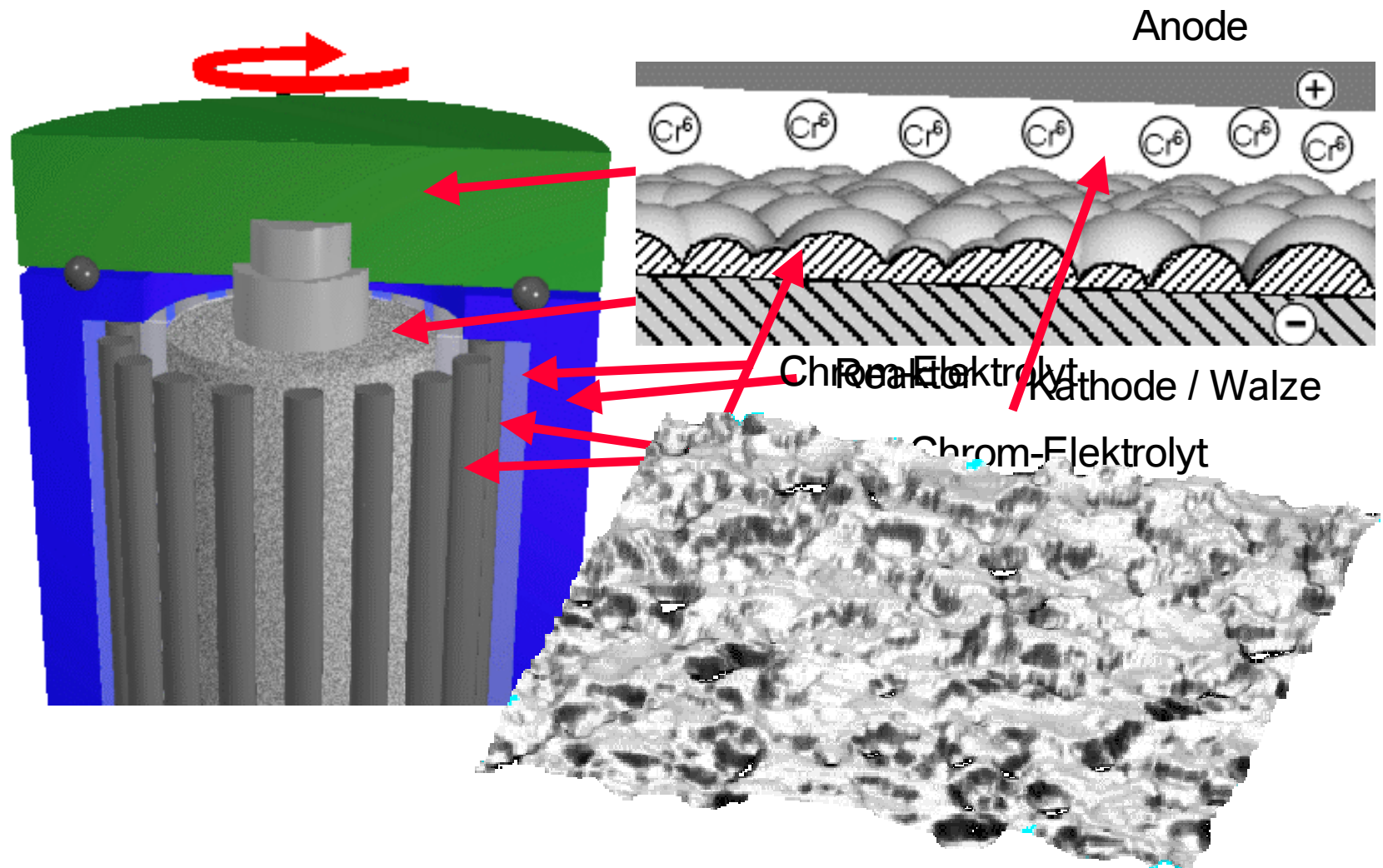
Blechttopografie. Dressierverfahren. Laser Texturing (LT).



Blechttopografie. Dressierverfahren. Electron Beam Texturing (EBT).

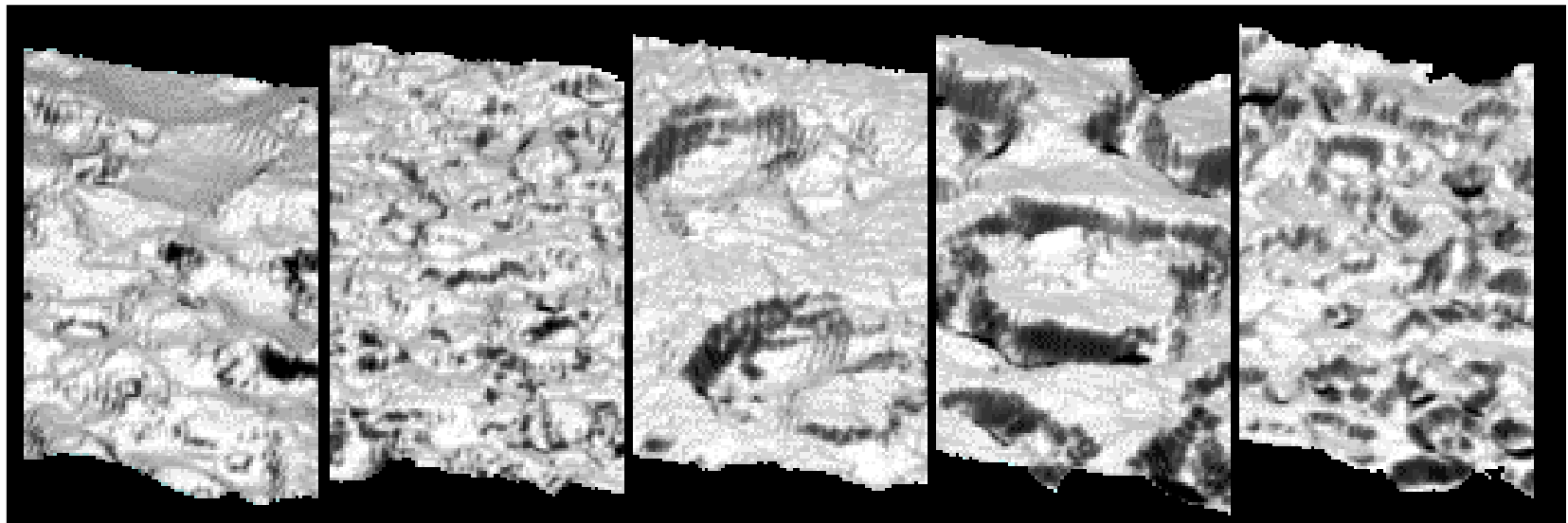


Blechttopografie. Dressierverfahren. Precision Texturing / Pretex.



Blechttopografie, Dressierverfahren.

Gegenüberstellung der Dressierverfahren.



SBT
shot blast
texturing

EDT
electrical
discharge
texturing

LT
laser beam
texturing

EBT
electron
beam
texturing

Pretex
Preussag
texturing

Spitzenzahl

Wiederholbarkeit

Herstellungszeit

Regelmäßigkeit

technischer Aufwand

Kosten pro Walze

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

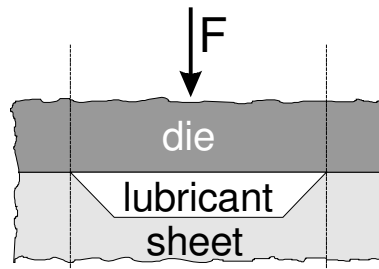
Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

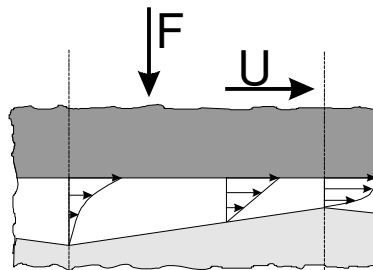
Zusammenfassung

Blehtopografie. Wirkmechanismen.

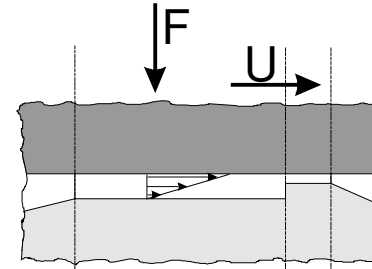
hydrostatisch
wirkende
Schmiertaschen



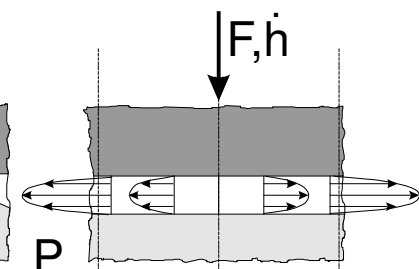
hydrodynamisch
wirkende
Flanken



elasto-/plasto-
hydrodynamisch
wirkende Stufen



Quetsch-
strömungen



Blechtopografie.

Anforderungen an eine „Idealtopografie“.

- Hohe Spitzen
- Schmale und kleine Spitzen
- Einen flachen Kernbereich
- Größeres Leervolumen im unteren Bereich
- Hohe Anteile abgeschlossener Leerflächen
- Topografie hoch abgeschlossen
- Feine Spitzen
- Hohe Anzahl von Tälern
- Ungerichtete Strukturen

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

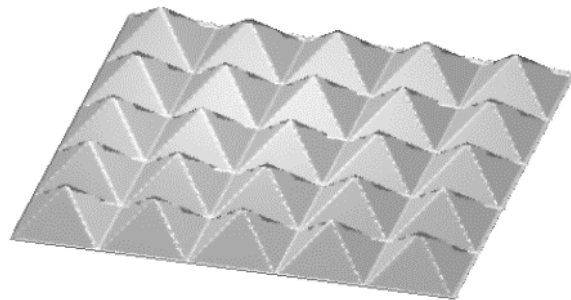
Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

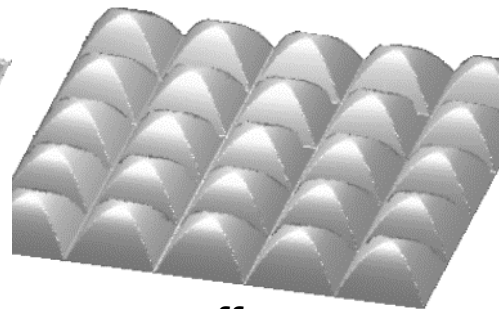
Rauheitskenngrößen. Begriffe.

