



## **Gleitverschleißverhalten von Hartlegierungen mit Laves Hartphase bei hoher Normalbelastung und Temperaturen bis 800°C**

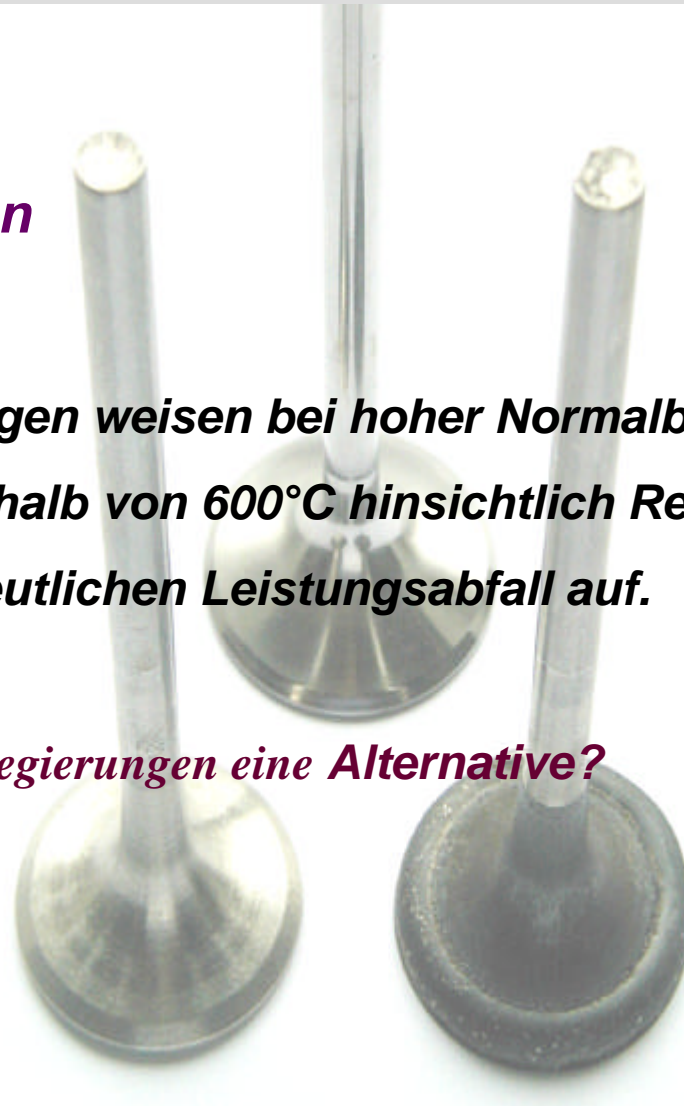
*Dr.-Ing. Jürgen Röthig, IRAtec GmbH, Magdeburg*

*Dr.-Ing. Alexander Reiser, Deloro Wear Solution GmbH, Koblenz*

## **Ausgangssituation**

***Stellite®-Gleitpaarungen weisen bei hoher Normalbelastung und Temperaturen oberhalb von 600°C hinsichtlich Reibung und Verschleiß einen deutlichen Leistungsabfall auf.***

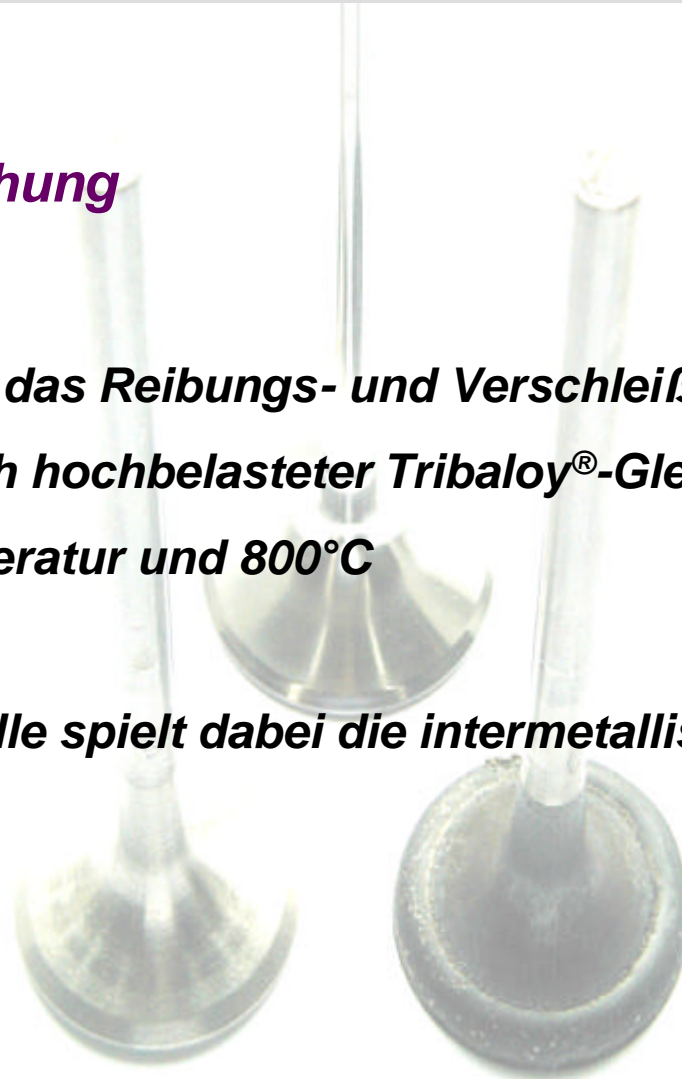
***Sind Tribaloy®-Hartlegierungen eine Alternative?***



## **Ziel der Untersuchung**

**Wie gut ist das Reibungs- und Verschleißverhalten  
mechanisch hochbelasteter Tribaloy<sup>®</sup>-Gleitpaarungen bei  
Raumtemperatur und 800°C**

**Welche Rolle spielt dabei die intermetallische Laves-Phase  
Co<sub>3</sub>Mo<sub>2</sub>Si**



## **Arbeitsschritte**

***Auswahl der Versuchsmaterialien und Probenherstellung***

***Makro- und Mikrostrukturuntersuchung der Proben vor dem Versuch***  
*(Lichtmikroskopie, Härte, Röntgendiffraktographie)*

***Reibungs- und Verschleißuntersuchung auf dem Hochlastprüfstand***

***Makro- und Mikrostrukturuntersuchung der Proben nach dem Versuch***  
*(Licht- und Elektronenmikroskopie, EDX, Röntgendiffraktographie, Härte)*

## Versuchsmaterialien – Legierungszusammensetzung in Masse-%

Probe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Co	Fe
T-800-Guß, 630HV30	<0,008	3,4		18	<1	28			49,6	
T-401-Guß, 532HV30	0,2	1,3		17	<1,5	22			56,5	<1,5
Stellite 6-WIG, 372HV30	1,2	1,5	1	29	3	1,5		4,5	55,3	3
FeMnCrVC-V2 PTA, 688HV30	4,5	0,9	16,2	17,2		1,8	14,8			44,6

*Versuchsmaterialien – Legierungszusammensetzung in Atom-%*

Probe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Co	Fe
T-800-Guß 630HV	<0,04	7,5		21,4	<1,1	18,0			52,0	
T-401-Guß 532HV	1,0	2,8		20,1	<1,6	14,1			58,8	<1,6
Stellite 6-WIG 372HV30	5,5	3,0	1,0	30,8	2,8	0,9		1,4	51,8	3,0
FeMnCrVC-V2 PTA, 688HV30	17,5	1,5	13,8	15,5		0,9	13,6			37,3

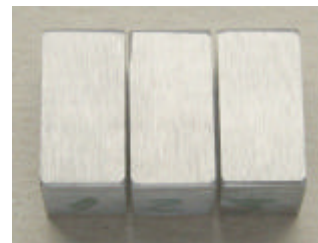
## Versuchsproben für den Hochlastprüfstand

### Paarungen mit gleichem Paarungspartner (Ring gegen Quader)



**Gegenkörper**  
(Ring)

FeMnCrVC-V2



**Grundkörper**  
(Quader)

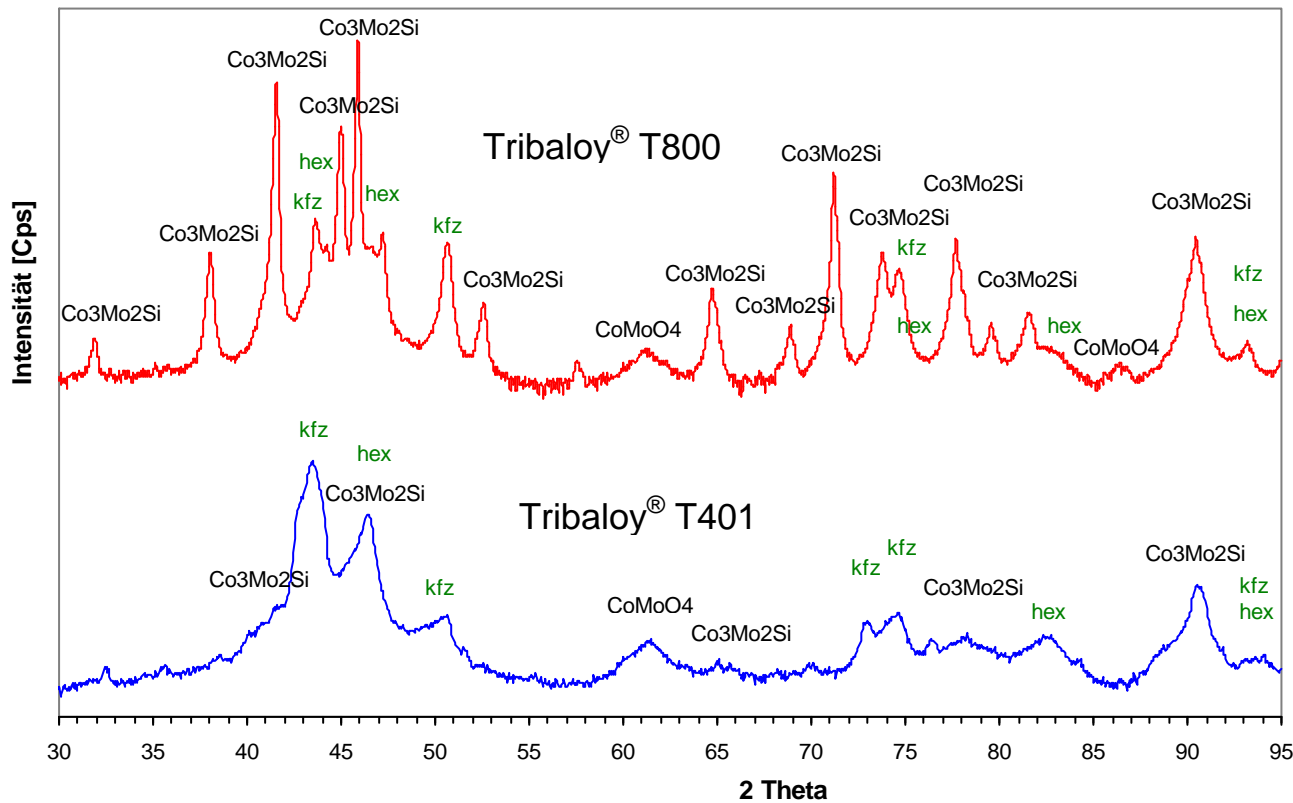
T401-Guß  
T800-Guß  
Stellit 6-WIG  
FeMnCrVC-V2-PTA



