Kristalliner Diamant

Die Revolution für Gleitringdichtungen

DiaCCon GmbH
Erlangen

Dipl.-Ing. Martin Rüffer

Diamant für extreme Beanspruchungen

- Diamant -

Ein Produkt – vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Tribologie

Abrasion

Elektrochemie

Dekoration

Medizintechnik

Diamant für extreme Beanspruchungen

Einzigartige Eigenschaften...

Härte
- 10000 HV
- Härtestes Material

Wärmeleitfähigkeit
- 2000 W/Km (RT)
- Vier mal höher als kupfer

Chemische Beständigkeit
- extrem hohe chemische Beständigkeit

Tribologie
- Niedriger Reibkoeffizient
- sehr geringer Verschleiss

Eigenschaften im Vergleich

	Diamant	DLC	SiC
Härte [HV]	10000	3000-max. 5000	2500
Reibungskoeffizient μ	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,6 – 0,8
E-Modul [GPa]	1140	220	400
Therm. Leitfähigkeit [W/Km]	2000	100	100
Wärmedehnung [$10^{-6}K^{-1}$]	1,3 (2 für Schicht)		4 - 6
T - Beständigkeit [°C]	~ 700	< 350	
Substratanbindung und Stärke der Anbindung	Kovalent; sehr stark	Adhesiv; schwach	
Struktur	Kristallin	Amorph, spröde „Kohlenstoffglas“	

!

!

Diamant für extreme Beanspruchungen

Naturdiamant

-Extreme Härte

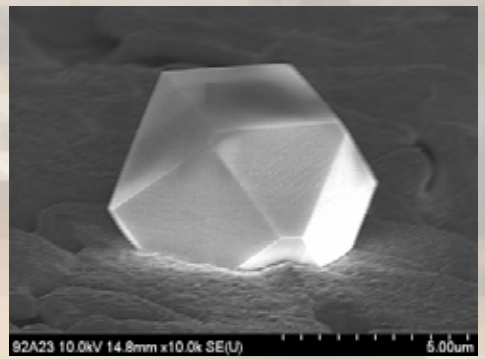
-Niedriger Reibkoeffizient

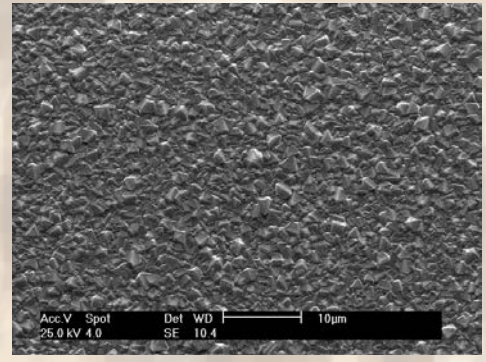
-Hohe chemische Beständigkeit

?

Wie überträgt man diese heraus-ragenden Eigenschaften auf Gleitringe ?

Künstlicher Diamant





Kristalline Diamantschicht

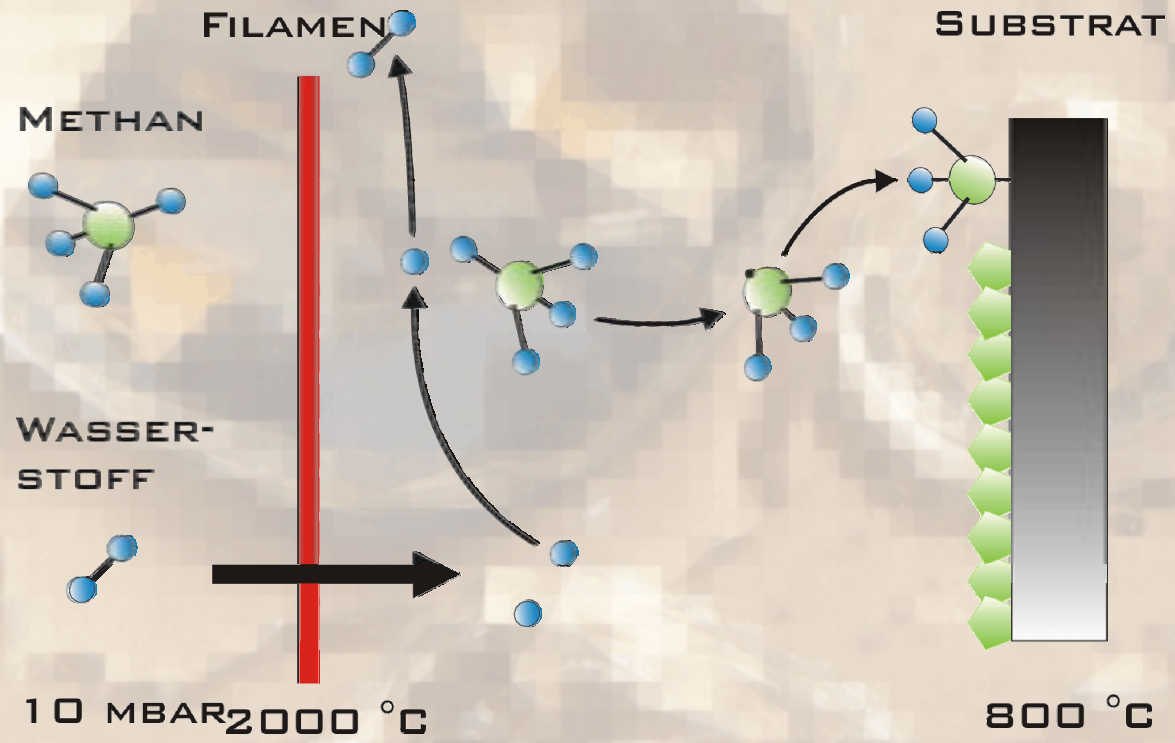
-Extreme Härte

-Niedriger Reibkoeffizient

-Hohe chemische Beständigkeit

-HOMOGENITÄT !

Der Beschichtungsprozess...