Leere
(Materialanteil)



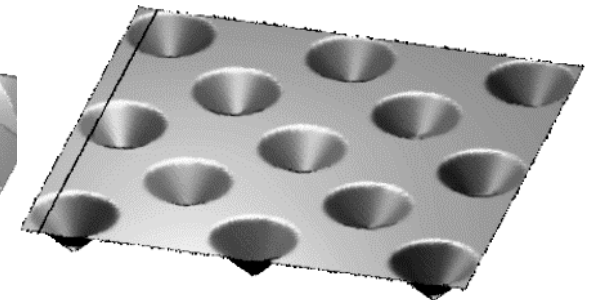
leer

Abgeschlossenheit

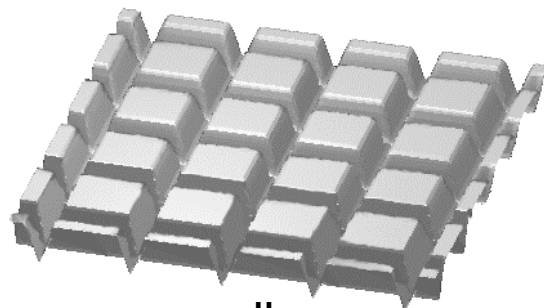


offen

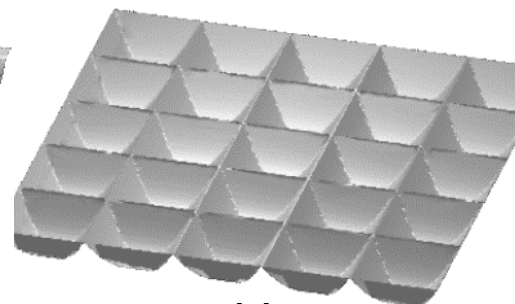
Dichte



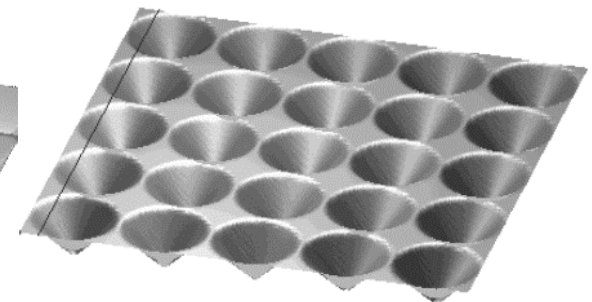
weit



voll



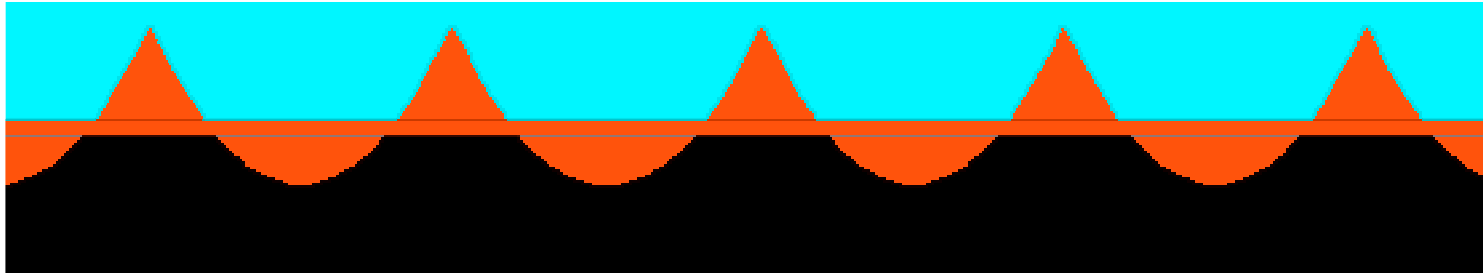
geschlossen



dicht

Rauheitskenngrößen.

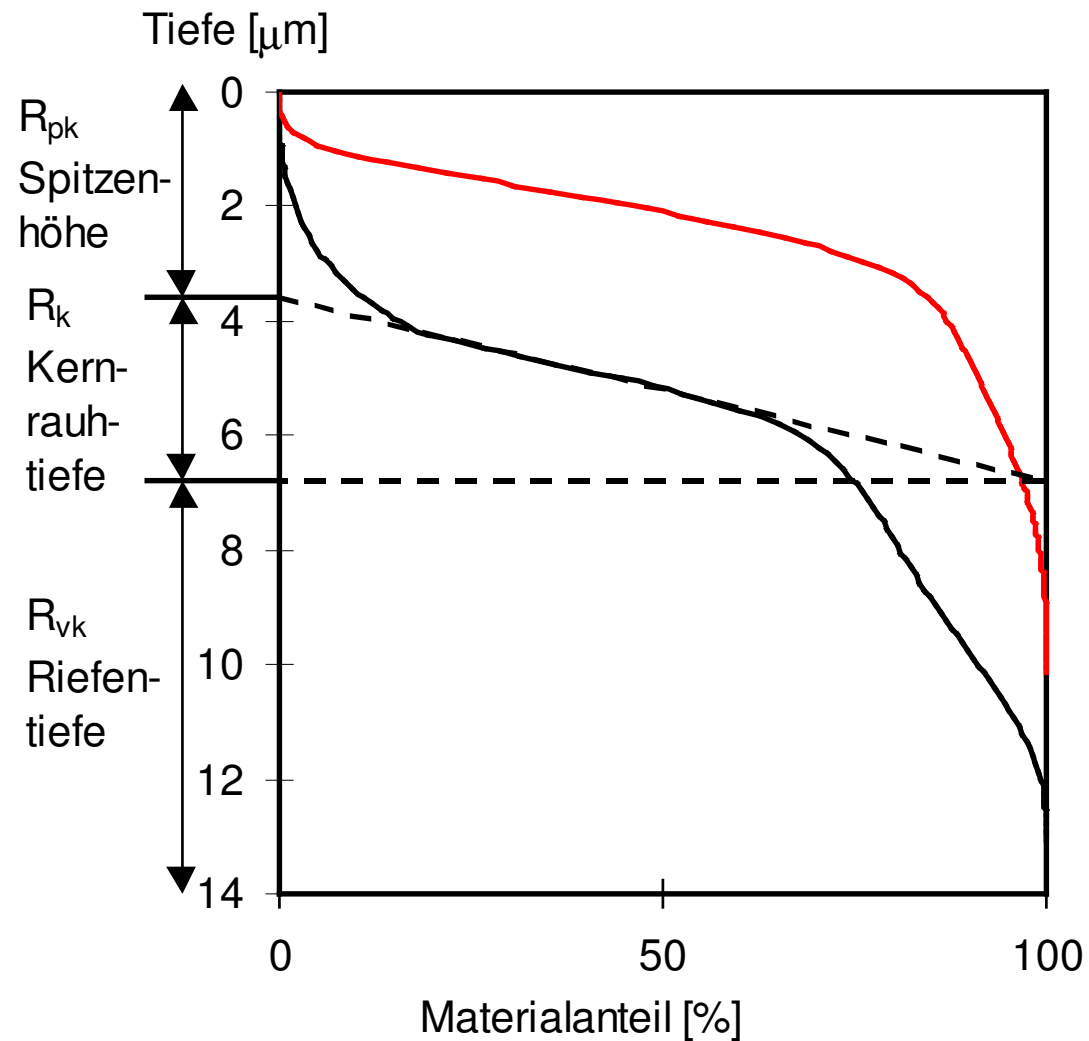
Mittenrauwert R_a .



$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |z(x)| dx$$



Rauheitskenngrößen. Materialanteilkurve.



Blehtopografie.

Aussagekraft von Rauheitskenngrößen.

	2D	3D
Leere (Materialanteil) 1. Spitzenhöhe 2. Materialanteil 3. Kernrautiefe 4. Leervolumen	R_{pk} M_{r1} R_k R_{pm} 	
Dichte 5. Spitzenzahl 6. Talzahl		
Abgeschlossenheit 7. Geschlossenes Leervol. 8. Anteil geschl. Leerflächen 9. Perkolationsstiefe		

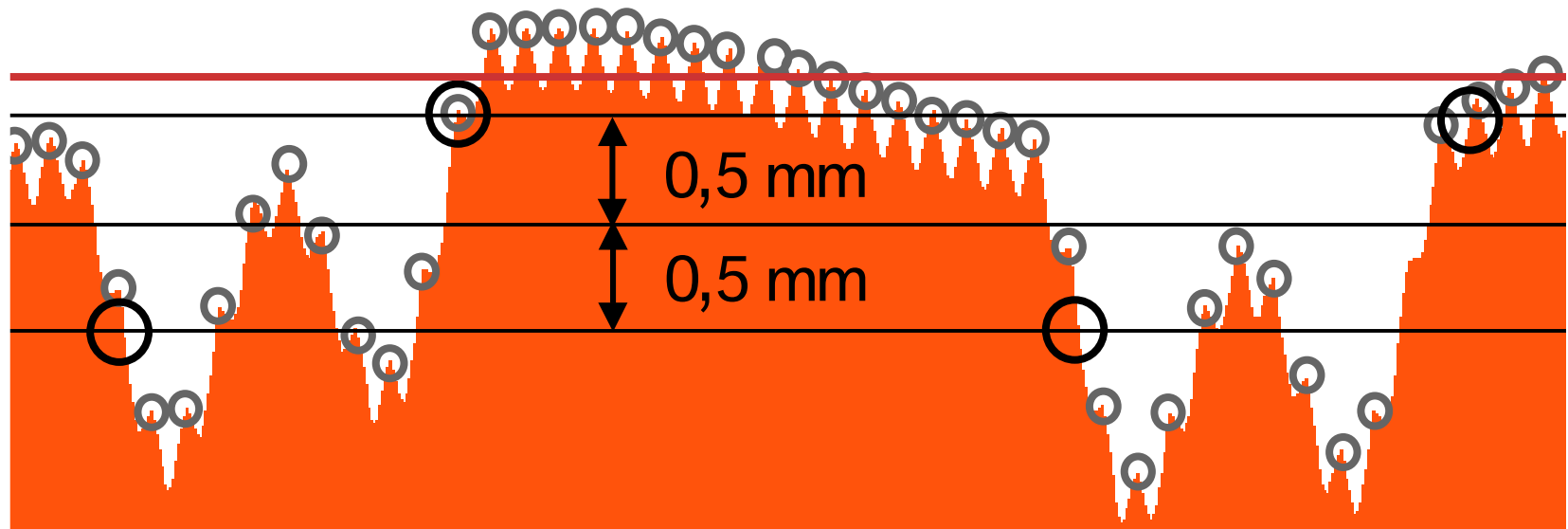
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 2D-Spitzenzahlen.

2D-Spitzenzahl, PC = 2

3D-Spitzenzahl, $S_{ds} = 48$

Tribologisch relevante Spitzenzahl ≈ 11 ?



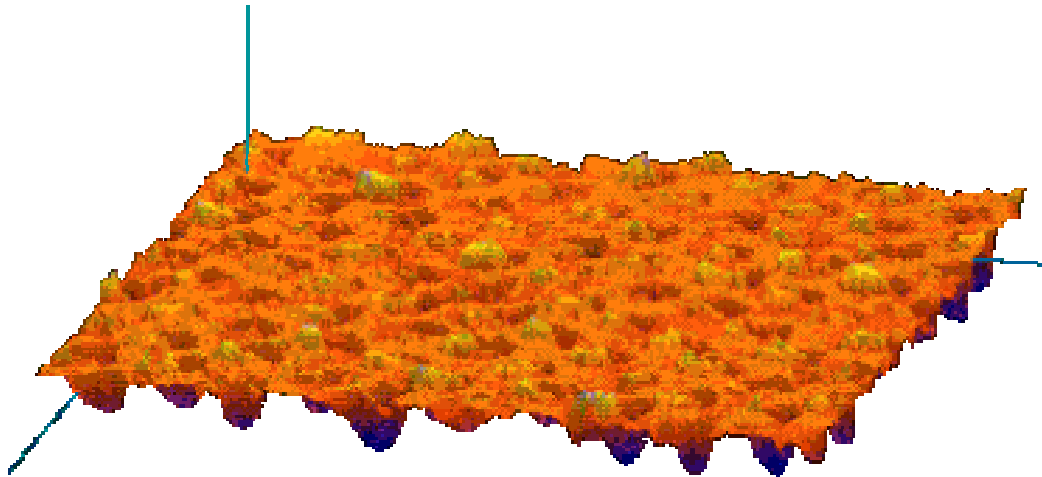
Blehtopografie.