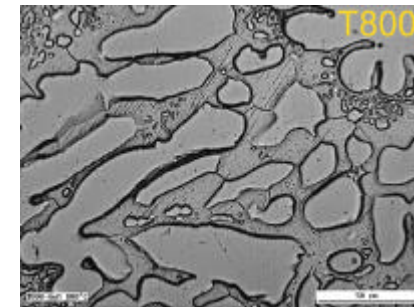
**Gegenkörper**  
("Ring")

T401-Guß, T800-Guß, Stellit 6-WIG

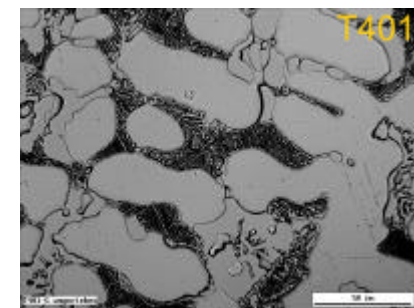
## Röntgendiffraktogramm – unbeanspruchte Quader-Gleitfläche



Oberfläche geschliffen



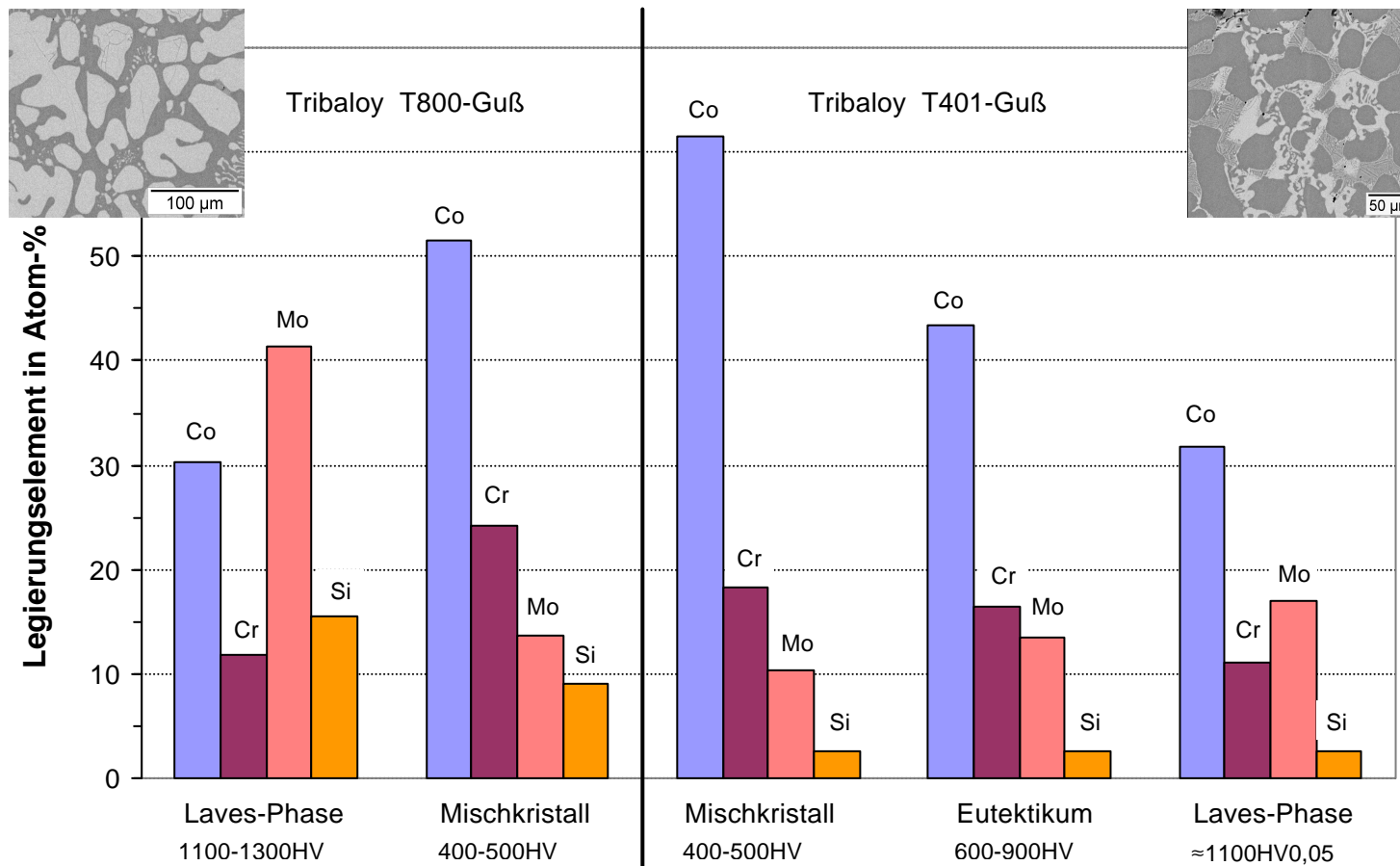
60% Laves- + 40% MK-Phase  
630HV30



60% MK- + 40% Laves-Phase  
532HV30



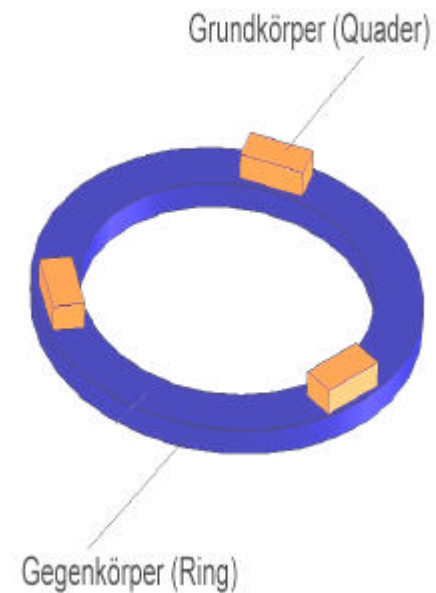
## EDX-Analyse und BSE-Kontrast – unbeanspruchte Quader-Probe



## Hochlastprüfstand – Reibungs- und Verschleißuntersuchung



**Rotationsbewegung**  
(gleichförmig und oszillierend)



**Siebel - Kehl - Prinzip**

## Hochlastprüfstand – Versuchsbedingungen



### Paarungen mit gleichen Paarungspartnern

trockene oszillierende Gleitreibung

Normalkraft  $F_N=25120\text{N}$

Reibfläche  $A_R=3 \times 200=600\text{mm}^2$

Flächenpressung  $p_N=40\text{MPa}$

Gleitgeschwindigkeit  $v_R=8,2\text{mm/s}$

Einzelreibweg  $s'_R=36\text{mm}$

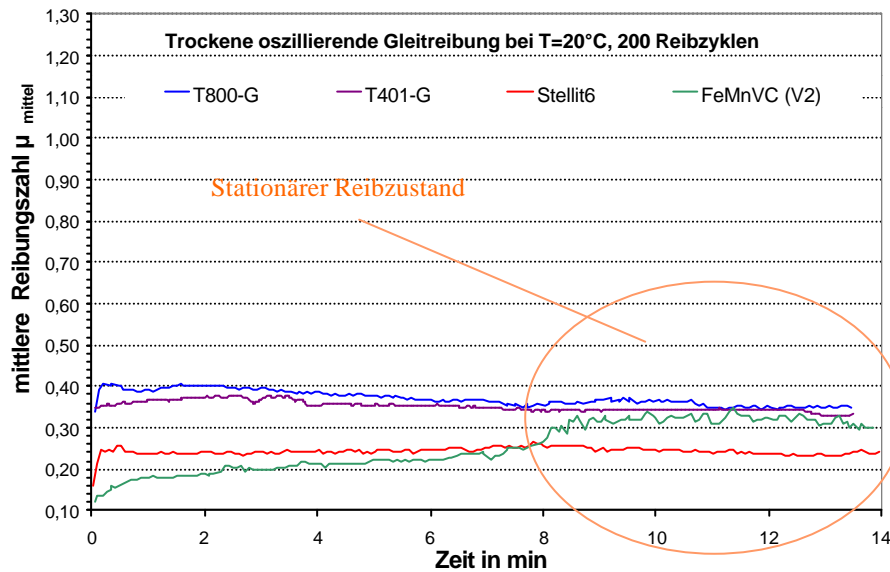
Versuchstemperatur  $T_R=20$  und  $800^\circ\text{C}$