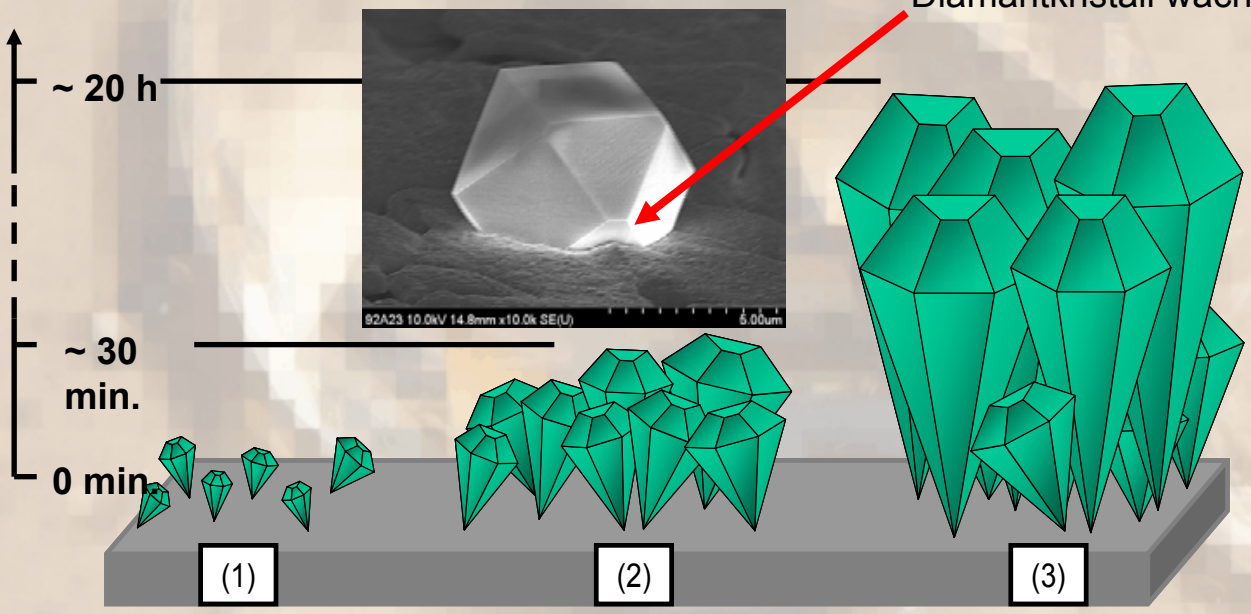


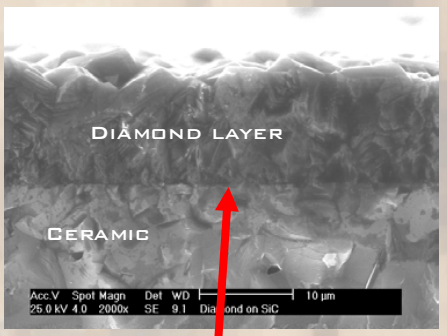
Starke Anbindung

(Kovalent)

Grundaufbau

Diamantkristall wächst an der Oberfläche fest





Sehr starke Anbindung (kovalent) durch hohe Beschichtungstempera -tur

-**Seed – Kristalle**

-**Beginnendes Wachstum**

-**Diamantschicht noch nicht geschlossen**

-**Diamantschicht schließt sich**

-**Schichtdicke ~300nm**

-**Kovalente Anbindung**

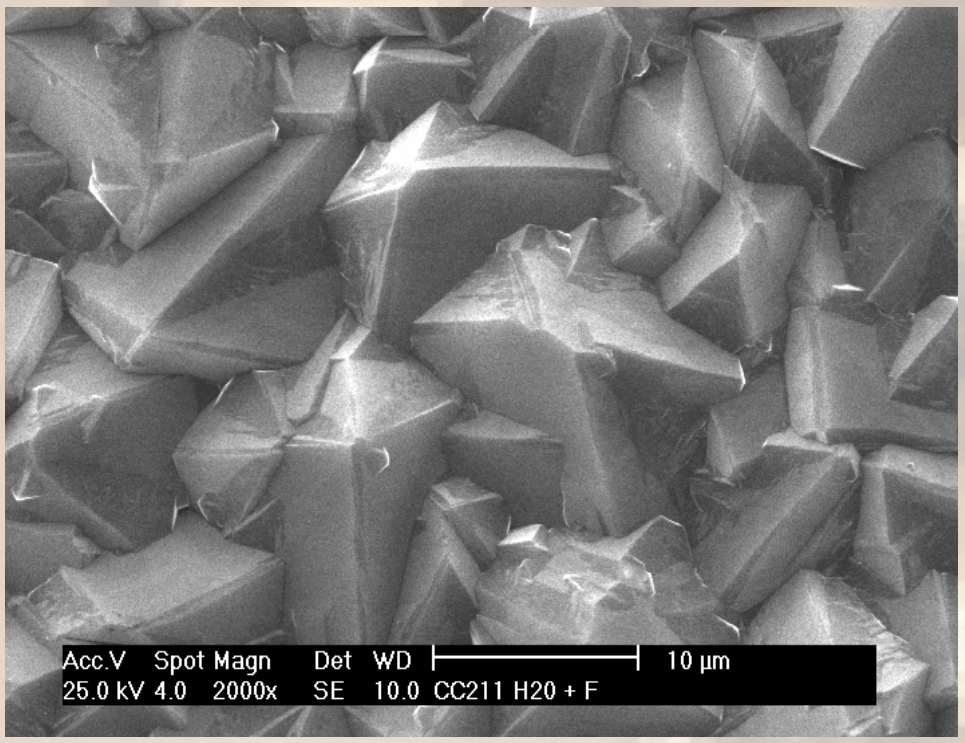
-**Kolumnares Wachstum**

-**Schichtdicke ~4µm**

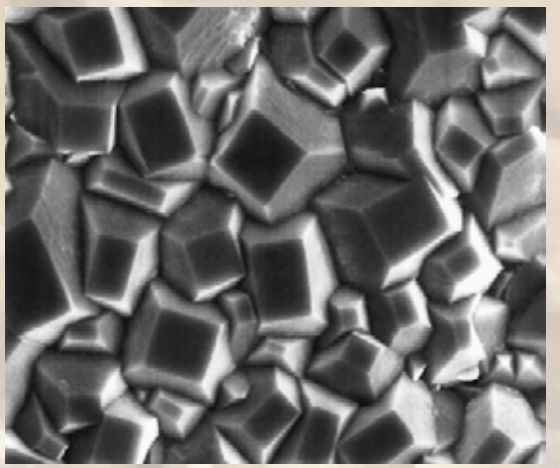
-**Prozessende bei Standard-schicht**

Diamant für extreme Beanspruchungen

Die Diamantschicht...