Aussagekraft von Rauheitskenngrößen.

	2D	3D
Leere (Materialanteil) 1. Spitzenhöhe 2. Materialanteil 3. Kernrautiefe 4. Leervolumen	R_{pk} M_{r1} R_k R_{pm}	   
Dichte 5. Spitzenzahl 6. Talzahl	(PC) (S_{dv})	 
Abgeschlossenheit 7. Geschlossenes Leervol. 8. Anteil geschl. Leerflächen 9. Perkolationsstiefe	  	

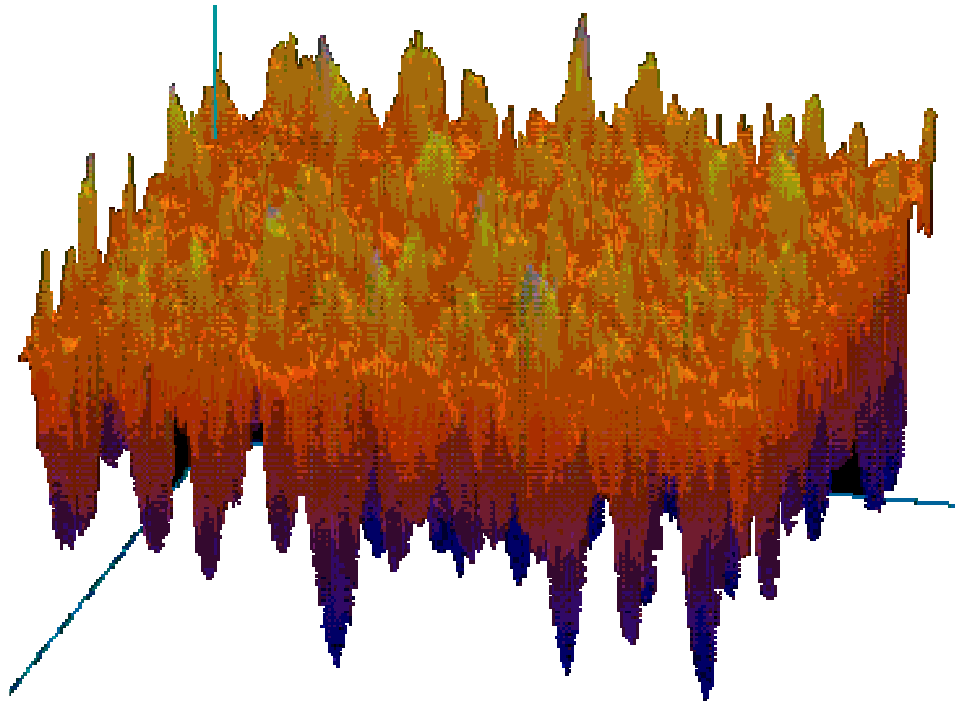
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



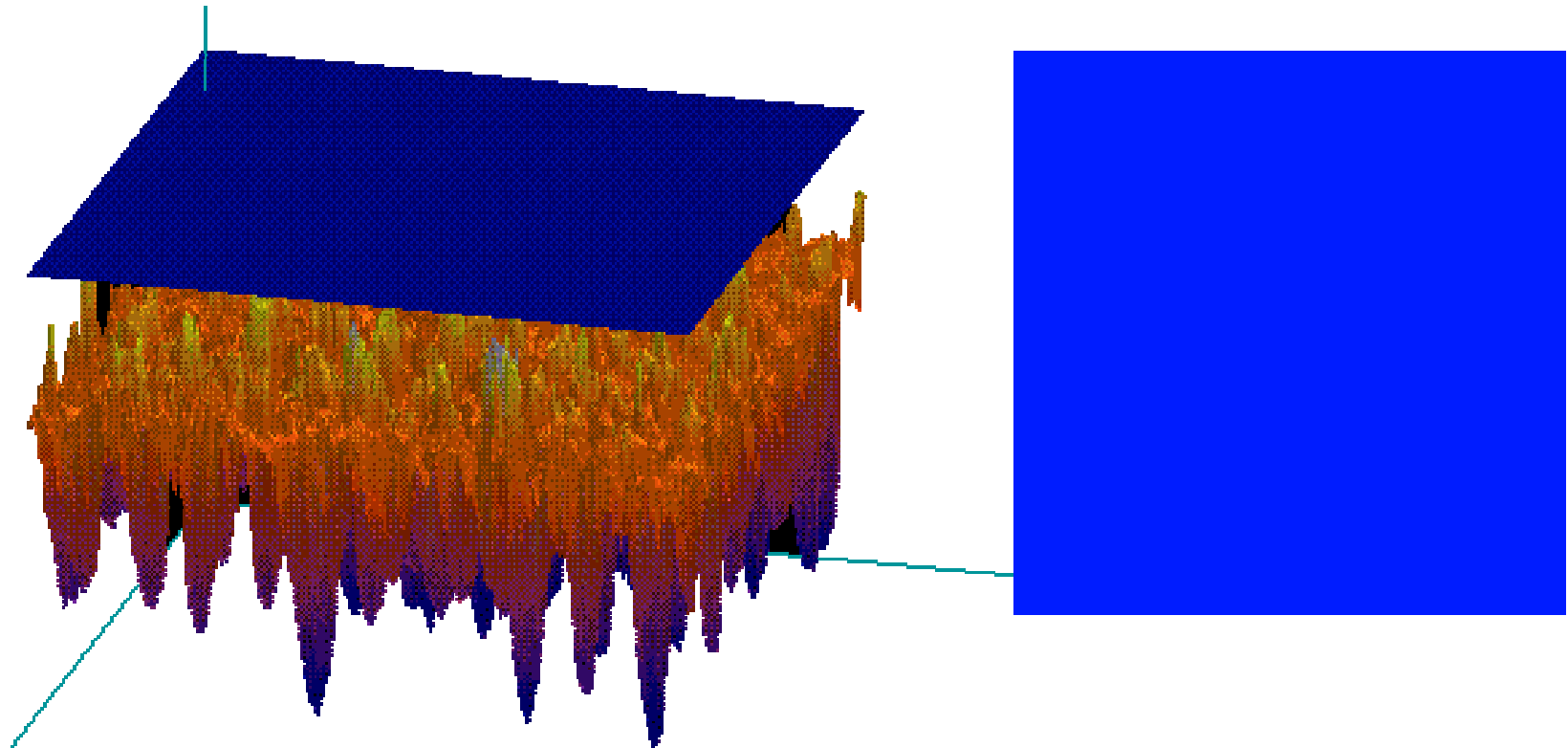
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



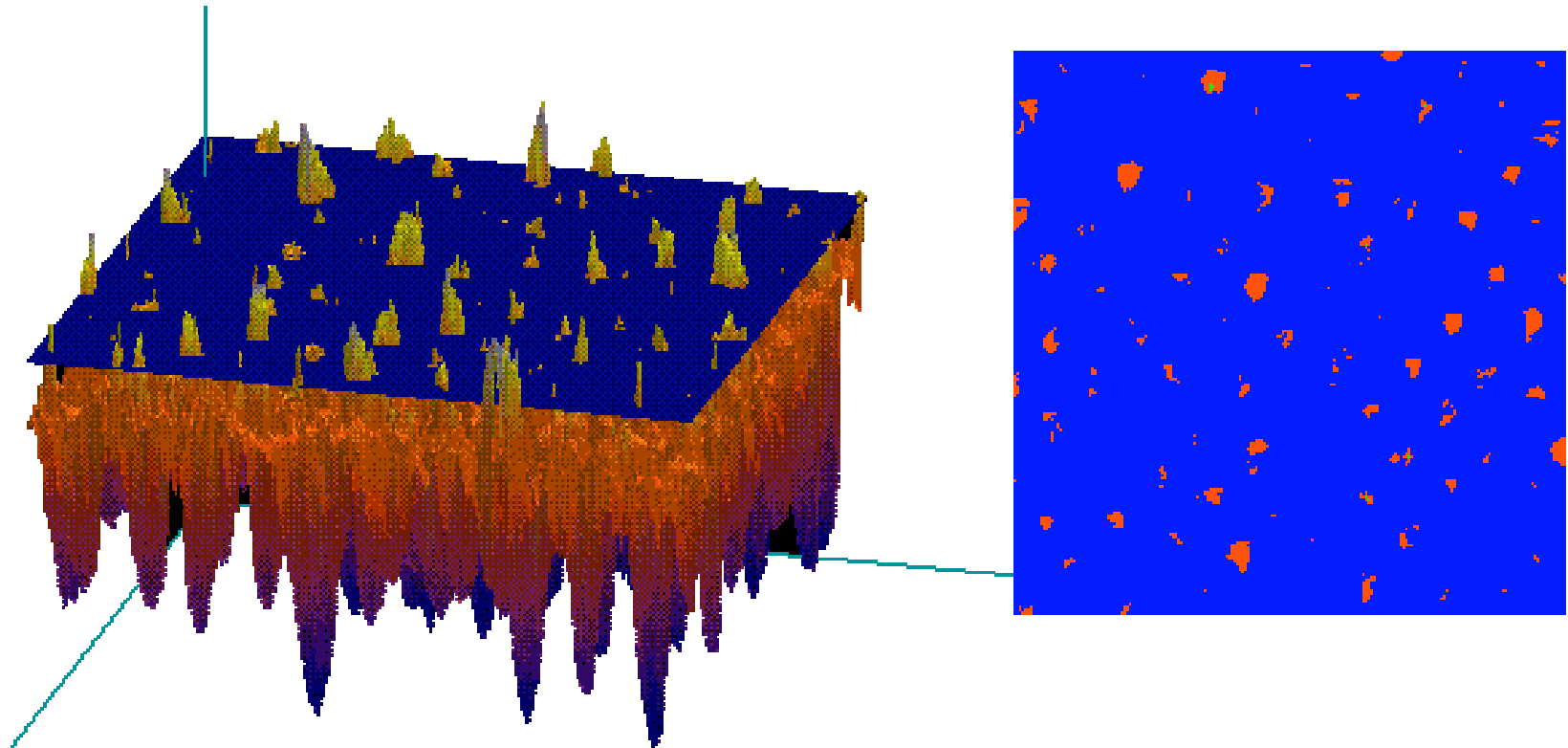
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