200 Reibzyklen (Hin- und Rückhub)

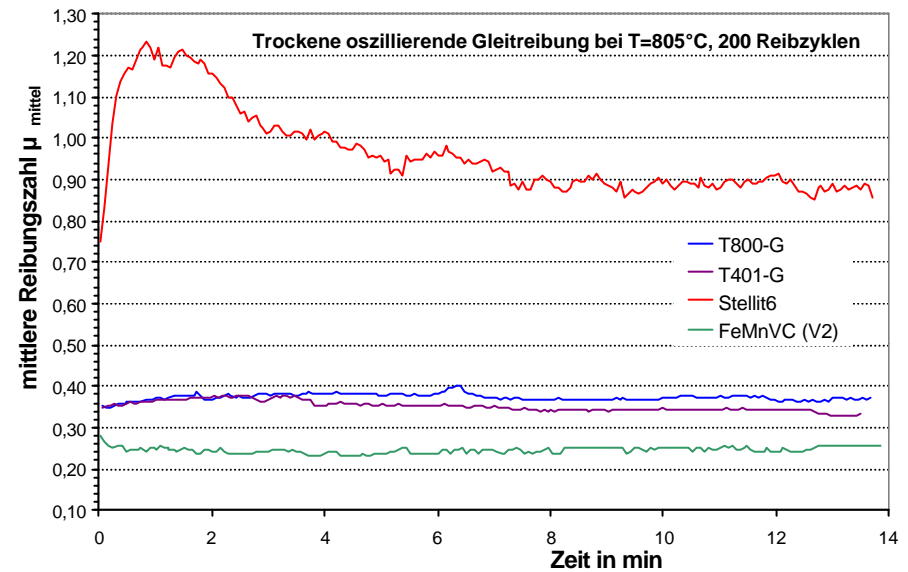
atmosphärische Umgebung

Meßgrößen -> Reibkraft  $F_R$  und Verschleißhöhe  $h_V$

## Reibverhalten der Gleitpaarungen

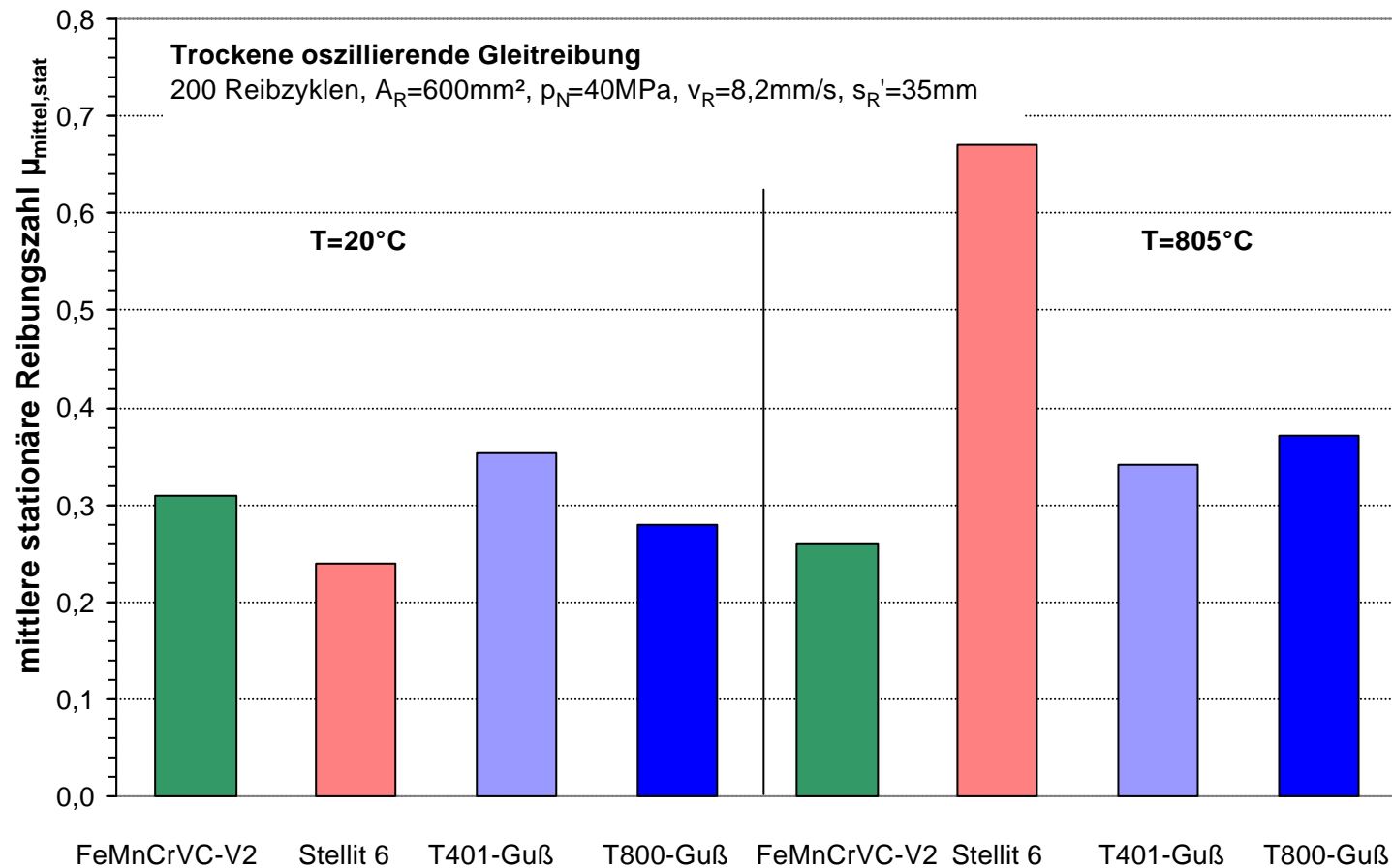


a) T=20°C

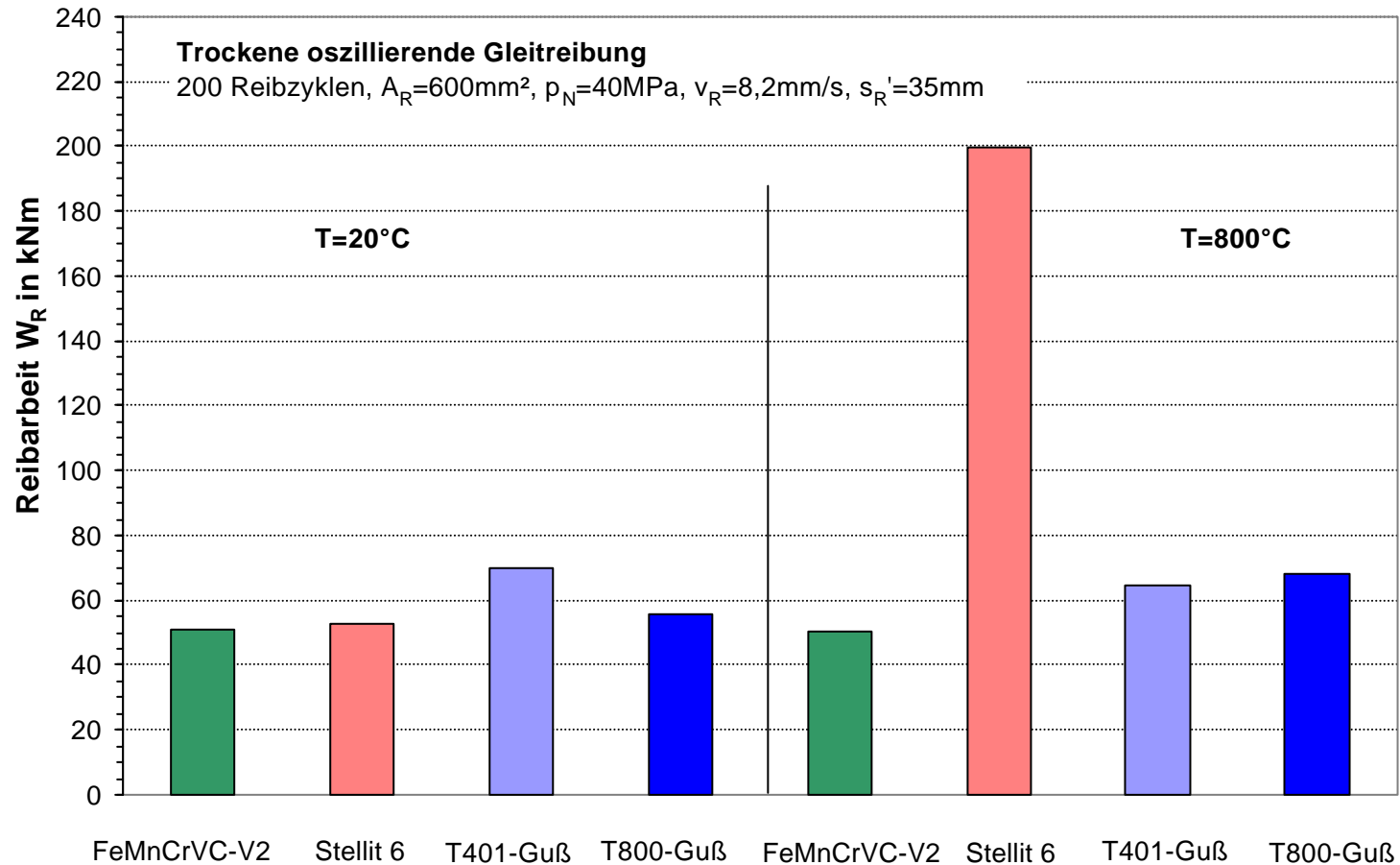


b) T=800°C

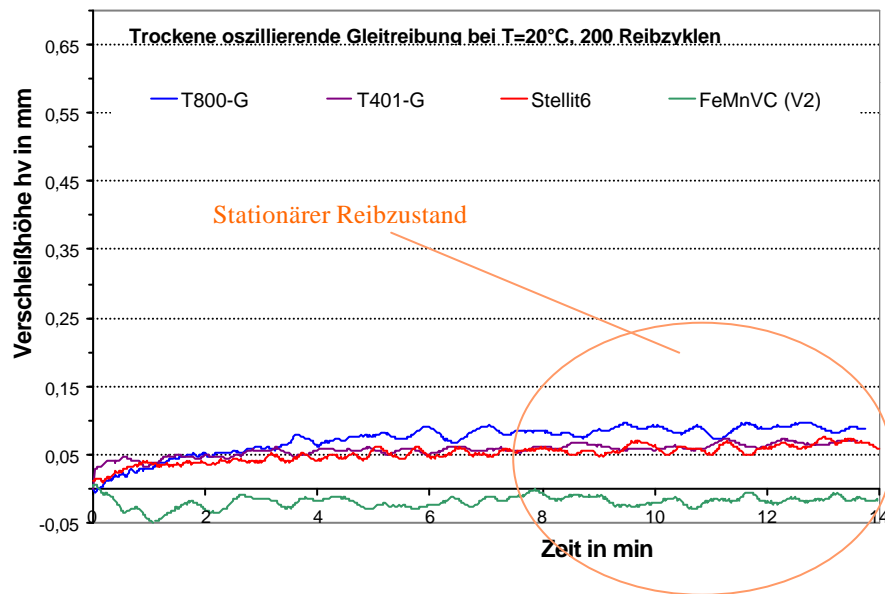
## Reibverhalten – Reibungszahl des stationären Zustandes