- Dichte Schichten ab einigen 100 nm
- Hohe Diamantqualität
- Unterschiedliche Schicht-morphologien

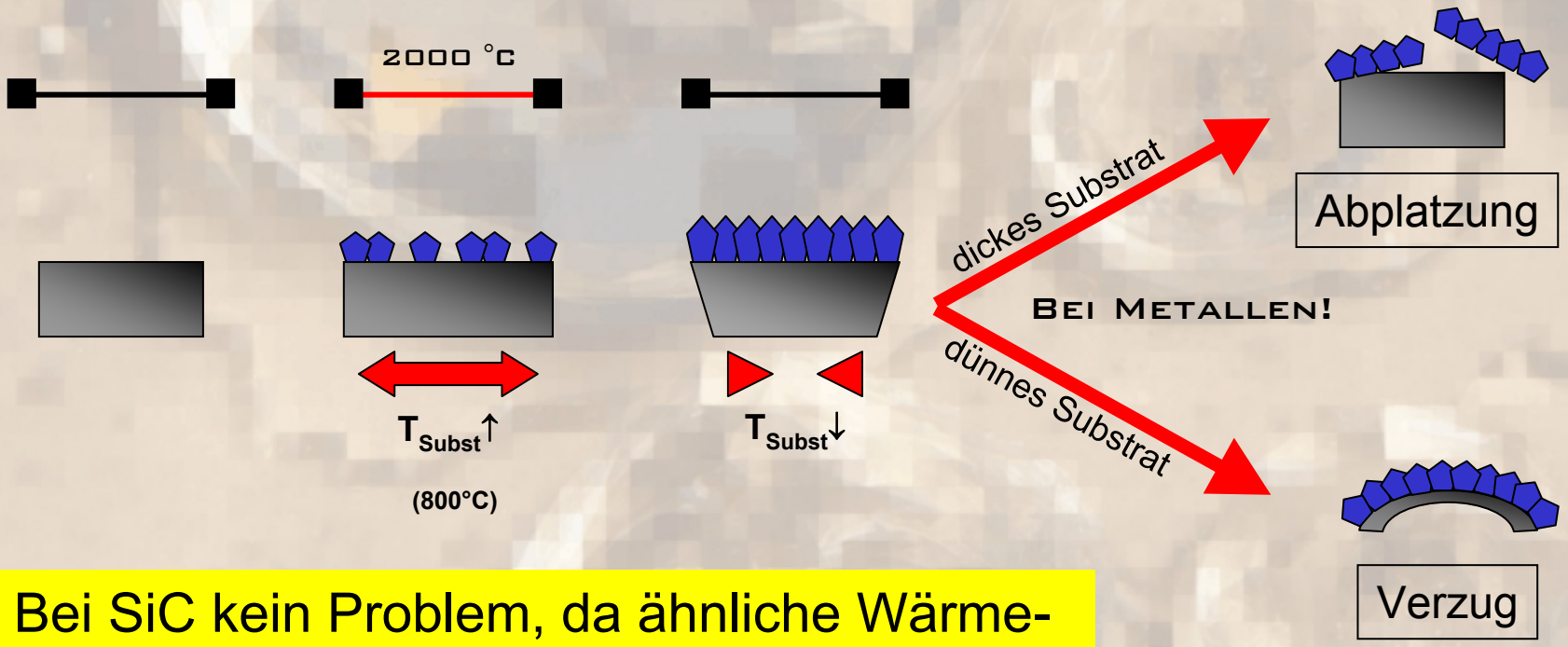


Was man wissen muss...

Differenz in den Ausdehnungskoeffizienten von Diamant und Substrat:

$-\alpha_{Titan} = 8{,}35\ 10^{-6} * K^{-1}$ $\alpha_{Diamant} = 1{,}1\ 10^{-6} * K^{-1}$ (~2 $^{10\text{-}6 * K\text{-}1}$ bei Schicht)

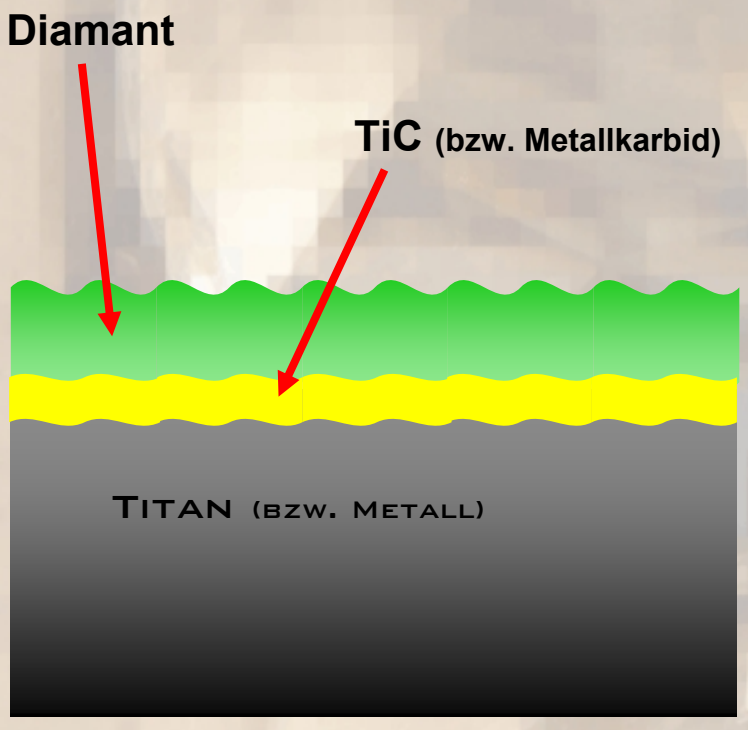
$-\alpha_{SiC} = 4 - 5\ 10^{-6} * K^{-1}$ (viel kleiner als von Metallen, ähnlich dem von Diamant !)