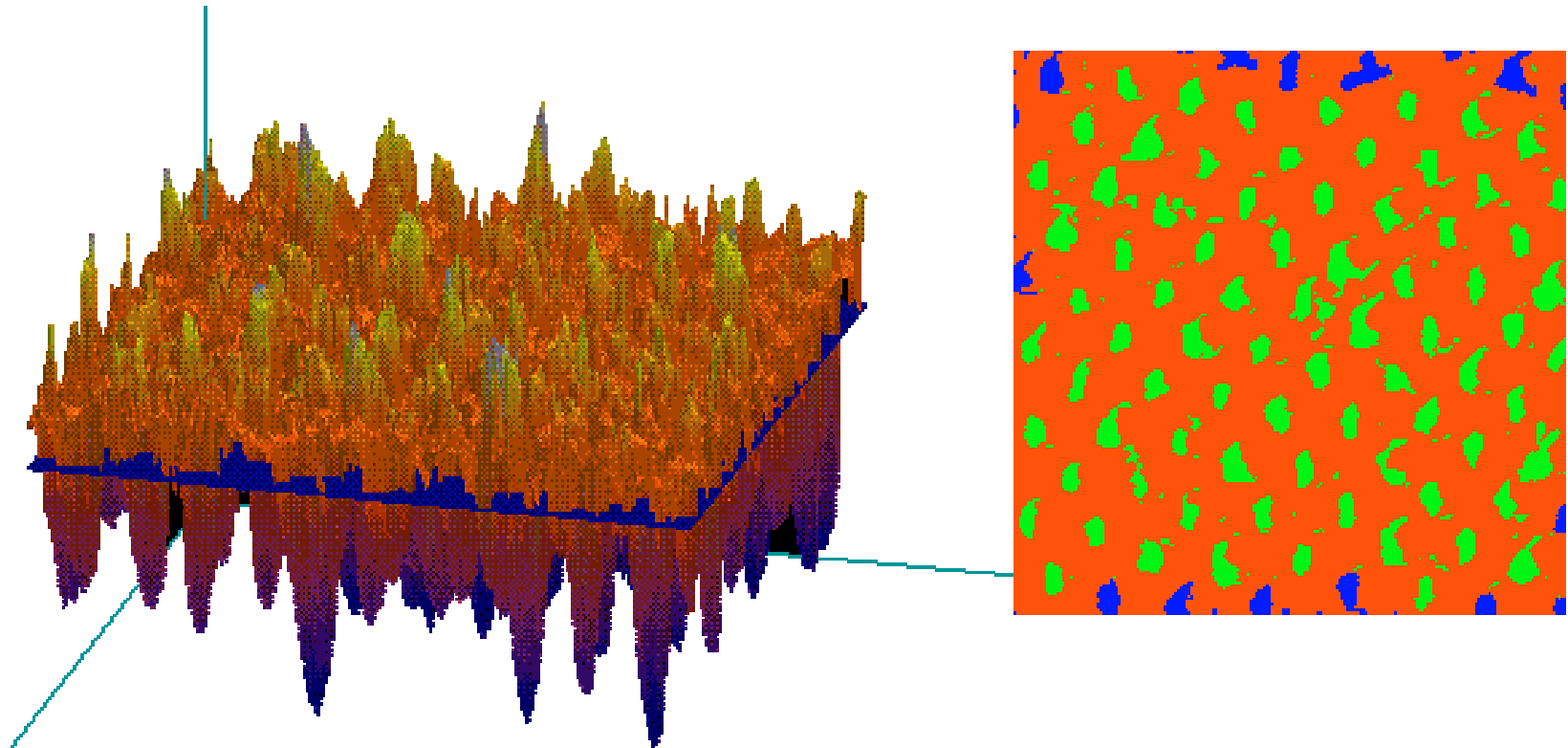
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



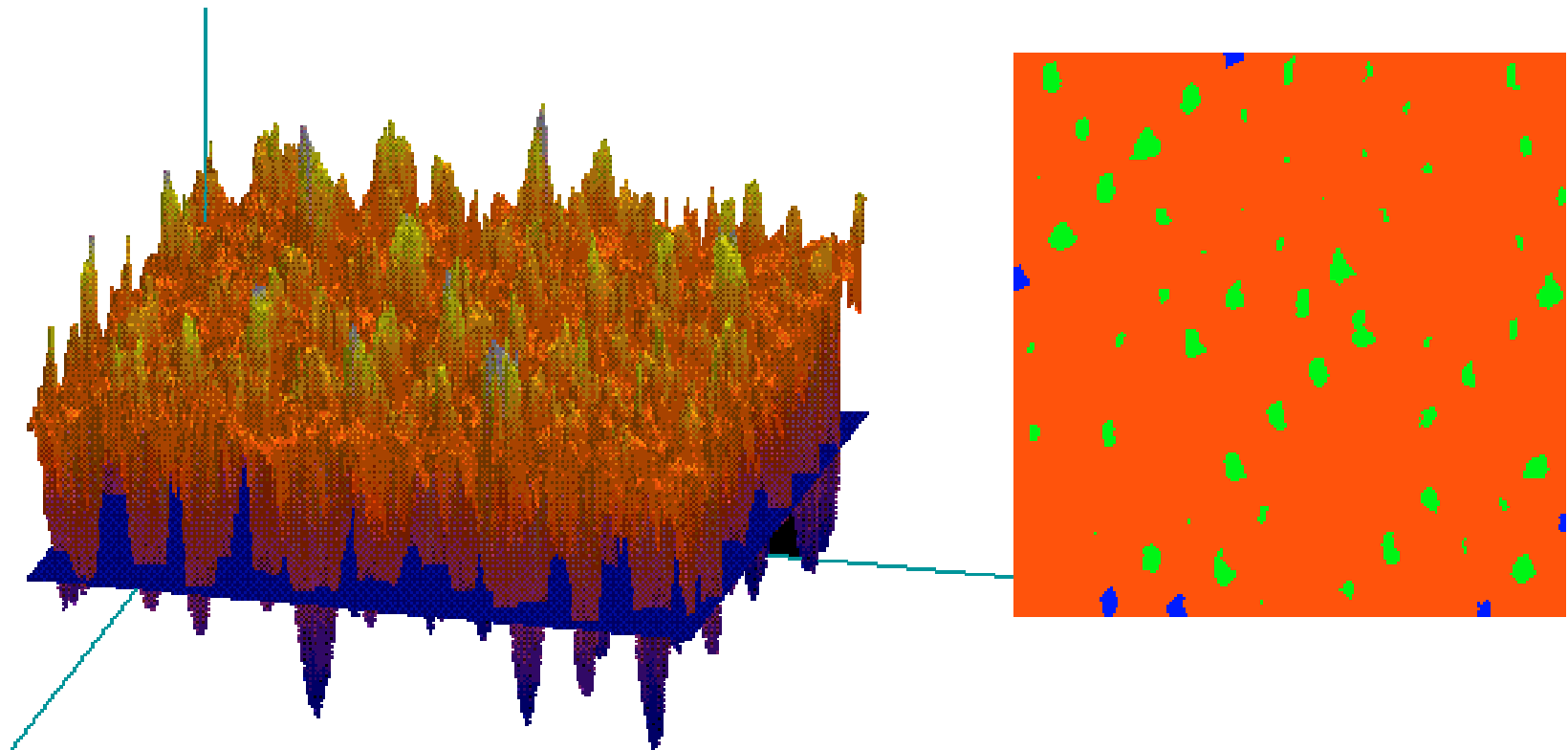
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



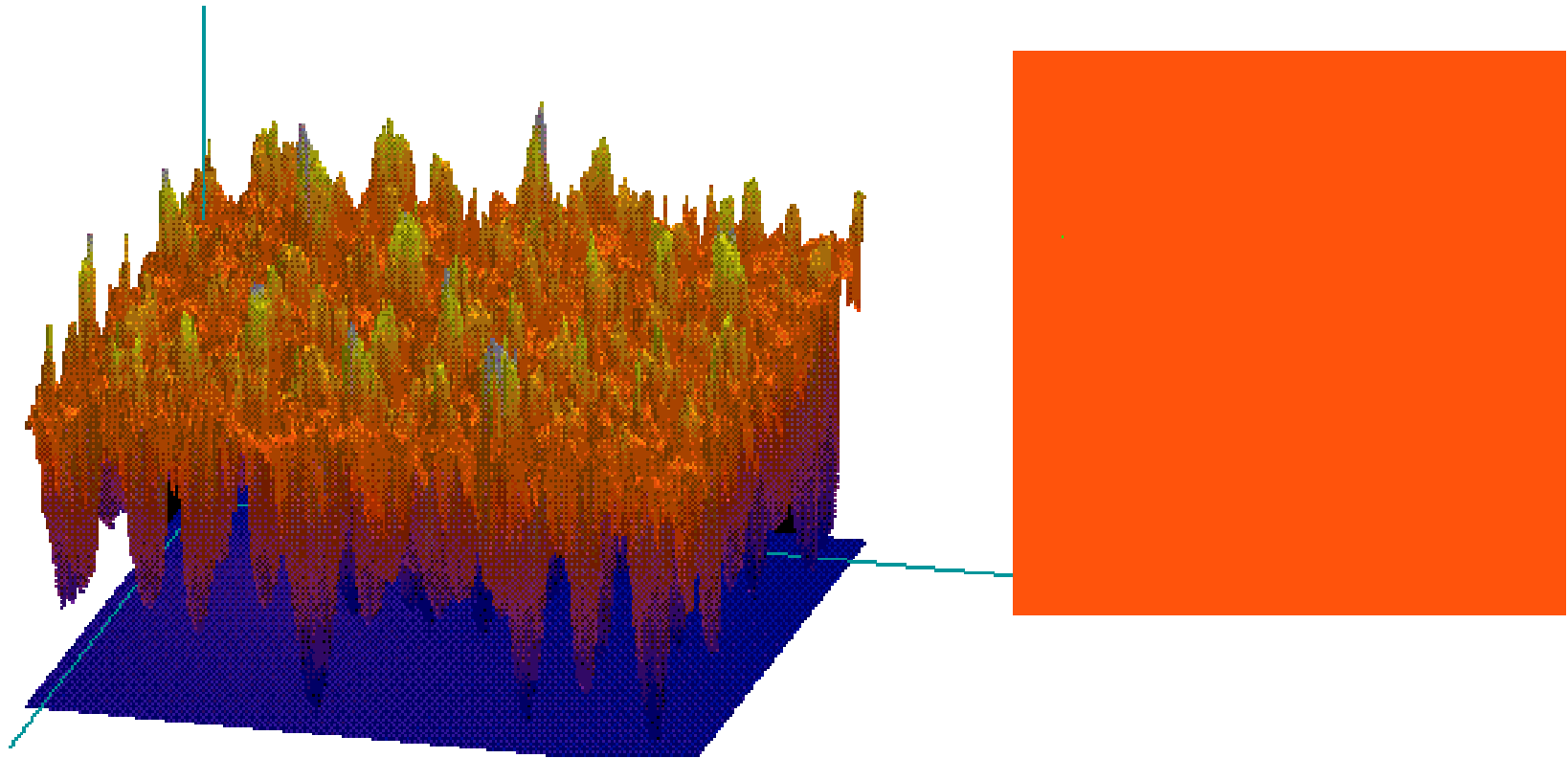
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