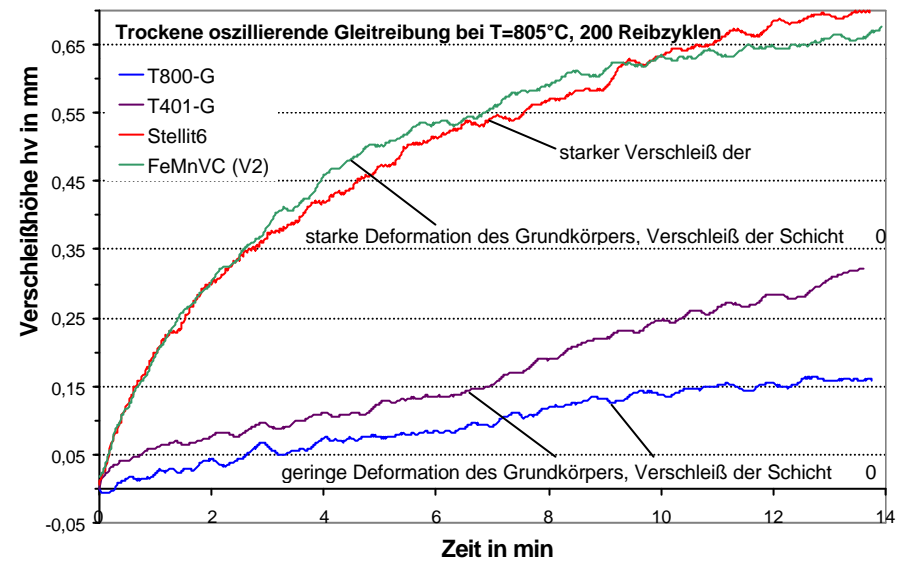
## Reibverhalten - Reibarbeit



## Verschleißverhalten der Gleitpaarungen – Verschleißhöhe $h_v$



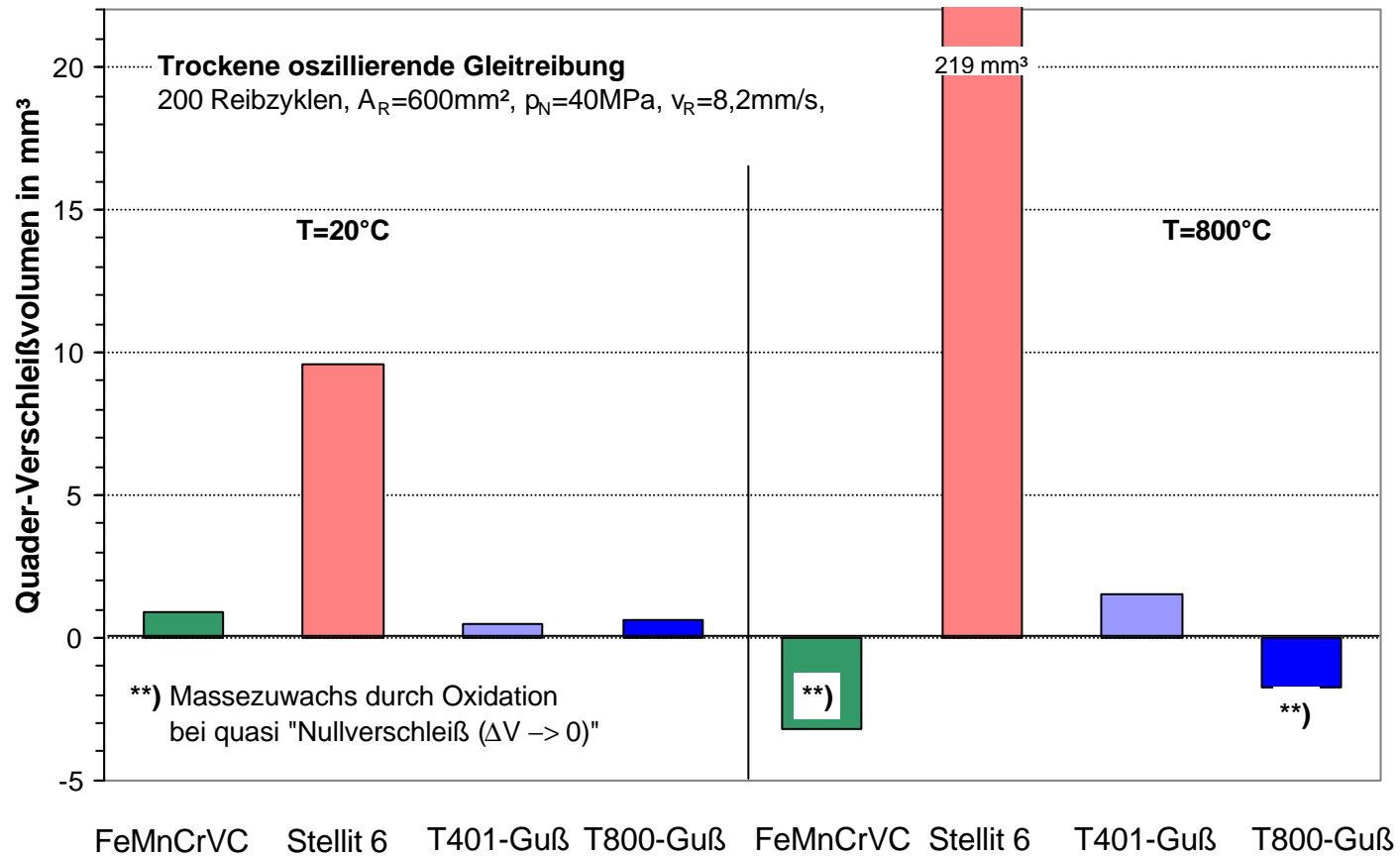
a) T=20°C



b) T=805°C

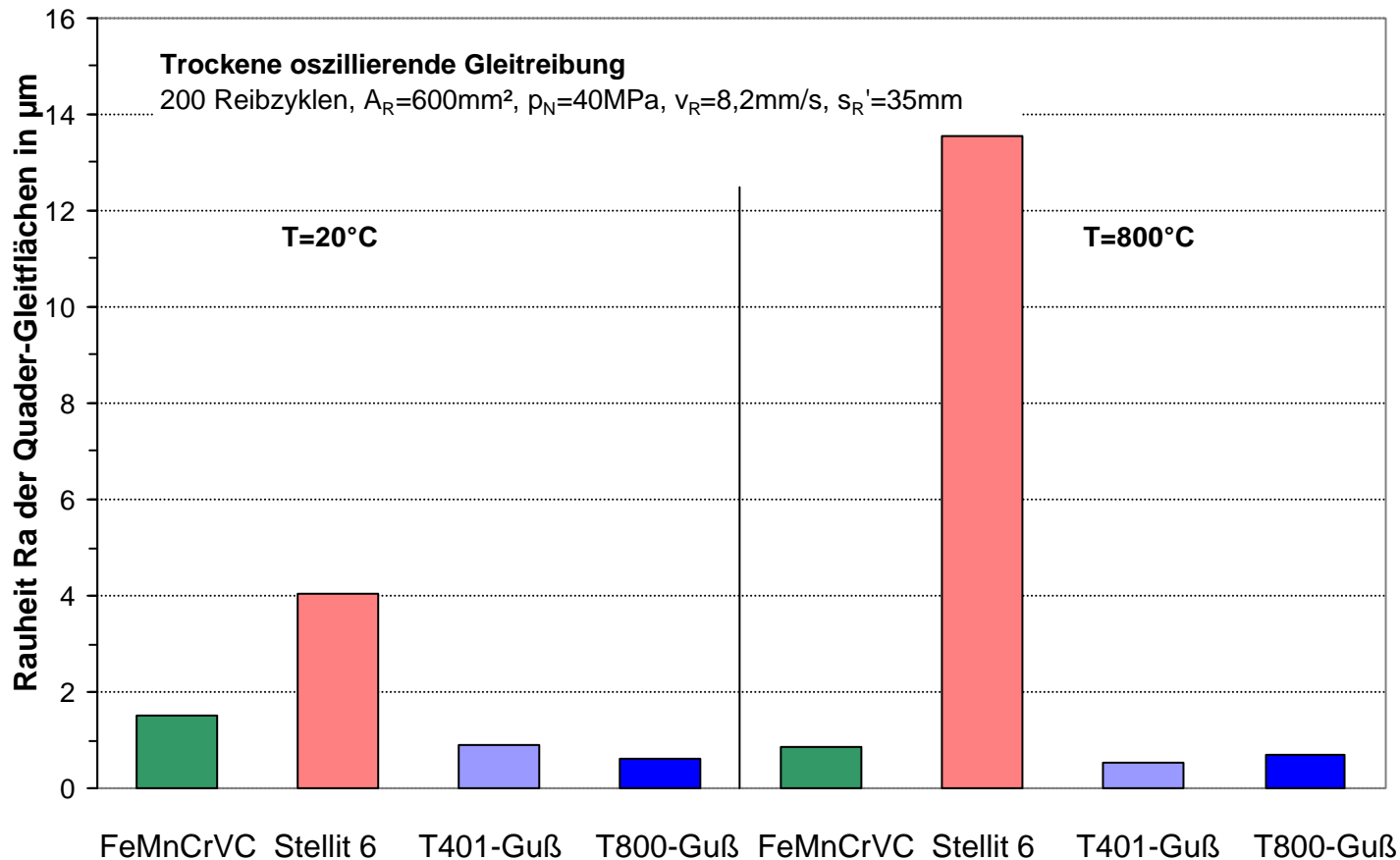
$$h_{v, ges} = h_{v, plast. Deformation} + h_{v, Materialabtrag bzw. -auftrag}$$