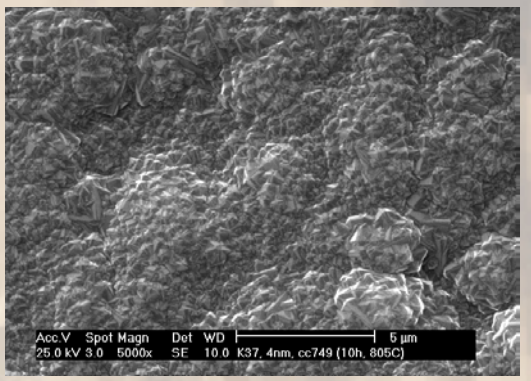


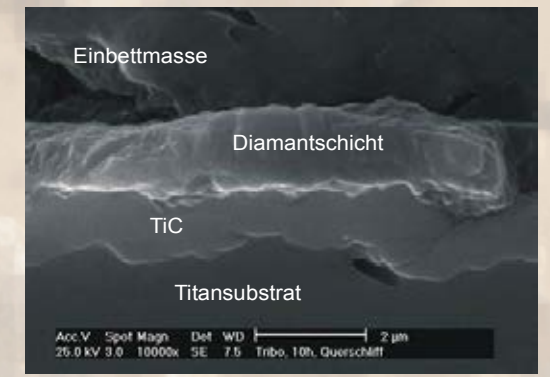
Bei SiC kein Problem, da ähnliche Wärme-ausdehnungskoeffizienten !

Diamant für extreme Beanspruchungen

Diamant auf Metallen...



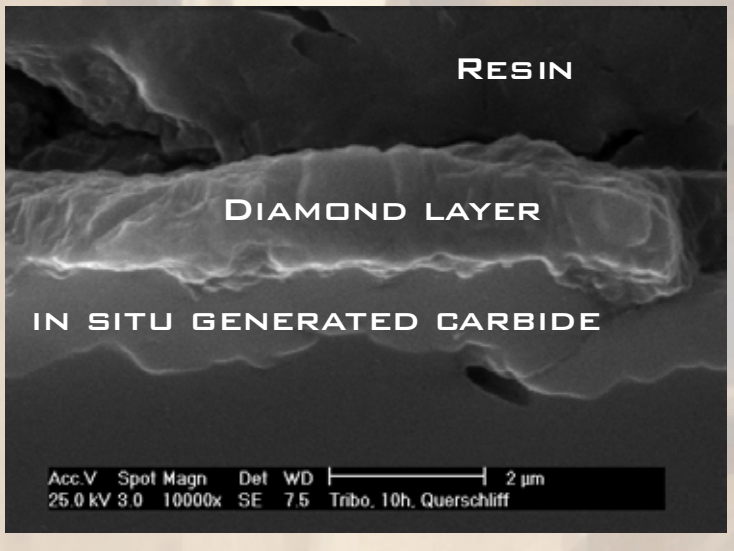




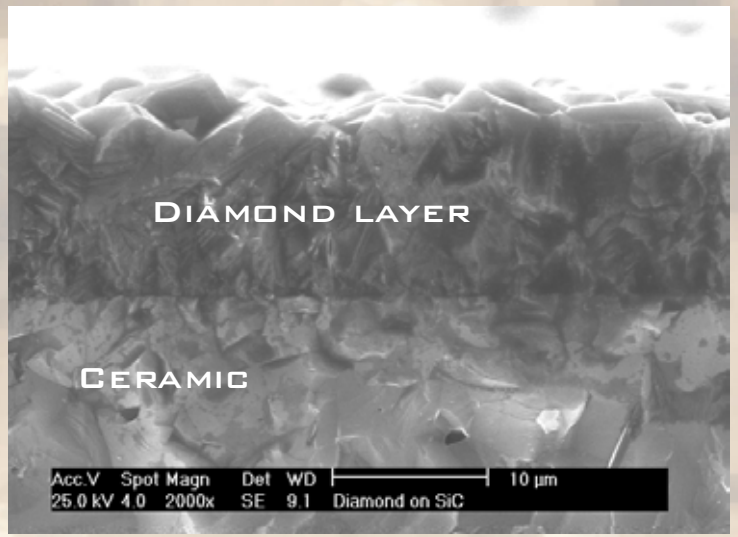
Hervorragende Haftfestigkeit wegen Karbidzwischenschicht (kovalente Bindung)!

Beschichtbare Materialien...

Metalle



Keramiken



SiC ist bereits ein Karbid ➡ hervorragend beschichtbar !

Diamant für extreme Beanspruchungen

Zusammenfassung Beschichtbarkeit von SiC – Gleitringen mit kristallinem Diamant:

-Hervorragend haftfest (kovalent gebunden)

-Kein Verzug (ähnliche Wärmeausdehnungskoeffizienten)

Beschichtbare Materialien...

- „grüne“ Elemente & deren Karbide sind hervorragend mit Diamant beschichtbar
- Si(C) !