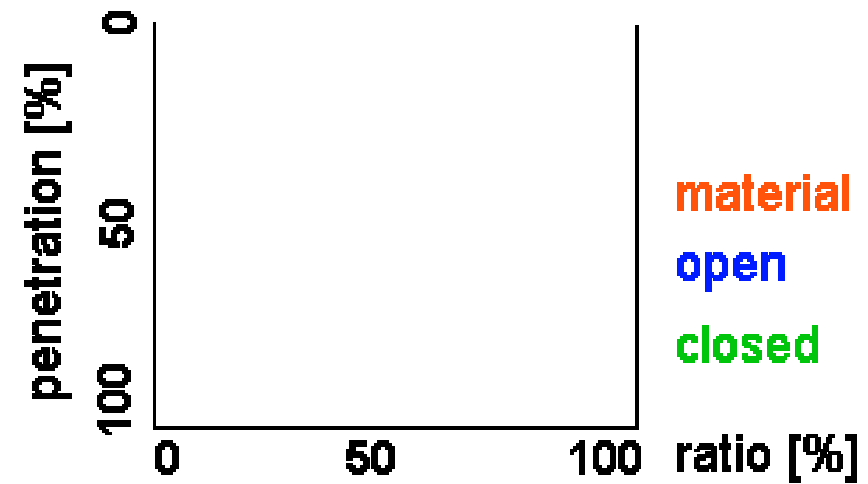
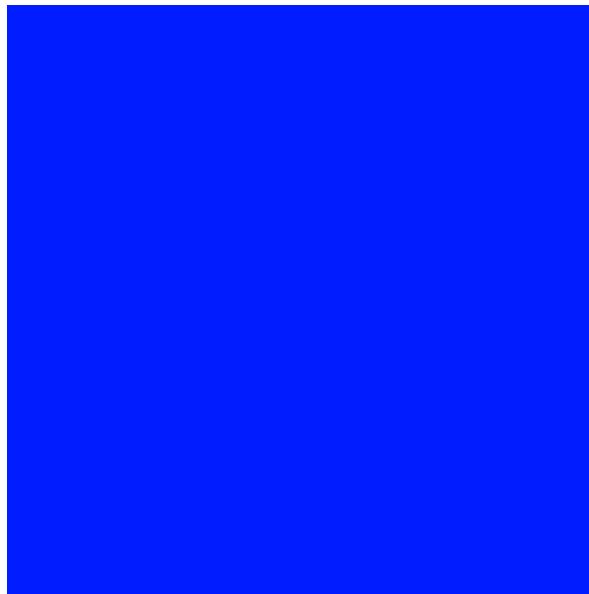
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



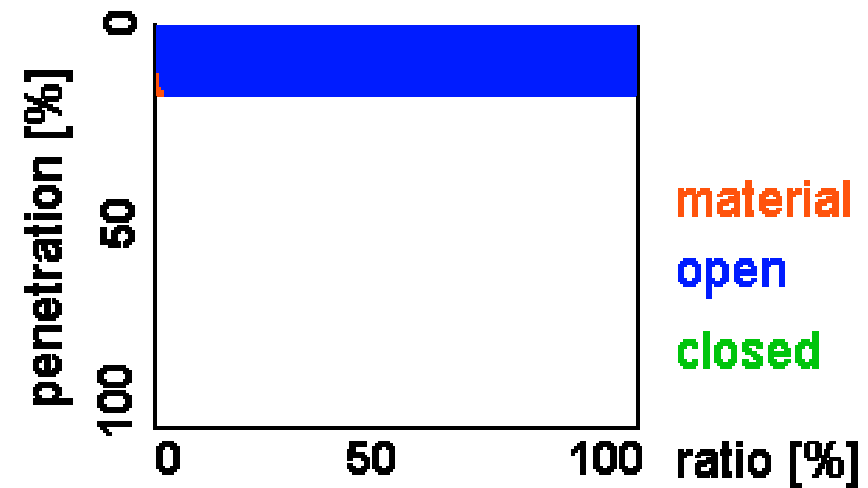
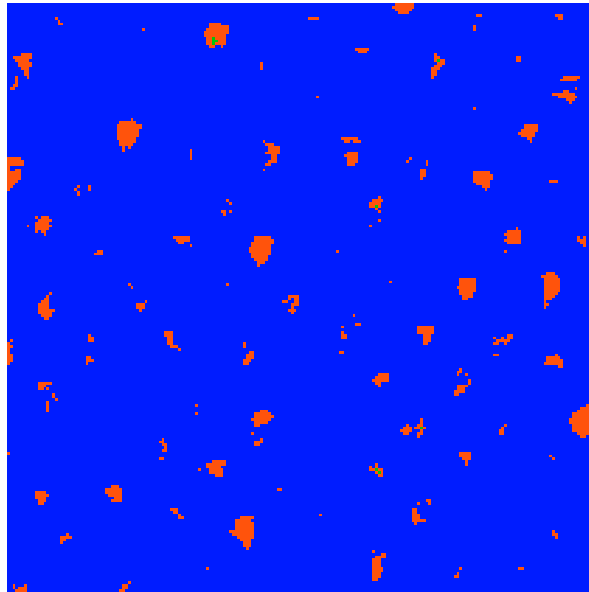
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



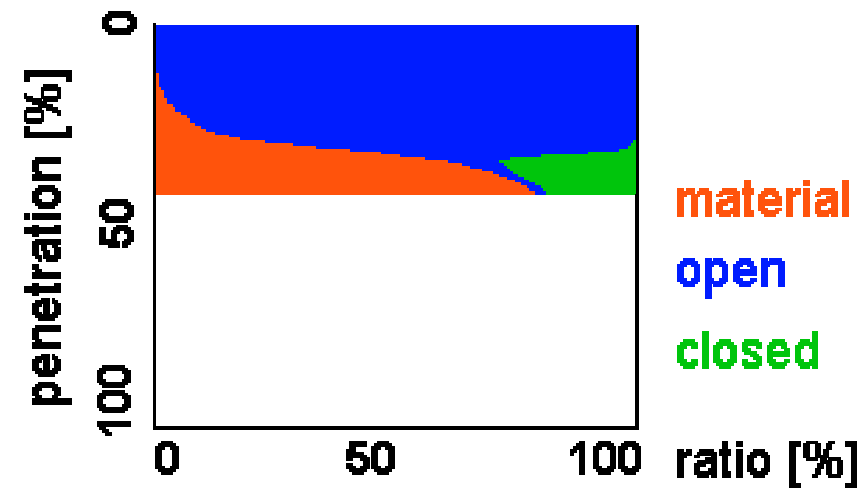
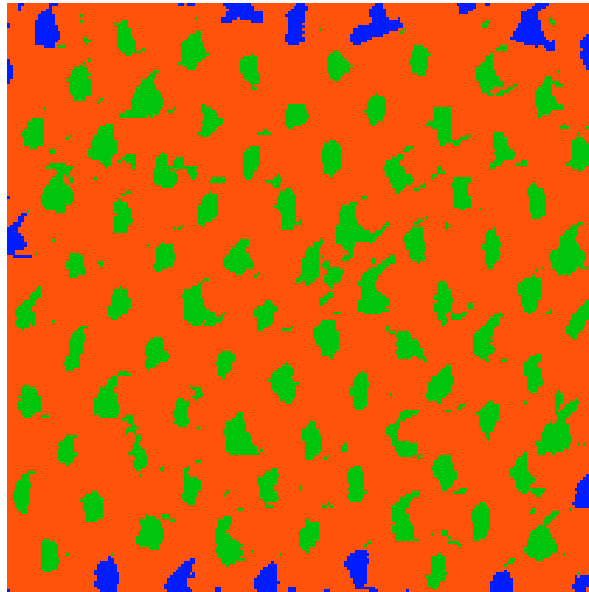
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



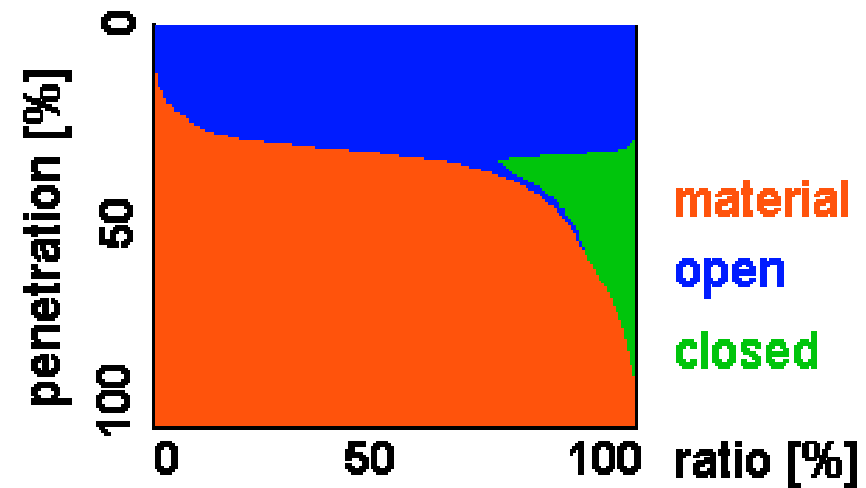
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