## Verschleißverhalten - Verschleißvolumen

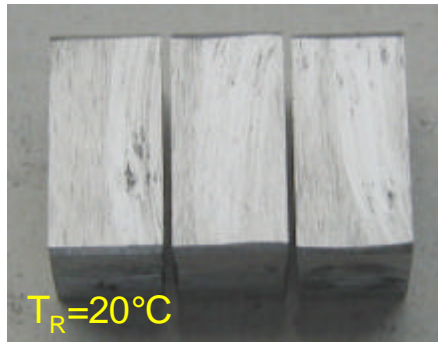




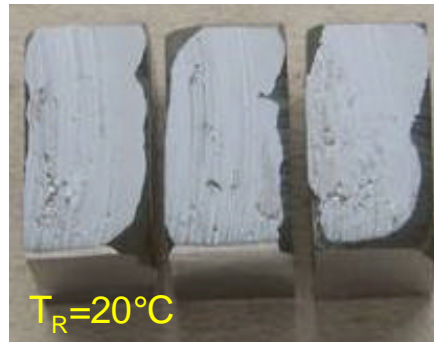
## Verschleißverhalten – Rauheit der reibbeanspruchten Gleitfläche



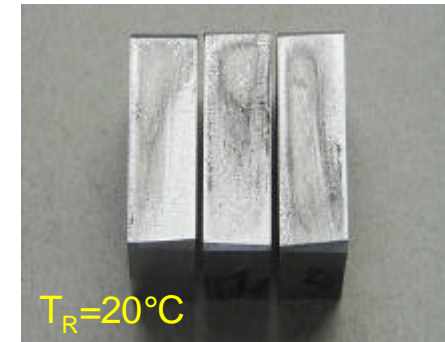
## Topographie der Gleitflächen nach dem Reibversuch



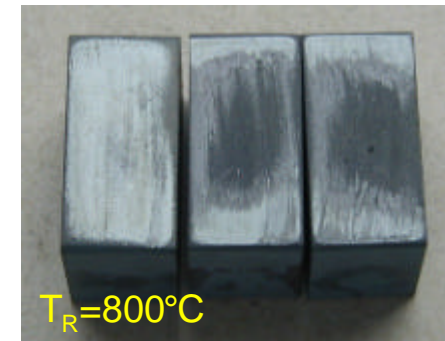
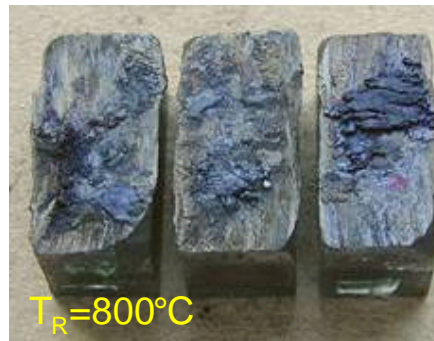
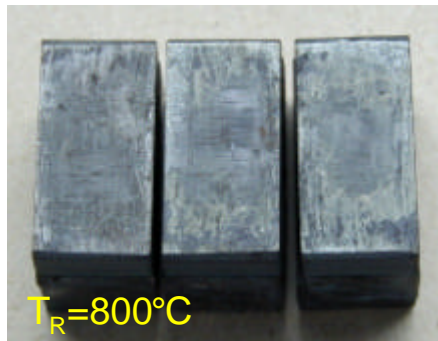
FeMnCrVC-V2



Stellite 6



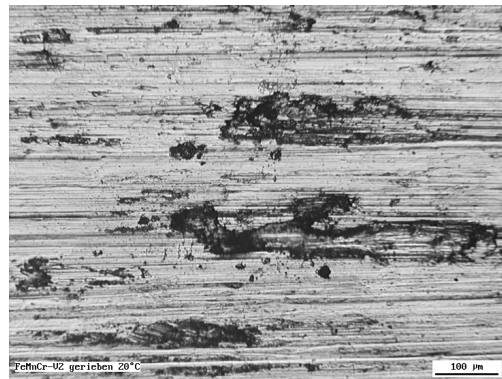
T-800 (und T-401)



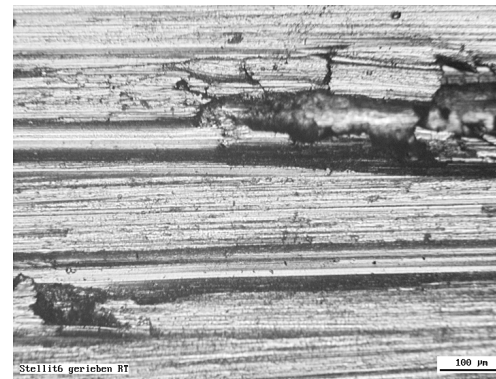
$p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

## Reibbeanspruchte Gleitflächen bei Raumtemperatur

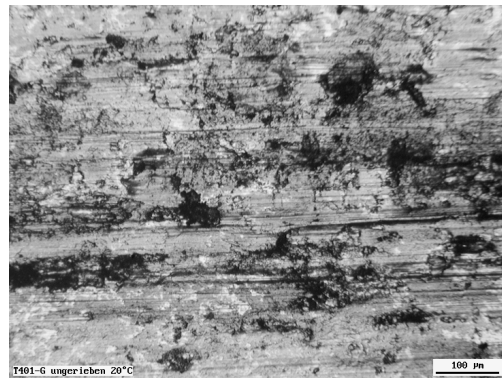
**FeMnCrVC-V2**



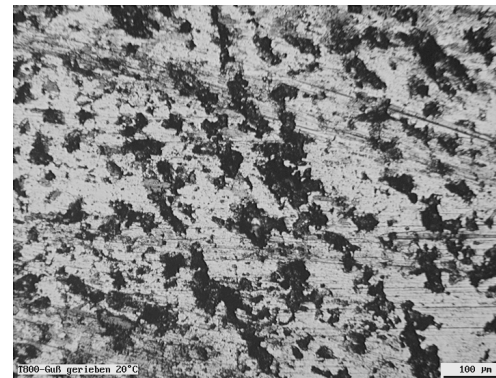
**Stellite 6**



**Tribaloy® T-401**



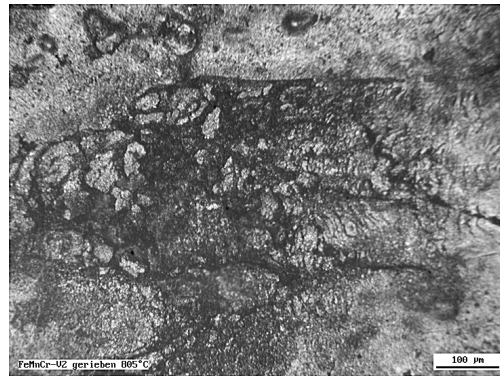
**Tribaloy® T-800**



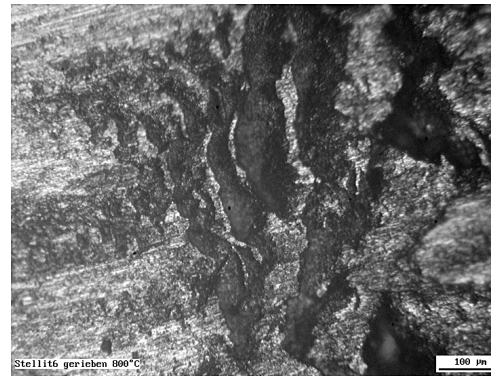
$p_N=40$  MPa,  $v_R=8,2$  mm/s, 200 Reibzyklen