	II										III	IV
Li	Be		sehr gut beschichtbar (feste Anhaftung) beschichtbar nicht beschichtbar (Graphitbildung)								B	C
Na	Mg										Al	Si
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb
	Ra	Ac											

Diamant für extreme Beanspruchungen

Vorbehandlung

-Reinigung
-Bekeimen mit Impfkristallen

Beschichtung

-fünf Hot Filament-Anlagen
-Plasmaanlage

Plasmaanlage

-schnell

HF - anlage

-experimental

HF - anlage

-Kleinserie

HF - anlage

-Produktion

2 HF - anlagen

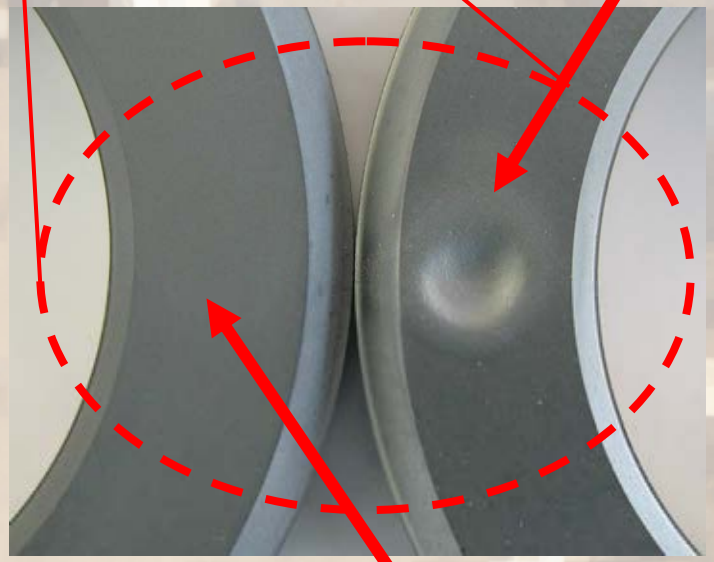
-Produktion

Diamant für extreme Beanspruchungen

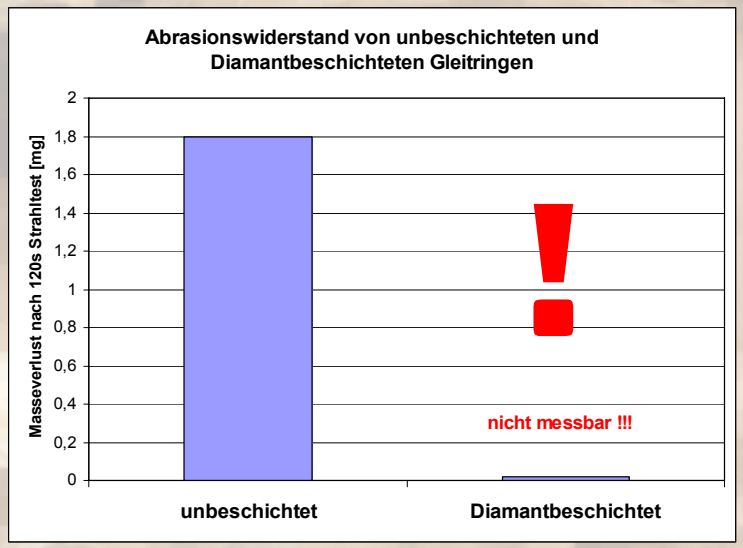
Sandstrahltest mit stark abrasiven SiC-Pulver

- Partikelgröße 30µm

Krater auf unbeschichteten Ring durch Partikelbombardement



DIAMANTBESCHICHTET UNBESCHICHTET

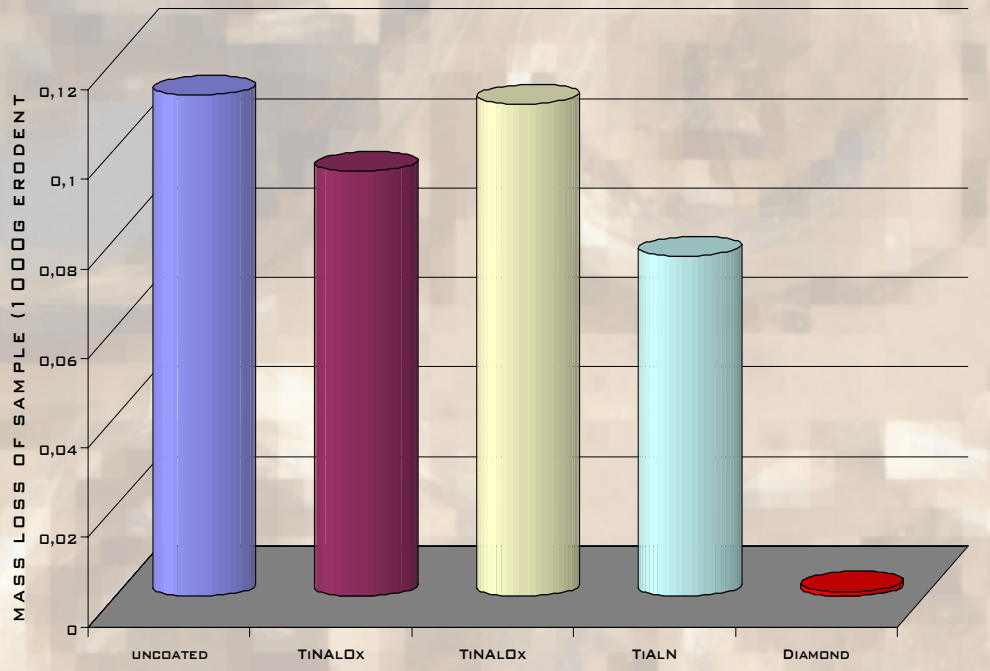


Keine Beschädigung der Diamantschicht feststellbar !

Diamant für extreme Beanspruchungen

Vergleich mit Anderen Schichten

- Diamant hat höchste Härte
- Hohe Beständigkeit gegen Dreikörper-verschleiss

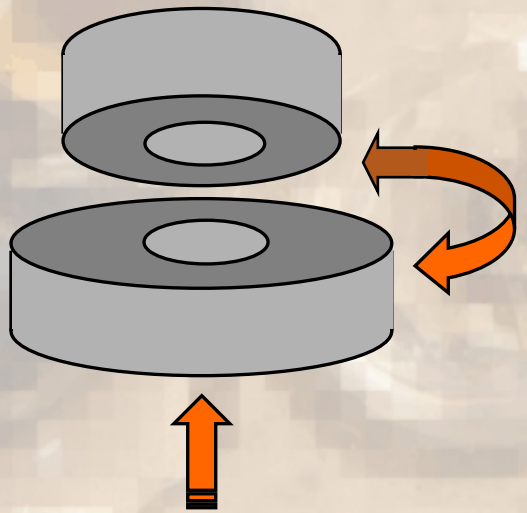


Sandstrahltest unterschiedlicher Schichten auf Titan

Diamant für extreme Beanspruchungen

Tribometer WAZAU TRM 1000

!!! TROCKENLAUF !!!