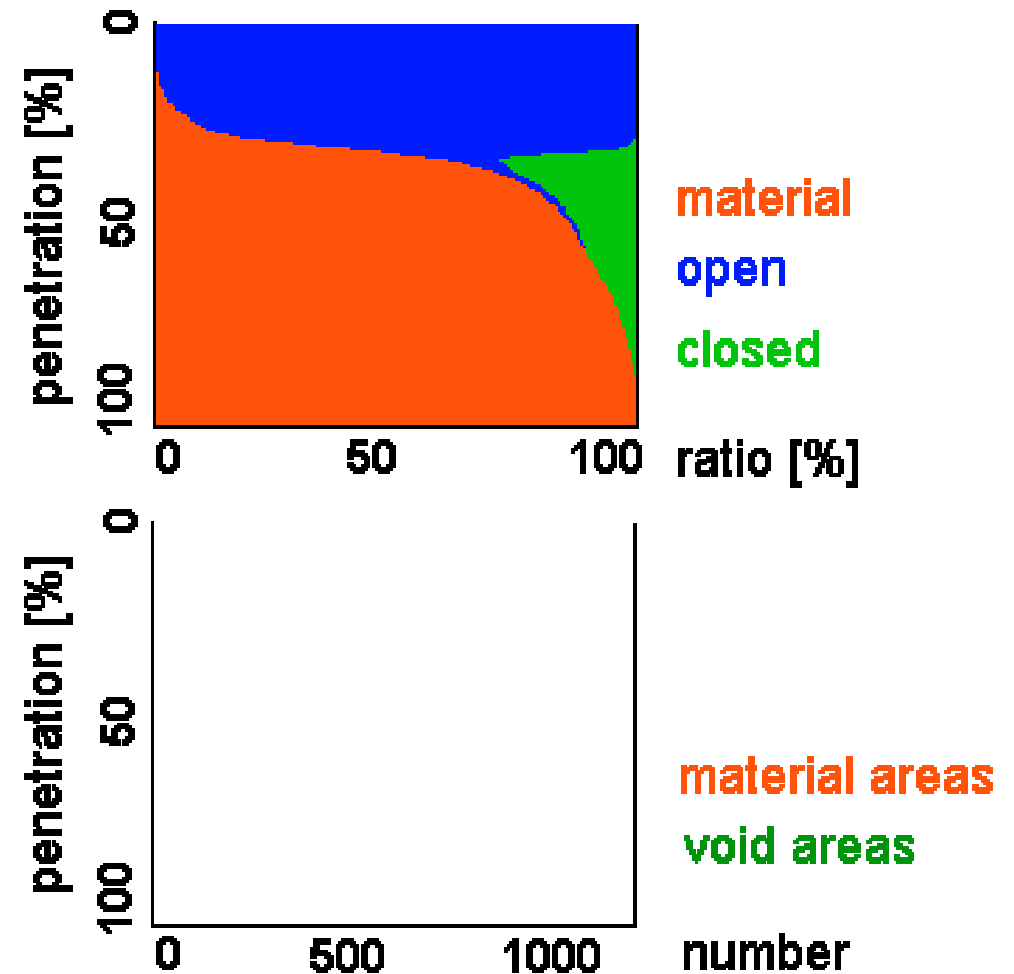
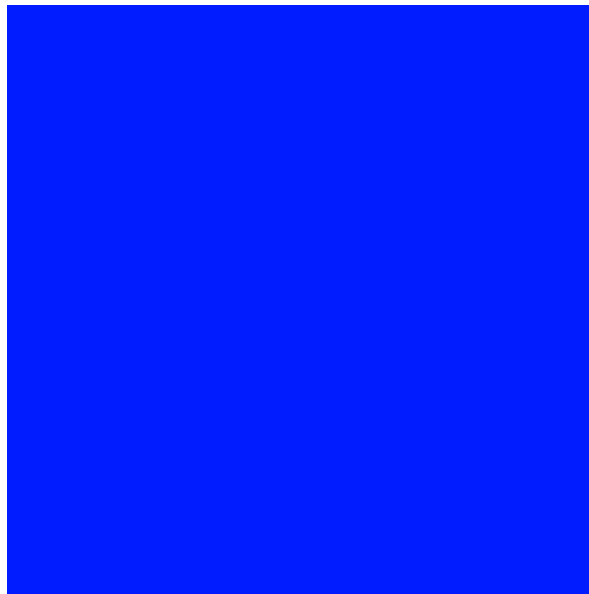
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



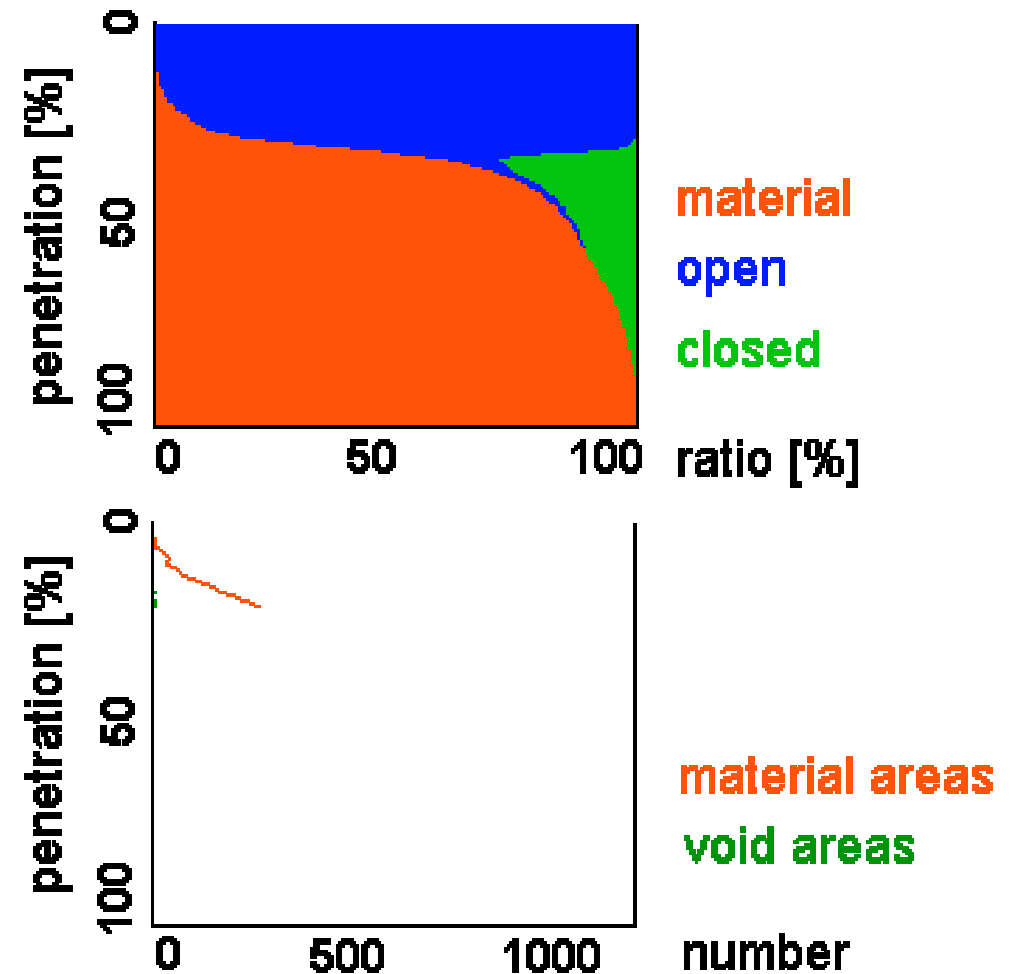
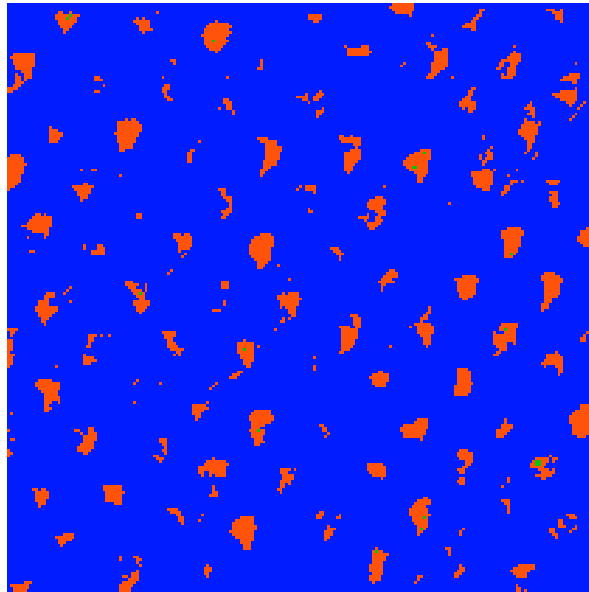
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



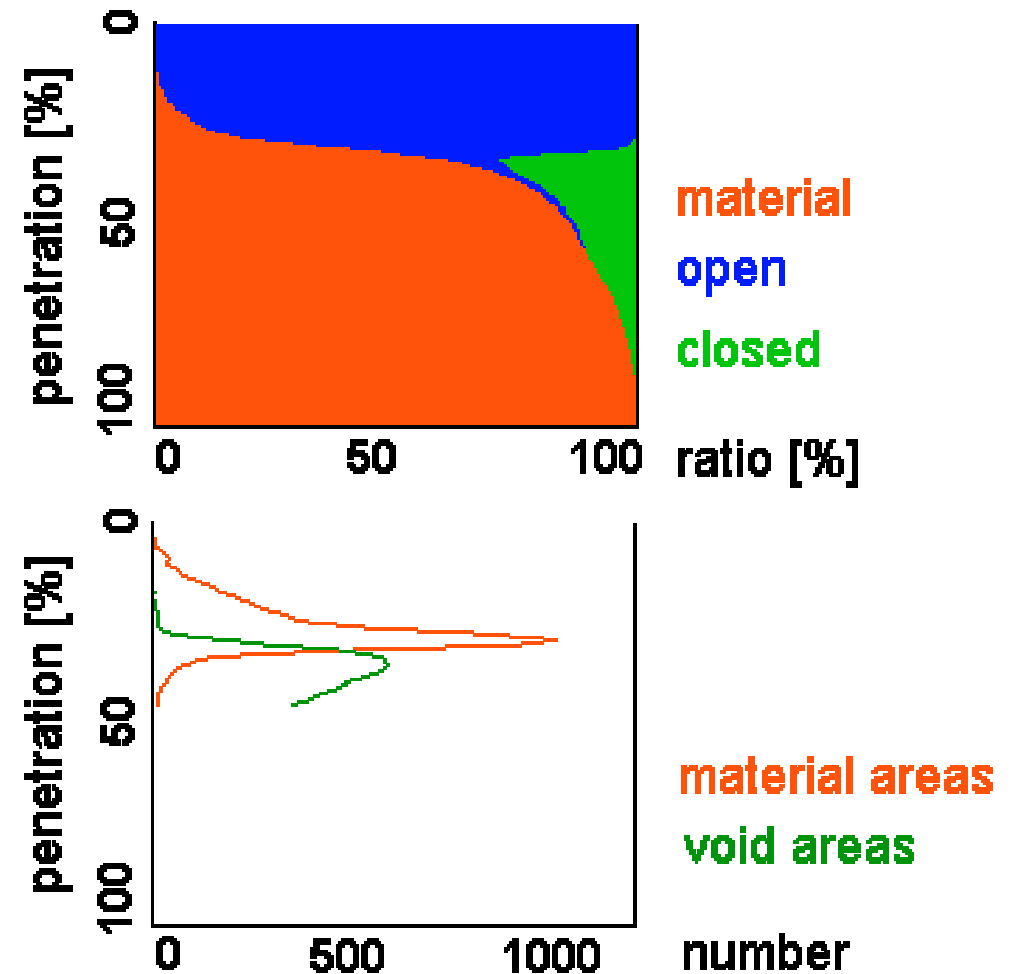
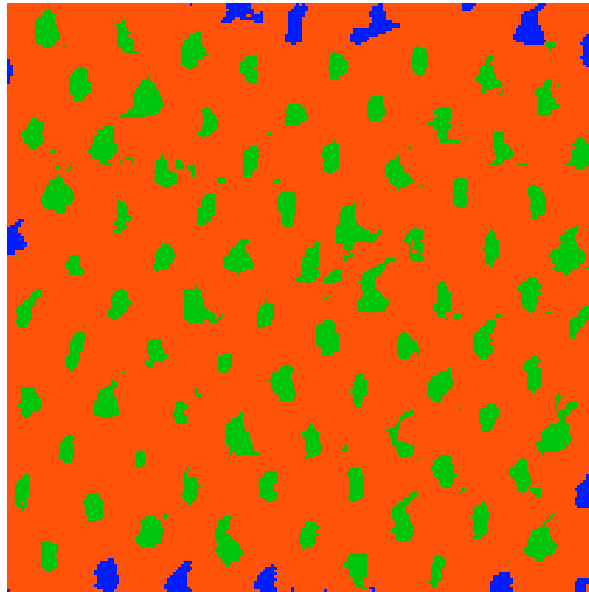
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



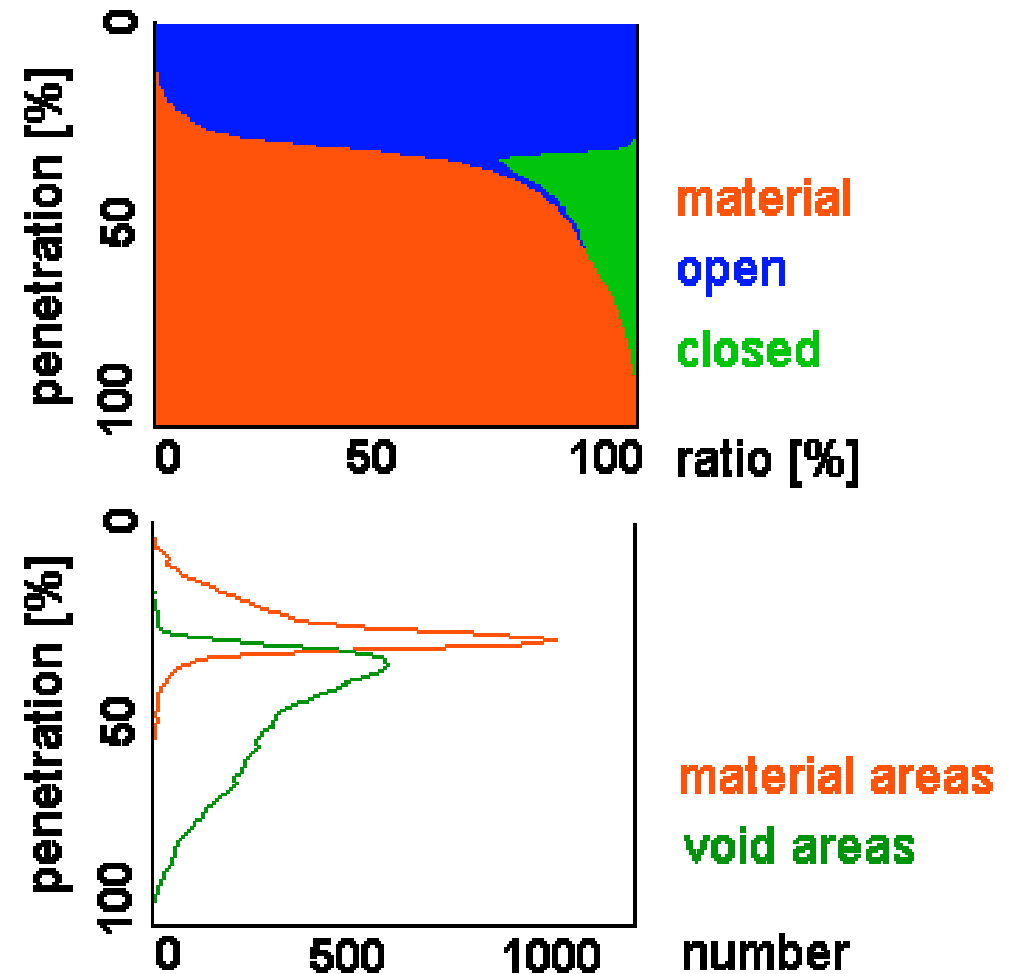
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



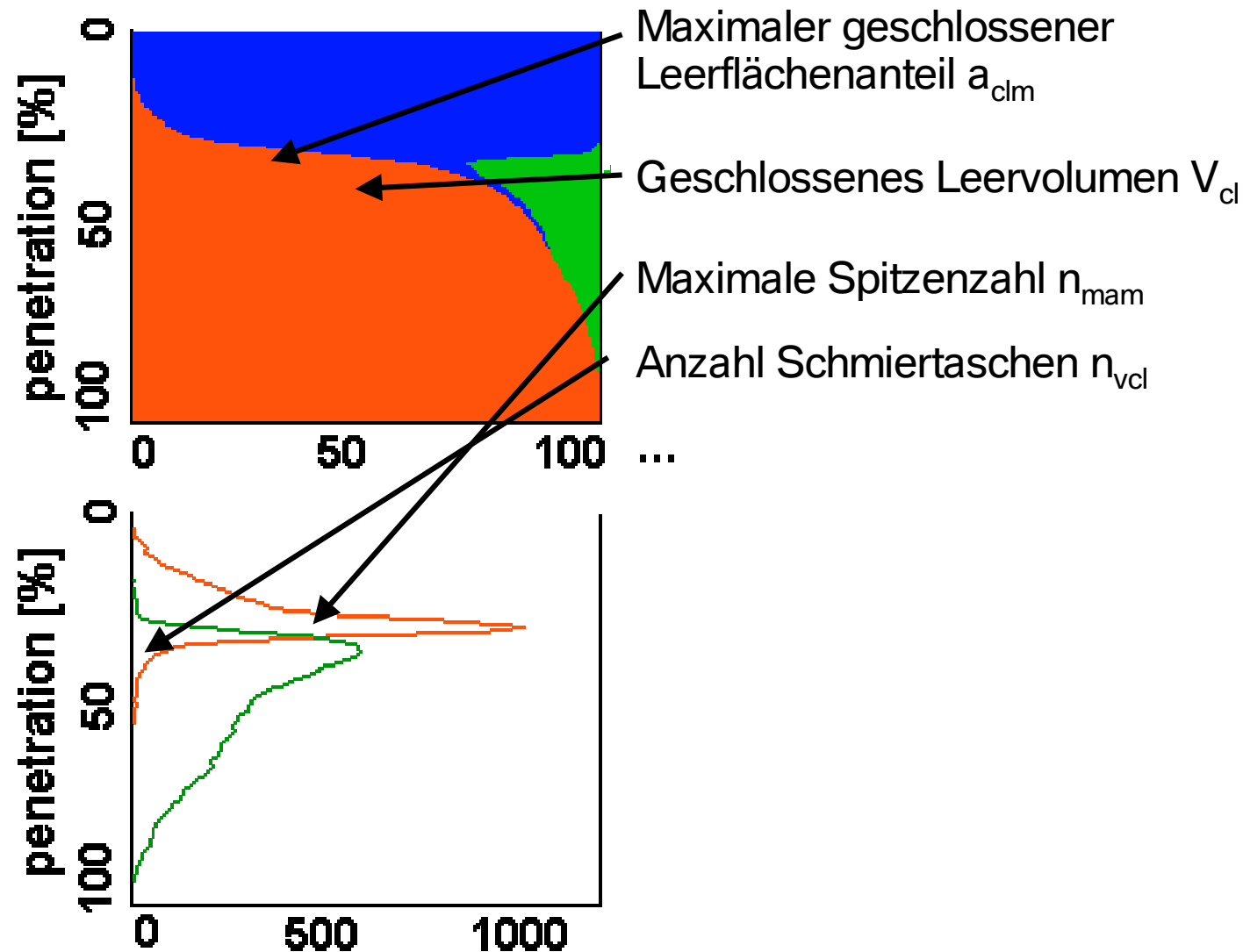
Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



Rauheitskenngrößen.

Berechnung von 3D-Rauheitskenngrößen.



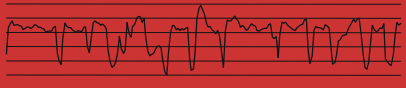
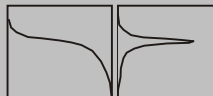
Blehtopografie.

Aussagekraft von Rauheitskenngrößen.

	2D	3D
Leere (Materialanteil)		
1. Spitzenhöhe	R_{pk} 	S_{pk} 
2. Materialanteil	M_{r1} 	S_{r1} 
3. Kernrautiefe	R_k 	S_k 
4. Leervolumen	R_{pm} 	V_{vo} 
Dichte		
5. Spitzenzahl	(PC) 	N_{mam} 
6. Talzahl	(S _{dv}) 	N_{vom} 
Abgeschlossenheit		
7. Geschlossenes Leervol.		V_{cl} 
8. Anteil geschl. Leerflächen		A_{clm} 
9. Perkolationsstiefe		p 

Blehtopografie.

Klassifizierung von Rauheitskenngrößen.

3D-Messungen						
1	2	3	4	5	6	7
2D-Messungen oder berechnete Schnitte 				direkt berechnet:	über berechnete Kurven: 	über berechnete Flächen:
direkt berechnet: - Tiefe - Volumen - mittlere Rautiefe - Spitzen - ...	über berechnete Kurven  -2D-Abbott - ...	direkt berechnet: - Tiefe - Volumen - mittlere Rautiefe - Spitzen - ...	über berechnete Kurven  -3D-Abbott - ...	-3D-Tal u. Spitzenzahlen - Isotropie - Perkolationstiefe - ...	- geschlossene Volumina u. Flächen - ...	- Fourieranalyse - Spectralanalyse - Autokorrelation - ...
Ra, Rt, Ry PC, ...	Rk, Rpk, Rvk, ...	St, Sa, Sku, Svr, ...	Sk, Spk, Svk, ...	PC, S _{ds} ...	AcIm, Vcl, Nmam, ...	Str, Sal, ...
3D-Kenngrößen, gleiche Methoden wie bei 2D				"echte" 3D-Kenngrößen		

Tribologie, Schmierung und Topografie in der Prozesskette Rohkarosserie.

Inhalt.

Tribologische Systeme der Karosserieumformung

Karosseriewerkstoffe

Blechbeschichtungen

Schmierstoffeinsatz in der Serienfertigung

Werkzeugwerkstoffe und Werkzeugbeschichtungen

Prüfverfahren zur Beurteilung der Umformbarkeit

Bauteilversuche

Modellversuche

Messmethoden

Blehtopografie

Dressierverfahren

Tribologische Wirkmechanismen der Topografie

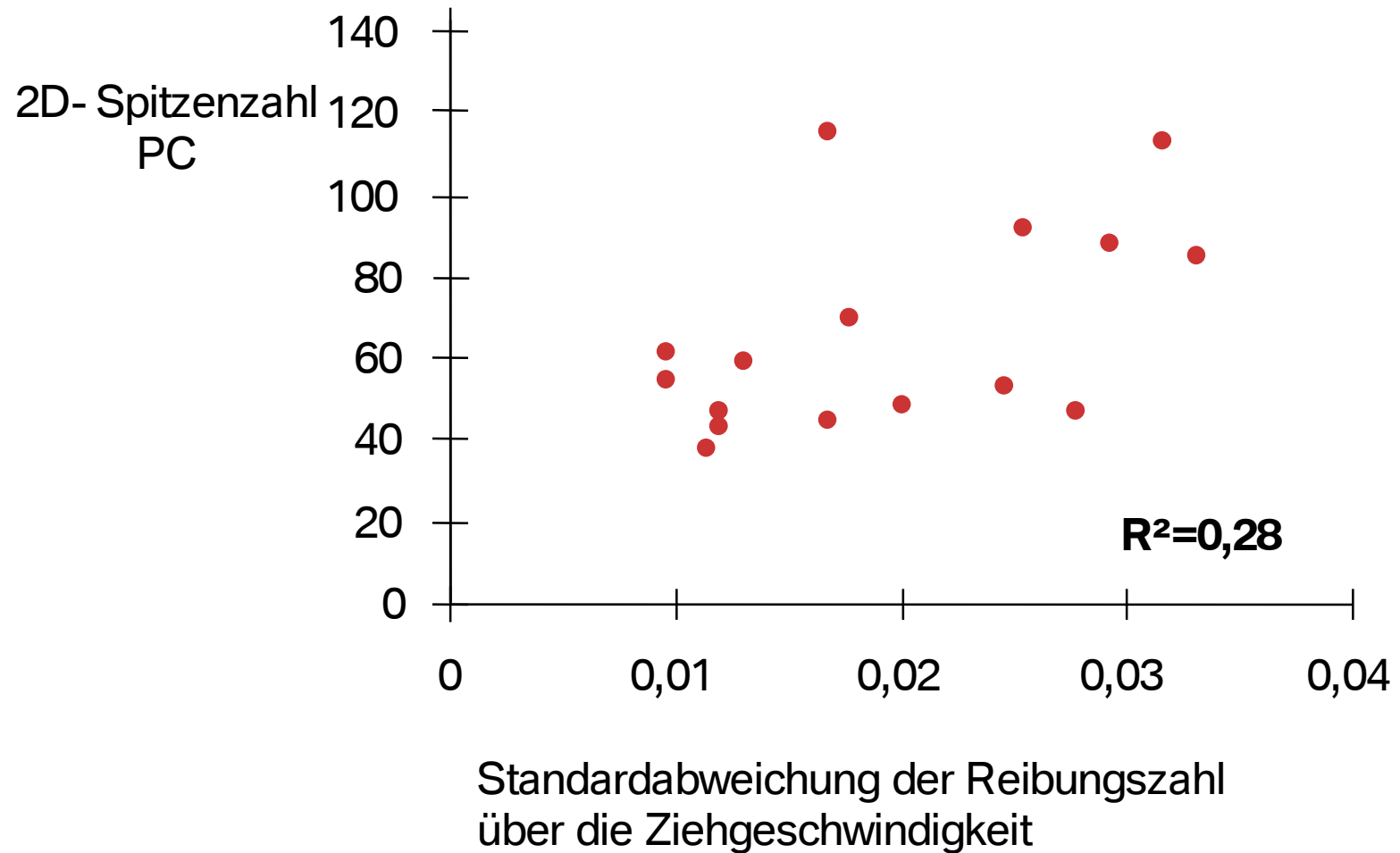
Rauheitskenngrößen

Experimentelle Untersuchungen

Zusammenfassung

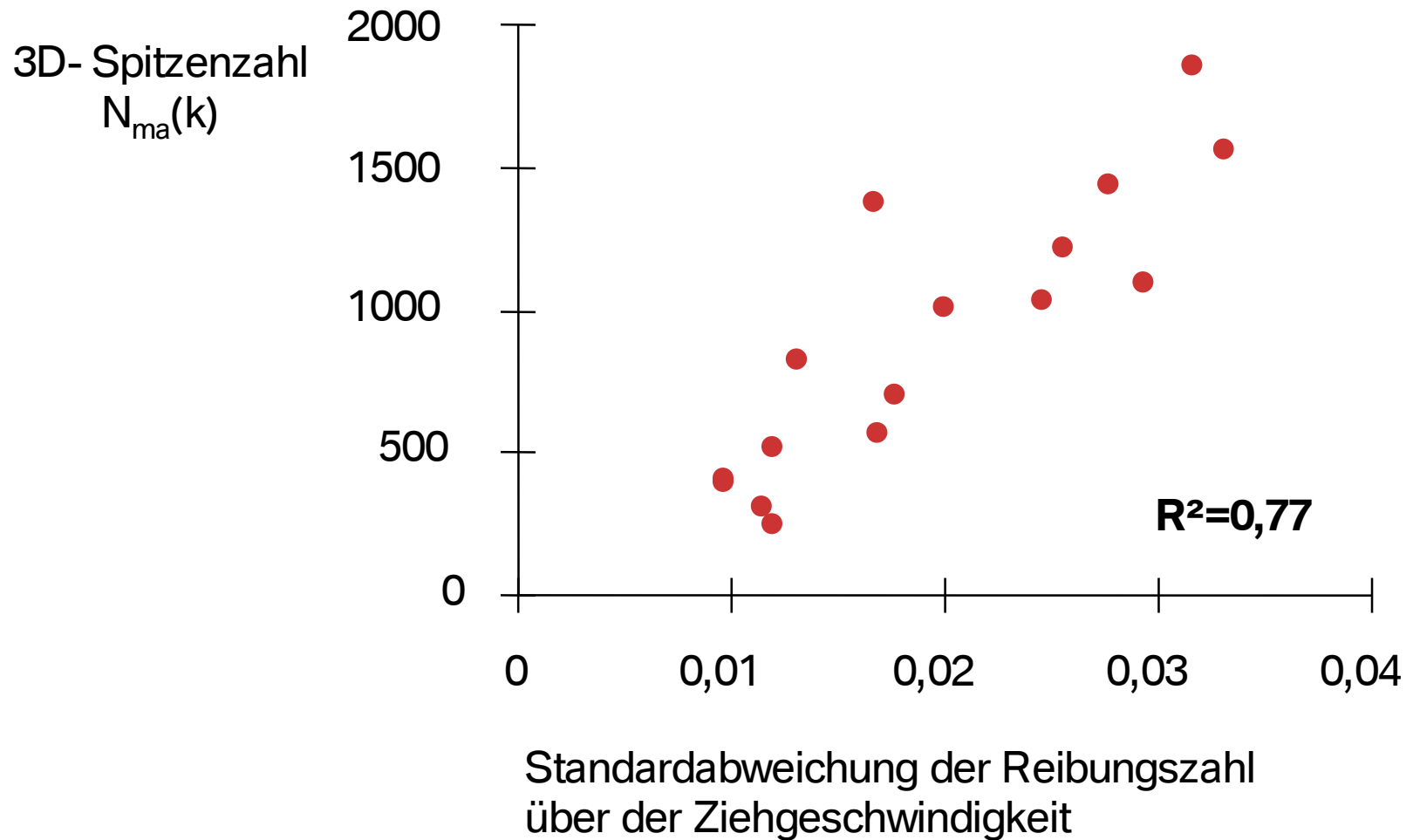
Blehtopografie.

Vergleich von Ergebnissen aus Rauheitsmessung und Streifenziehversuch.



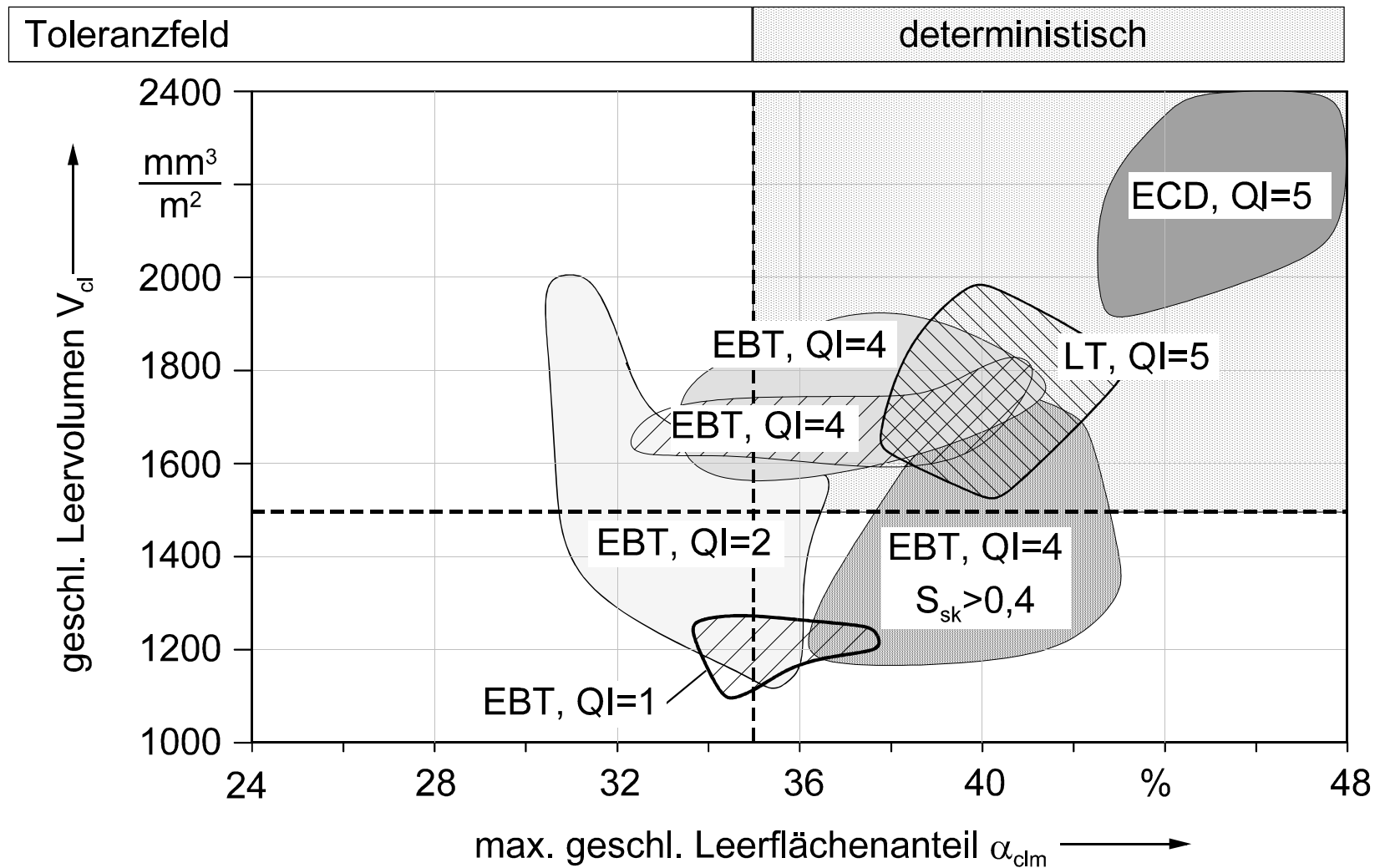
Blehtopografie.

Vergleich von Ergebnissen aus Rauheitsmessung und Streifenziehversuch.



Blehtopografie.

Vergleich von Ergebnissen aus Rauheitsmessung und Serienfertigung.



Blehtopografie.

Zusammenfassung.

Zur Beschreibung der Oberfläche sind eindeutige Begriffe erforderlich.

Das Verständnis der Wirkungsweise / Funktion der Oberfläche ist für die Auswahl geeigneter Kenngrößen unumgänglich.

Nur „echte“ 3D-Kenngrößen bringen Vorteile gegenüber 2D-Oberflächenkenngrößen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.