## Reibbeanspruchte Gleitflächen bei Temperaturen von 800°C

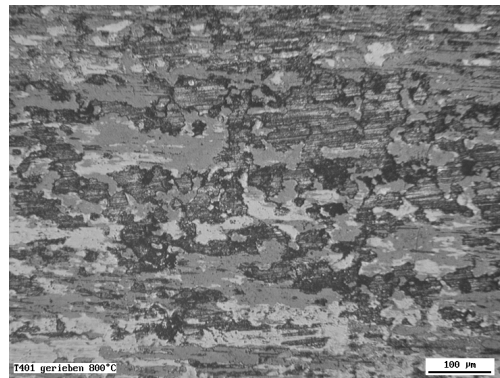
**FeMnCrVC-V2**



**Stellite 6**



**Tribaloy® T-401**

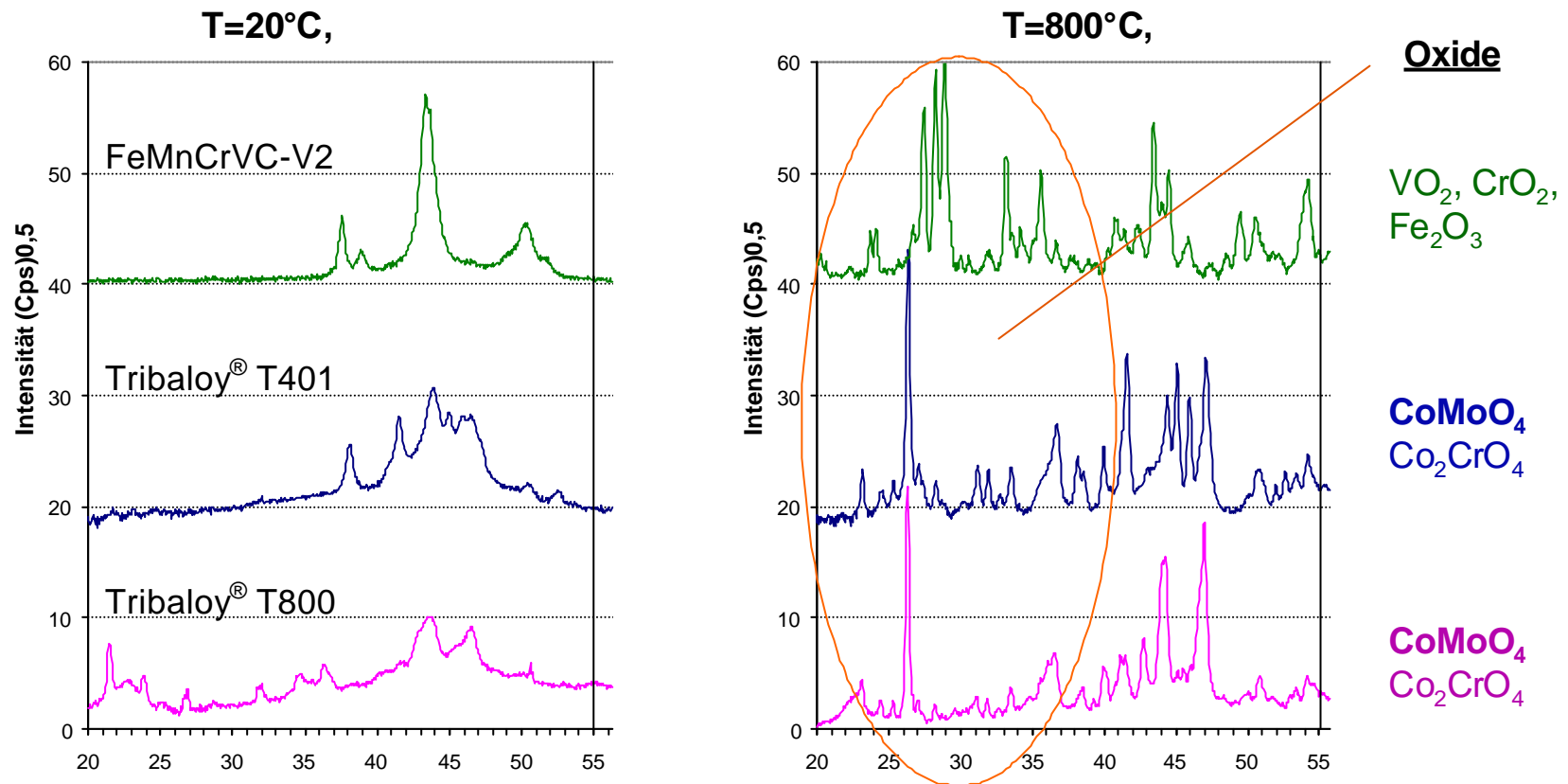


**Tribaloy® T-800**



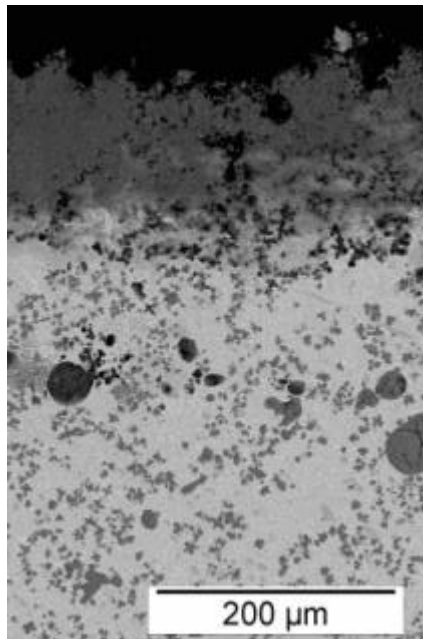
$p_N=40$  MPa,  $v_R=8,2$  mm/s, 200 Reibzyklen

## Röntgendiffraktogramm – reibbeanspruchte Gleitfläche

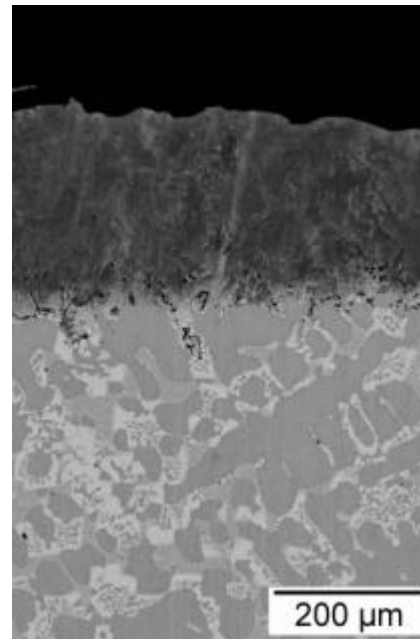


$p_N=40$  MPa,  $v_R=8,2$  mm/s, 200 Reibzyklen

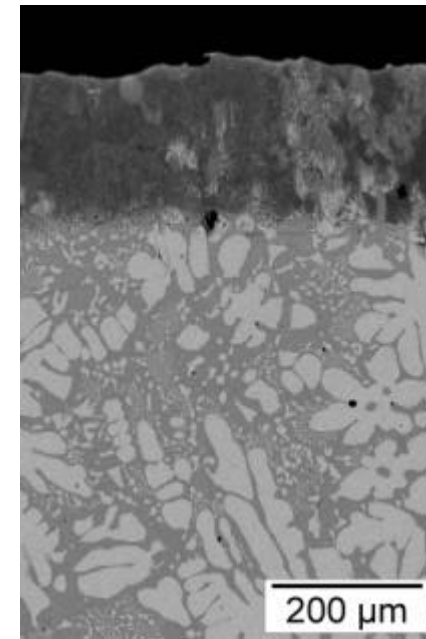
## Quaderproben – reibbeanspruchte Oberfläche – 7° Schrägschliff



**FeMnCrVC, V2**



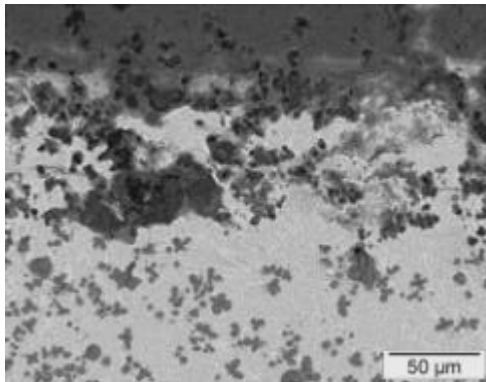
**Tribaloy® T-401**



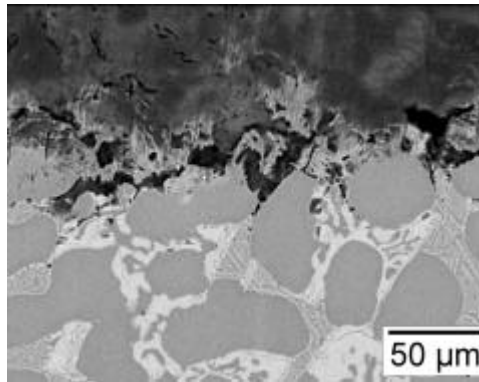
**Tribaloy® T-800**

$T_R=800^{\circ}\text{C}$ ,  $p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

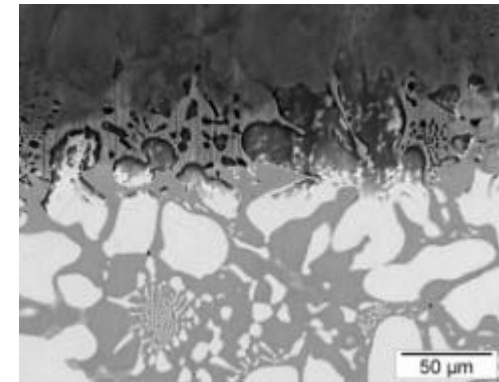
## Quader – reibbeanspruchte Oberfläche – 7° Schrägschliff



**FeMnCrVC, V2**



**Tribaloy® T-401**

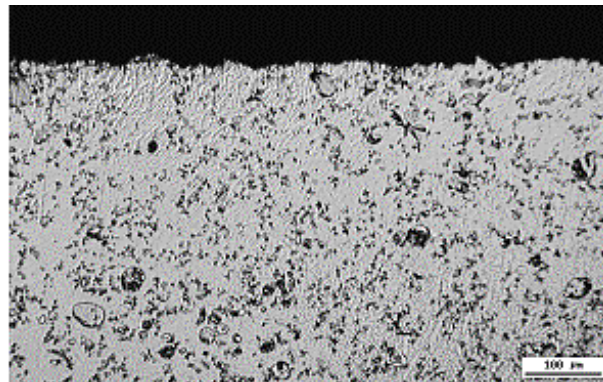


**Tribaloy® T-800**

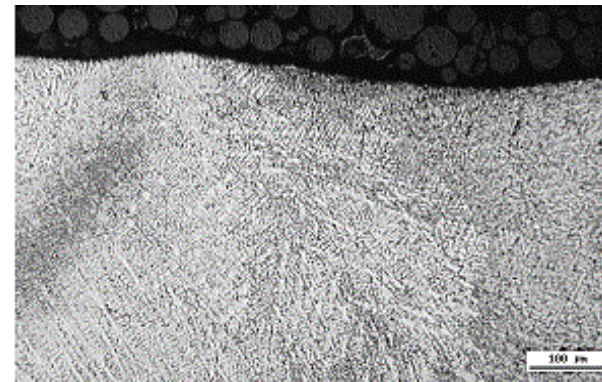
$T_R=800^\circ\text{C}$ ,  $p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

*Reibbeanspruchter Oberflächenrandbereich bei Raumreparatur*

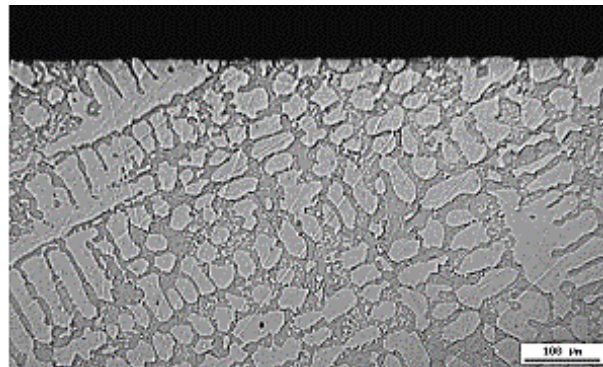
**FeMnCrVC-V2**



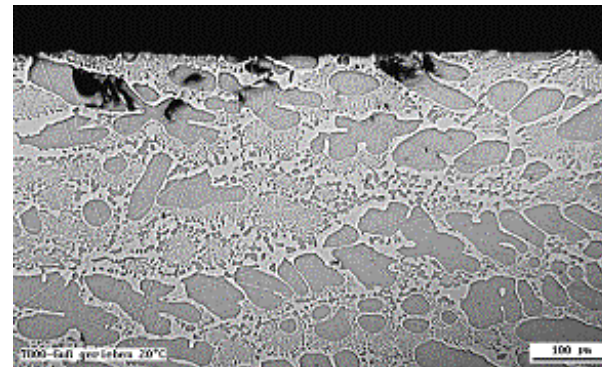
**Stellite 6**



**Tribaloy® T-401**



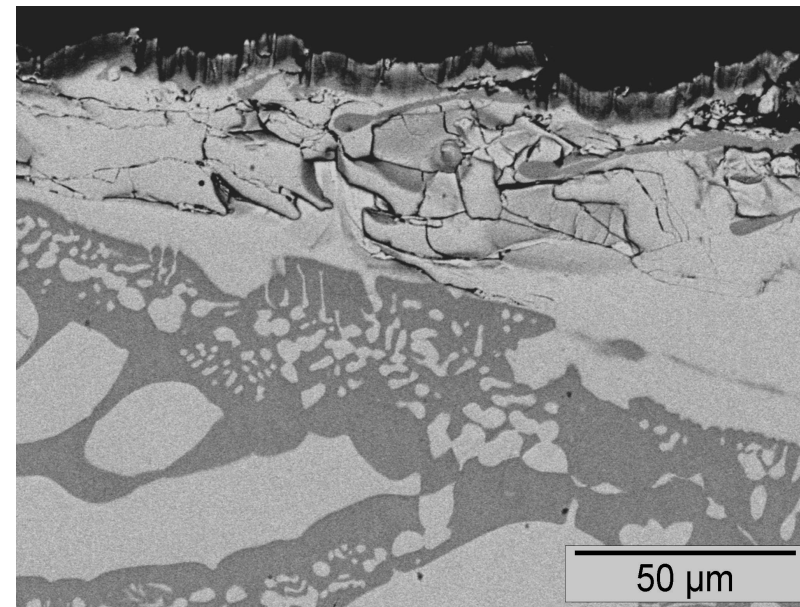
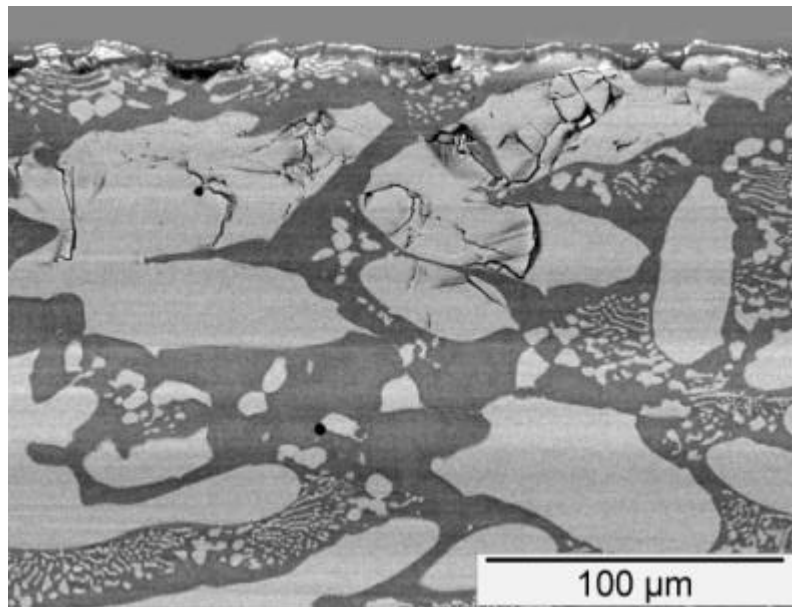
**Tribaloy® T-800**



$p_N=40$  MPa,  $v_R=8,2$  mm/s, 200 Reibzyklen



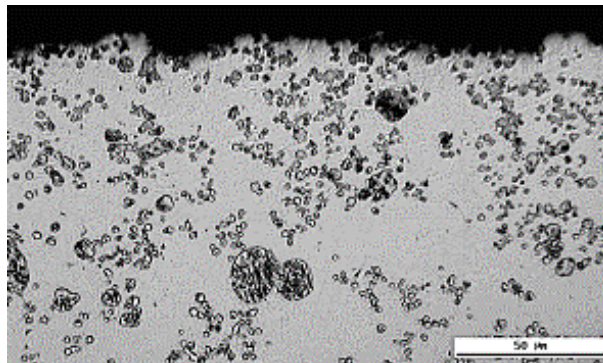
## T-800-Quader – reibbeanspruchter Oberflächenrandbereich, $T=20^{\circ}\text{C}$



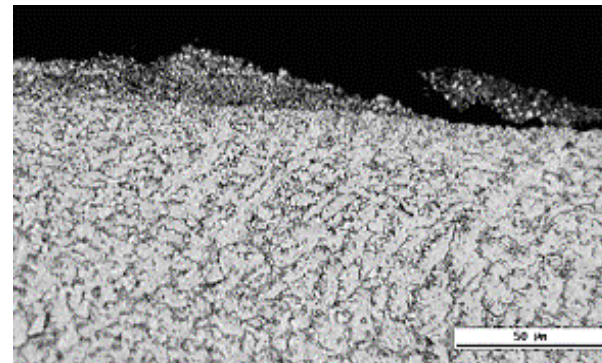
$p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

## Reibbeanspruchter Oberflächenrandbereich bei $T=800^{\circ}\text{C}$

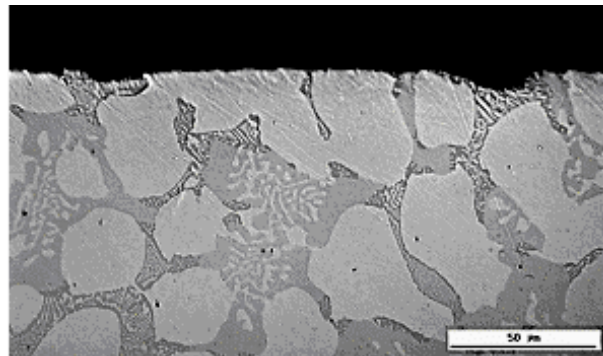
FeMnCrVC-V2



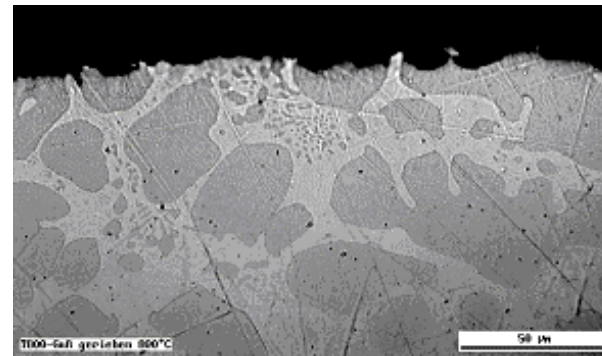
Stellite 6



Tribaloy® T-401

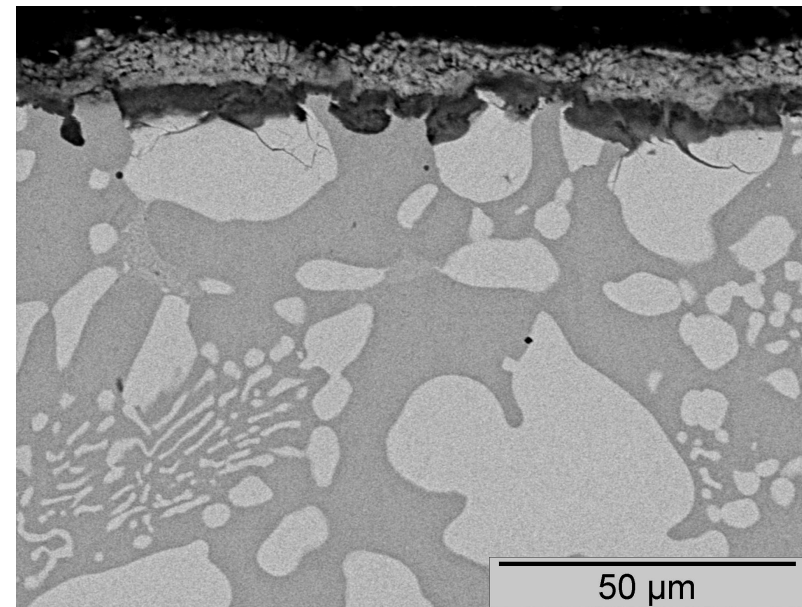
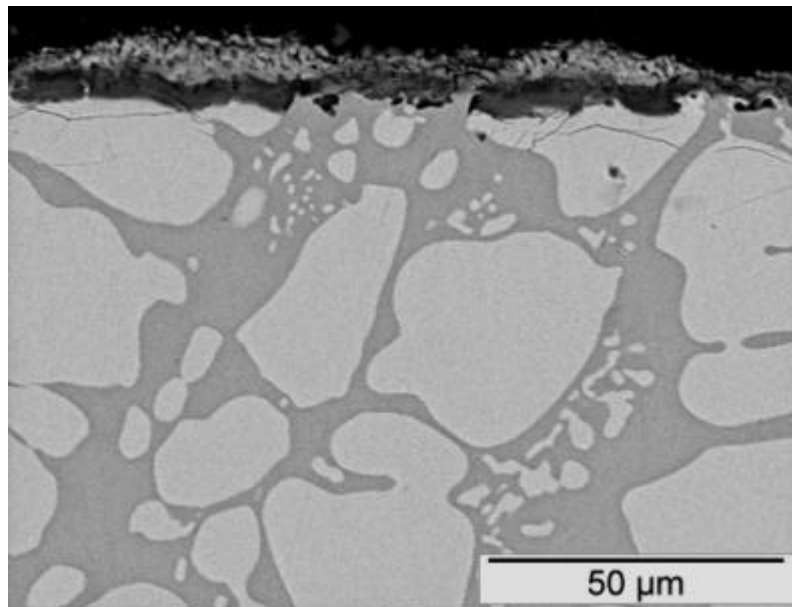


Tribaloy® T-800



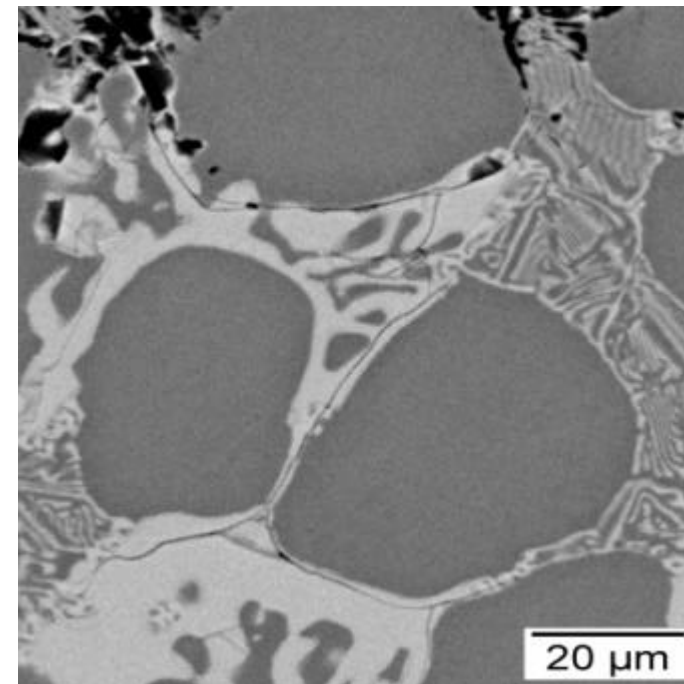
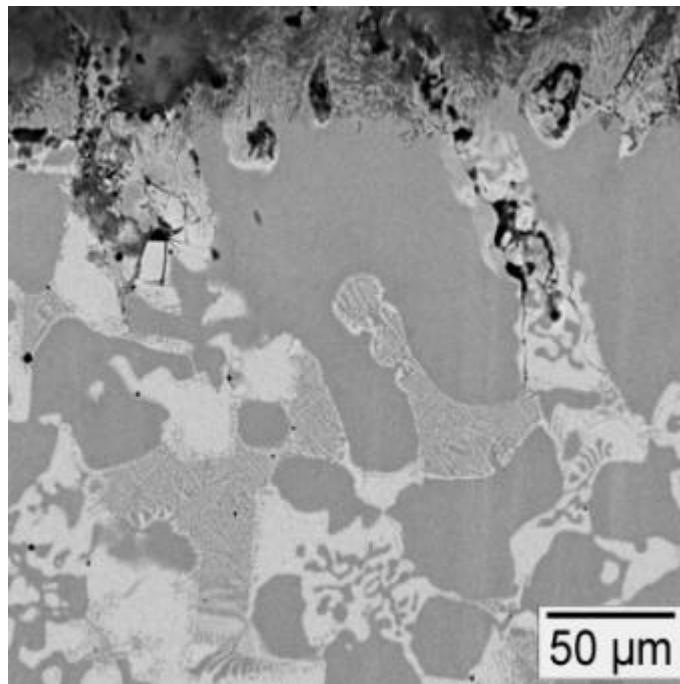
$p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

## T-800-Quader – reibbeanspruchter Oberflächenrandbereich, $T=800^{\circ}\text{C}$



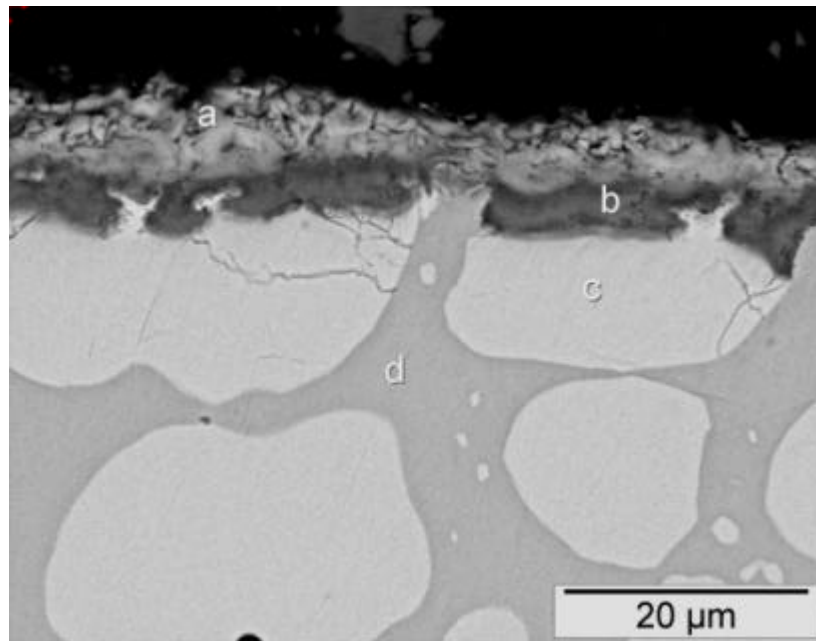
$p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

## T-401-Quader – reibbeanspruchter Oberflächenrandbereich, $T=800^{\circ}\text{C}$



$p_N=40\text{ MPa}$ ,  $v_R=8,2\text{ mm/s}$ , 200 Reibzyklen

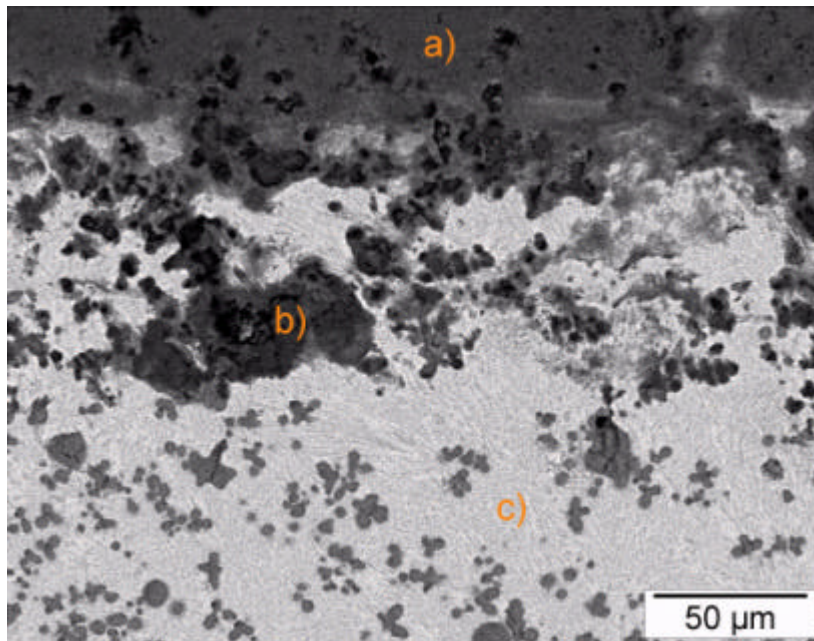
## T-800-Guß-Quader – reibbeanspruchte Oberfläche - Querschliff



	O	Si	Mo	Cr	Fe	Co
	Atom-Prozent					
a	79,02	1,98	11,12	1,86	0,32	5,70
b	75,25	8,94	7,18	4,71	0,10	3,83
c	24,58	11,74	31,13	8,98	0,73	22,83
d	21,03	7,24	10,78	19,15	1,15	40,65

T=800°C,  $p_N=40$  MPa,  $v_R=8,2$  mm/s, 200 Reibzyklen

## FeMnCrVC-Quader – reibbeanspruchte Oberfläche – 7° Schrägschliff



	O	V	Cr	Mn	Fe	C
	Atom-Prozent					
a)	17,66	38,93	5,65	13,66	24,11	
b)	25,77	31,92	6,45	---	---	33,87
c)	4,58	4,58	12,51	12,00	34,04	33,92

T=800°C, p<sub>N</sub>=40 MPa, v<sub>R</sub>=8,2 mm/s, 200 Reibzyklen

## **Zusammenfassung**

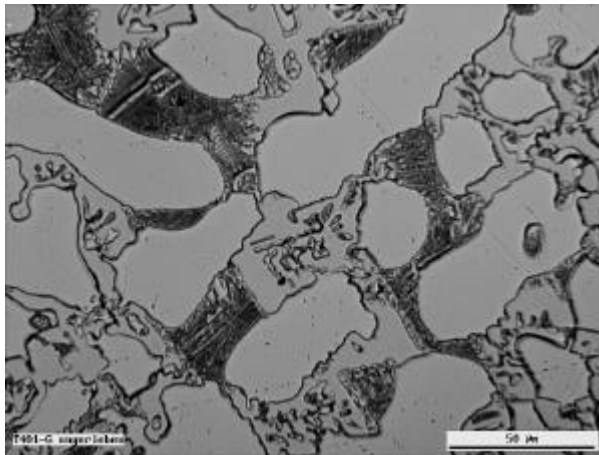
**Gutes Reibungs- und Verschleißverhalten bei trockener Gleitreibung bei Raumtemperatur und 800°C** (*T-401 und T-800 sowie FeMnCrVC-V2*)

**Verschleißschutz durch Ausbildung einer festhaften Oxidschicht im Hochtemperaturbereich** (*T-401 und T-800 sowie FeMnCrVC-V2*)

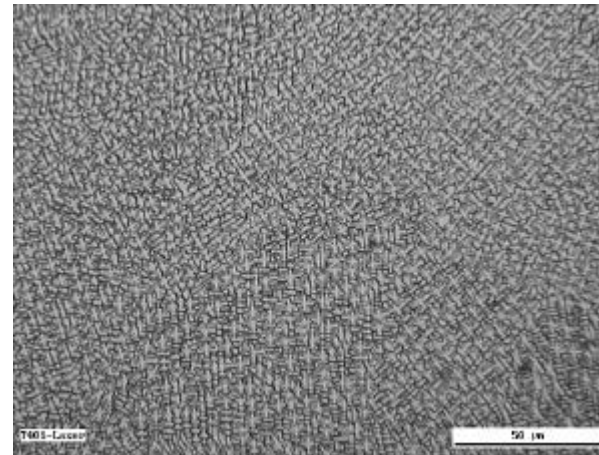
**Hartphasen (Co<sub>3</sub>Mo<sub>2</sub>Si, VC) werden im Vergleich zur Mischkristallphase bevorzugt oxidiert** (*T-401 und T-800 sowie FeMnCrVC-V2*)

**Bruchanfälligkeit der grobkörnigen Laves-Phase bei Raumtemperatur** (*T-800*)      *Ausbildung eines feinkristallinen Gefüges*

## Zusammenfassung



T401-Guß



T401-Laserauftragschweißung