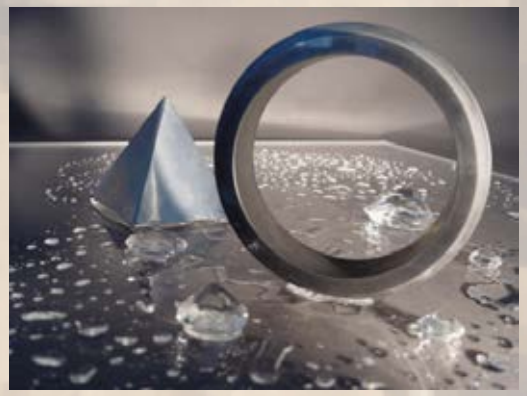


- REALTEST
- GLEITRINGDICHTUNG

Testbedingungen:

- 2 m/s
- 0,4MPa

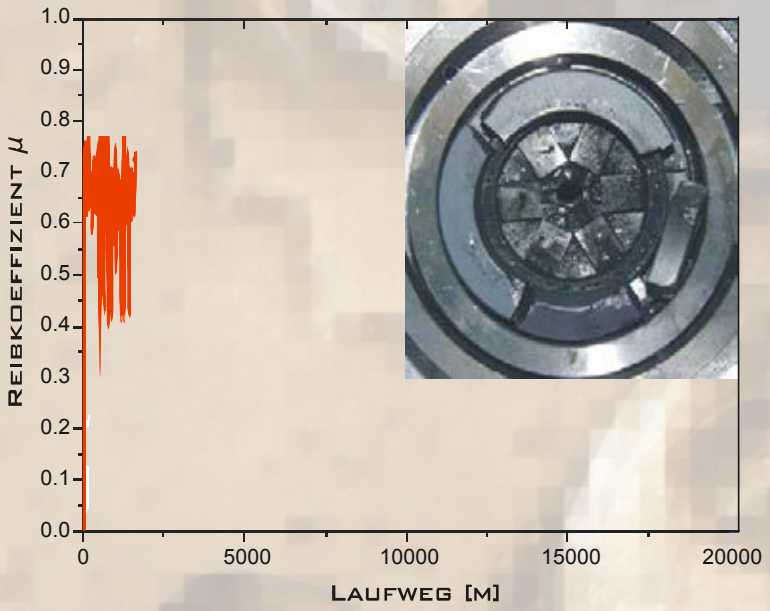
Tribologische Eigenschaften...
Gleitringe (lager & Dichtungen)



!!! TROCKENLAUF !!!

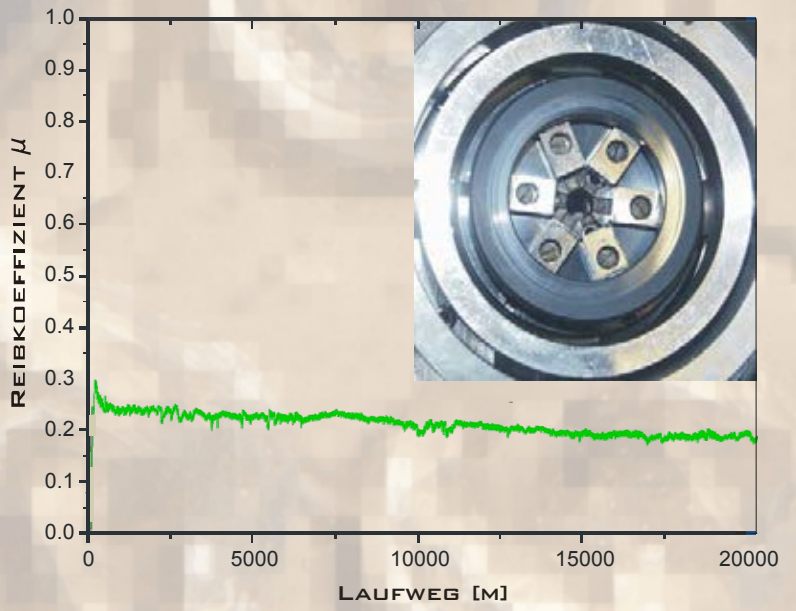
Unbeschichtetes SiC

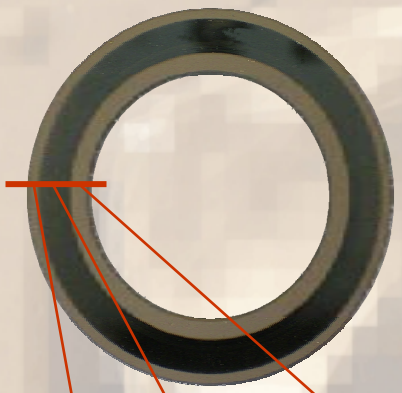
Totalausfall nach kurzer Zeit



Diamantbeschichtetes SiC

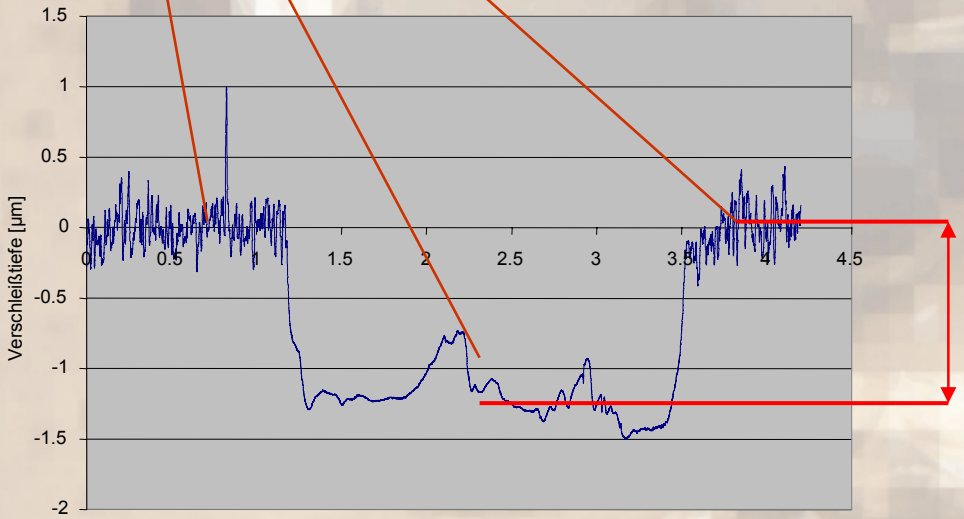
Sehr lange Notlaufzeiten





Laufspur auf breiter Ringoberfläche durch schmäleren Gegenring nach 30km - Test

Verschleißtiefe nach 30 km



!!! TROCKENLAUF !!!

Testbedingungen:

-2 m/s

-0,4MPa

-30km bzw. 4Stunden

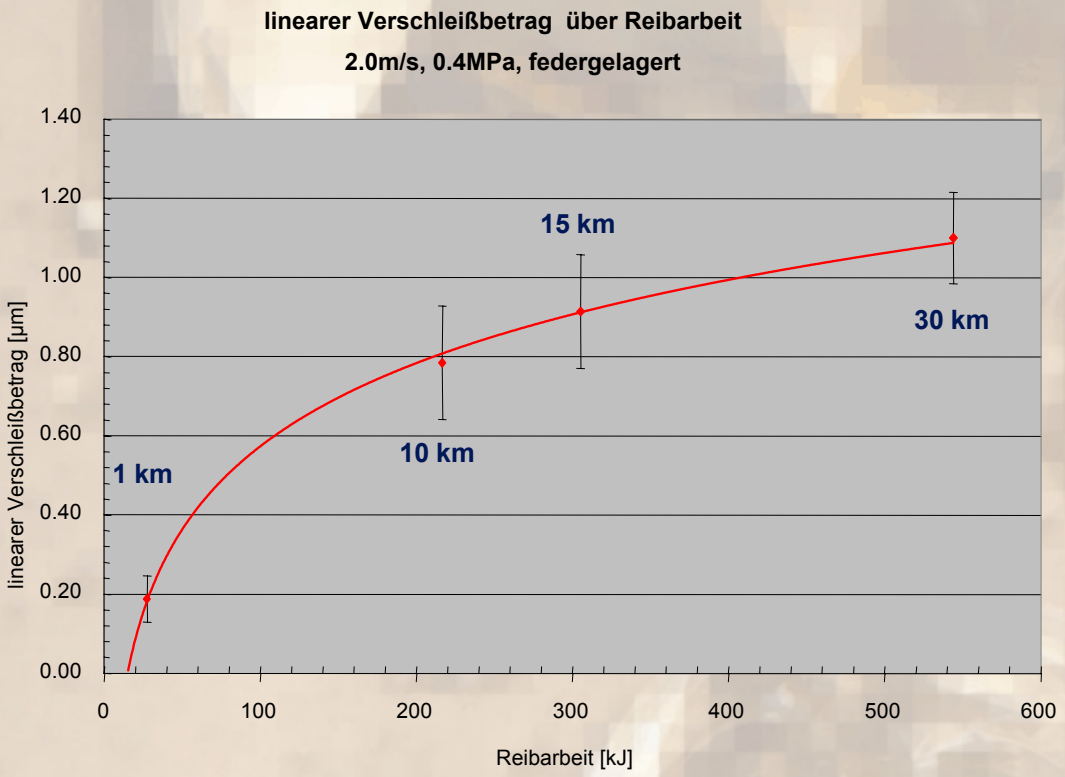
~1,25µm Laufspurtiefe

Nach 4h reinem Trockenlauf lediglich ~1,25µm Verschleiß !

Dichtflächen sind nicht zerstört !

Diamant für extreme Beanspruchungen

!!! TROCKENLAUF !!!



Testbedingungen:

-2 m/s

-0,4MPa

-30km bzw. 4Stunden

Abnahme des Verschleißbetrages über die Dauer des tribologischen Tests

→Kontaktfläche nimmt zu

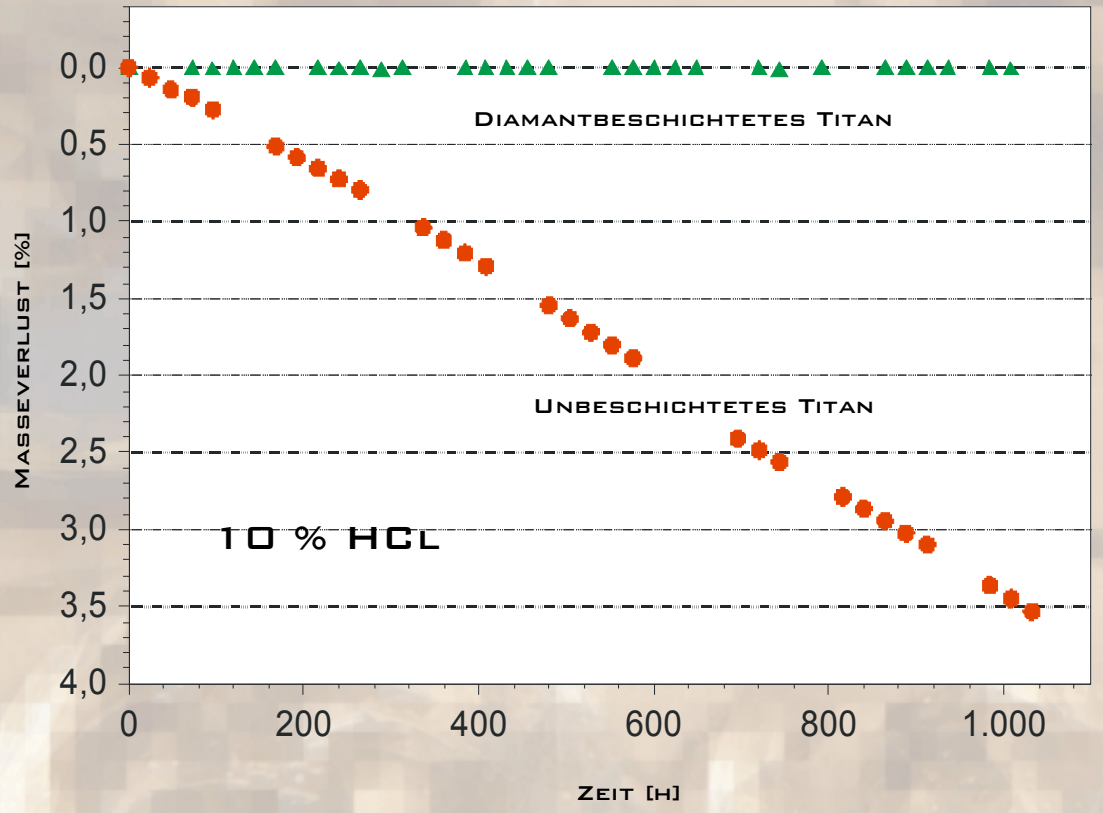
→Flächenpressung nimmt ab

Verschleiß nimmt durch Einglätten stetig ab !

Chemische Beständigkeit...

-Korrosionsverbesser-
ung von z.B. Titan

- Versiegelung von
Si - SiC - Bauteilen



Umrüstung in der Praxis

-**Keine Änderung in Konstruktion oder Konzeption nötig**

-**Einfaches Austauschen der Gleitringe**

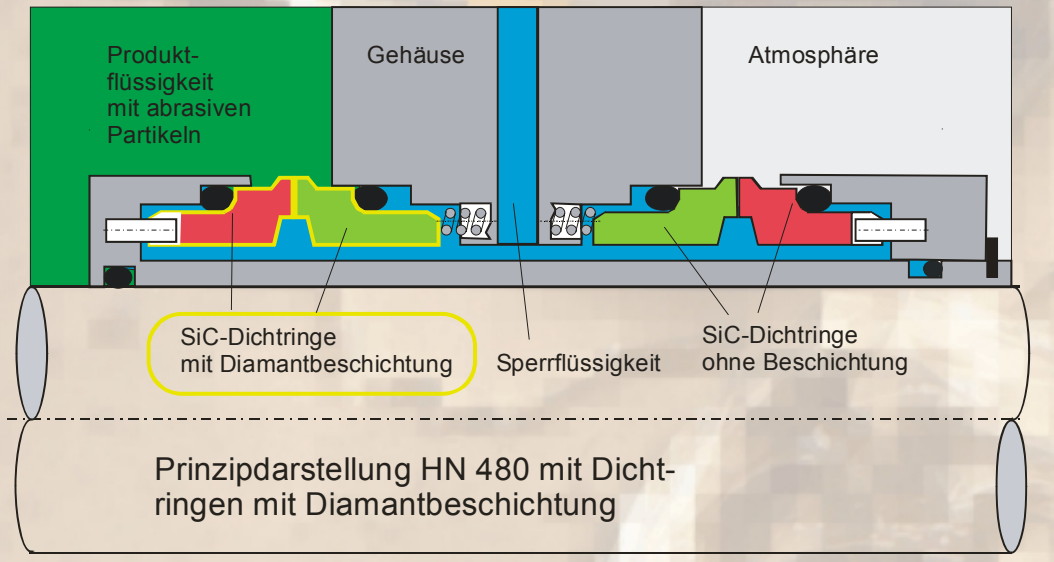
-**Keine weiteren Kosten**

Umrüstung einer „Standardpumpe“ auf mit kristallinen Diamant beschichtete Gleitringdichtungen

Quelle: Unbenannt

Anwendung Rührwerksdichtung

- Abrasivpartikel (SiO_2) im Reibspalt bei Abdichtung von Farbe
- Diamantbeschichtung auf der Produktseite



Prinzipdarstellung HN 480 mit Dichtringen mit Diamantbeschichtung

-5-fach höhere Standzeit

-Reibung nass um zwei Drittel verringert

-Reibung trocken um zwei Drittel verringert

Quelle: Fa. Hecker

Verzicht auf Kühlung

-Mit Diamant weniger Reibung/Wärme auch im Naßlauf (s.a. voriges Beispiel)

-Wegfall bestehender Kühlung (Quench)

Konventionelle GLD mit Quench

„Diamantpumpe“ mit diamantbeschich-teter GLD ohne Quench

Quelle: Unbenannt

Laufen im „eigenen Saft“, zeitweiser Trockenlauf

-**Mischreibung mit Wärmeentwicklung**

-**Konkreter Fall: Laufrad vom Kern gelöst, GLD zerstört**

-**Mit Diamant weniger Reibung/Wärme, keine Zerstörung der Pumpe**

Standzeitbeispiel:

Bei einer Pumpe mit zeitweisem Trockenlauf wurde alle 4-5 Monate die GLD gewechselt

Seit Einbau einer diamantbeschichteten GLD kein Wechsel mehr !
Bisherige Laufzeit >15 Monate !

Durch Laufen im eigenen Saft zerstörte Pumpe

Quelle: Unbenannt

Diamant für extreme Beanspruchungen

Zusammenfassung

-GLD`s sind hervorragend mit kristallinem Diamant beschichtbar

-Beeindruckende Verbesserungen bei Verschleiß und Kühlaufwand

-Keine Änderung in Konstruktion und Konzeption notwendig

-Keine zusätzlichen Kosten, sondern

!Kostenersparnis bei Wartung und Kühlung!

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT