

**SCHAEFFLER**

Triondur



## **Triondur-Schichtsysteme**

für tribomechanisch  
hochbeanspruchte Oberflächen



# Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

## **Verschleißschutz und Reibungsreduzierung mit Triondur-Schichtsystemen**

Mit der sich kontinuierlich erhöhenden Energieeffizienz sowohl in modernen Verbrennungsmotoren als auch in der gesamten Energiekette (vom Windkraftrad bis hin zu jeder bewegten Komponente im Fahrzeug) steigen die Anforderungen an die tribologische Belastbarkeit der Bauteile.

Mit Hilfe von modernen PVD- und PACVD-Beschichtungsprozessen, die bei den Triondur-Beschichtungen von Schaeffler zum Einsatz kommen, kann die Leistungsfähigkeit tribologisch hochbeanspruchter Komponenten deutlich gesteigert werden. Hierdurch ergeben sich Potenziale für Lebensdauersteigerung, Reibminimierung und Leichtbau. Triondur-Schichtsysteme sind somit ein aktiver Beitrag zu Umwelt- und Ressourcenschonung sowie zur Nachhaltigkeit.

Triondur-Schichtsysteme werden im Vakuum durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD = Physical Vapor Deposition) und plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PACVD = Plasma assisted Chemical Vapor Deposition) hergestellt. Durch die Wahl von Schichtzusammensetzung und Abscheidungsverfahren können Triondur-Schichtsysteme perfekt an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Von elastischen Schichtsystemen für den Wälzkontakt bis hin zu extrem harten Verschleißschutzschichten sowie von chemischer Beständigkeit bis hin zu gezielten Reaktionen zur Schmierfilmbildung mit ausgesuchten Öladditiven sind vielfältige Optimierungen möglich.

Triondur-Schichtsysteme sind mehr als nur eine Beschichtung: Es sind Schichtsysteme, die aufgrund individuell angepasster Beschichtungsprozesse und konstruktiv optimierter Bauteile von der Herstellung bis zur Anwendung alle notwendigen Aspekte berücksichtigen.

# Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

## Triondur-Schichtsysteme für Wälzlager

In Wälzlagern kann durch den Einsatz beschichteter Wälzkörper eine deutliche Steigerung der Gebrauchsdauer erreicht werden, insbesondere wenn das Lager in seiner Anwendung mit Schlupf und Mangelschmierung konfrontiert wird.

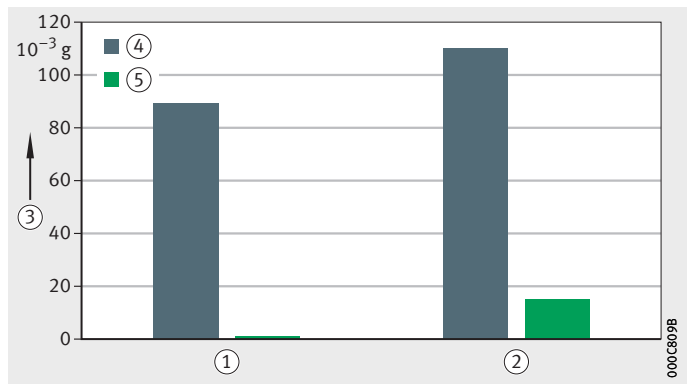
Beschichtete Zylinderrollen, die in einem Prüfstandslauf unter extremer Mangelschmierung getestet wurden, zeigen ein deutlich verbessertes Ergebnis als unbeschichtete Referenzteile, *Bild 1*. Die gravimetrische Auswertung des Verschleißes zeigt, dass durch den Einsatz von Triondur C der Verschleiß am Wälzkörper nahezu eliminiert wurde, *Bild 2*. Gleichzeitig wurde der Verschleiß an den unbeschichteten Axialscheiben deutlich reduziert.

Eine weitere typische Anwendung für Triondur-Schichtsysteme in Wälzlagern ist die Beschichtung der großen Stirnseiten von Kegelrollen zur Reduzierung von Reibung und Verschleiß im Kontakt mit dem Bord des Innenrings.

Die Beschichtung des Außenrings von Kurvenrollen, *Bild 3*, Seite 3, erhöht nicht nur die Gebrauchsdauer der Rolle, sondern auch die des oftmals vielfach teureren Gegenlaufpartners. Hierdurch amortisieren sich die Mehrkosten für die Beschichtung innerhalb kürzester Zeit.

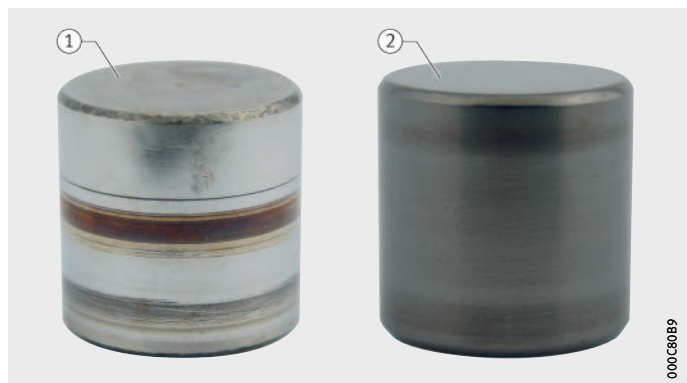
- ① Wälzkörper
- ② Axialscheiben
- ③ Verschleiß
- ④ unbeschichtet
- ⑤ beschichtet

*Bild 1*  
Prüfstandslauf unter extremer Mangelschmierung

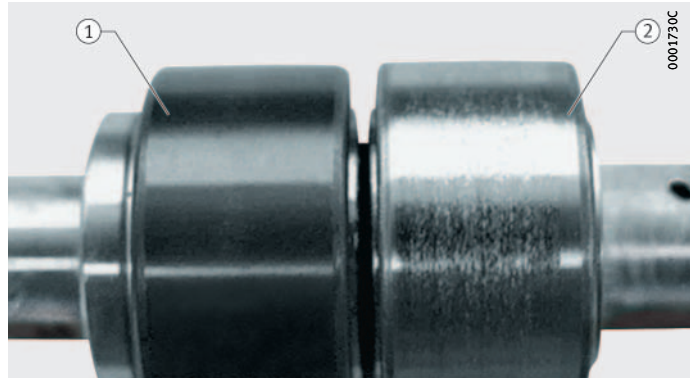


- ① unbeschichtet
- ② Triondur C-beschichtet

*Bild 2*  
Wälzkörper nach Prüfstandslauf



- ① DLC-(Triondur C)-Beschichtung, kein Verschleiß
- ② Ohne Beschichtung, adhäsiver Verschleiß



*Bild 3*  
Kurvenrollen,  
mit und ohne Beschichtung

### Triondur-Schichtsysteme für Motorenkomponenten

Mittels Triondur-Schichtsystemen ist es gelungen die Reibung im Tasse-Nocke-Kontakt des Ventiltriebs kontinuierlich zu reduzieren, *Bild 4*.

Bis vor etwa 15 Jahren war der Einsatz von rein wärmebehandelten Tassenstößeln Stand der Technik. Durch den Einsatz und die stete Entwicklung von Triondur-Schichtsystemen konnte das Reibmoment durch Triondur CH um bis zu 50% gesenkt werden. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung von 1% bis 2%

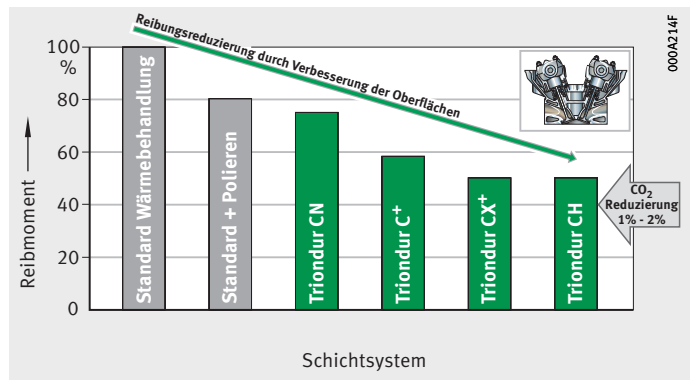
Triondur-Schichtsysteme finden nicht nur bei mechanischen Tassenstößeln Anwendung, sondern auch in anderen hoch belasteten Kontakten.

Beispiele:

- Nockenrollen und Ventilaufgelächen von Rollenschlepphebeln
- Gleitlagerkomponenten
- Kolben im Hochdruckbereich von Kraftstoffpumpen.

Beispiel:  
Motordrehzahl  $n = 2000 \text{ min}^{-1}$  und  
Öltemperatur  $+80 \text{ °C}$

*Bild 4*  
Reibungsreduzierung im Ventiltrieb  
mit Triondur-Schichtsystemen



# Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

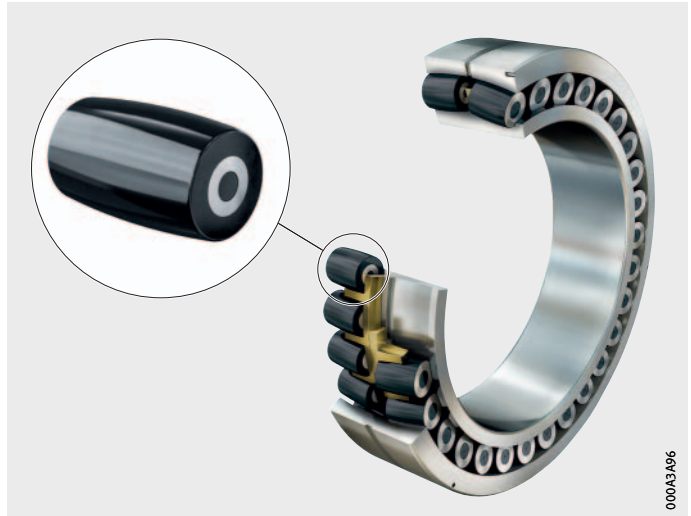
- Triondur C** Metall- und wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschicht.
- Beschichtungsprozess ■ PVD-Verfahren.
- Vorteile, Nutzen ■ Hohe Schutzwirkung gegen abrasiven und adhäsiven Verschleiß, bei gleichzeitiger Schonung des Reibpartners  
 ■ Die Trockenreibung gegen Stahl verringert sich um bis zu 80%  
 ■ Wird nur ein Reibpartner beschichtet, erhöht sich die Gebrauchsdauer des gesamten tribologischen Systems erheblich  
 ■ Durch den sehr duktilen Schichtaufbau verträgt Triondur C hohe Flächenpressungen, wie sie in Wälzlager-Anwendungen auftreten.
- Übliche Anwendungen ■ Lagerkomponenten wie Wälzkörper, Innenringe, Außenringe und Axiallagerscheiben  
 ■ Stütz- und Kurvenrollen.

## Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	a-C:H:Me (Funktionsschicht)
Farbe	anthrazit
Schichtdicke	0,5 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 80% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 1 200 HV

Triondur C-beschichtete  
Tonnenrolle

*Bild 5*  
Asymmetrisches Pendelrollenlager  
für die Lagerung der Rotorwelle  
in einer Windkraftanlage



*Bild 6*  
Anwendungsbeispiel  
Pendelrollenlager bei  
Windkraftanlagen



# Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

## Triondur C<sup>+</sup>

Wasserstoffhaltige, amorphe Kohlenstoffschicht.

### Beschichtungsprozess

- PVD- und PACVD-Verfahren.

### Vorteile, Nutzen

- Schichtsysteme für sehr hohe tribomechanische Beanspruchungen
- Hoher abrasiver Verschleiß-Widerstand und hoher Schutz gegen adhäsiven Verschleiß
- Sehr hohe mechanische Festigkeit
- Bestens geeignet für tribologisch hochbeanspruchte Bauteile mit Mangelschmierung.

### Übliche Anwendungen

- Motorelemente wie Tassenstößel oder Schleppebel
- Einspritzkomponenten wie Pumpen- und Steuerkolben, Düsenadeln.

### Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	a-C:H (Funktionsschicht)
Farbe	schwarz
Schichtdicke	2 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 000 HV

*Bild 7*  
Schaltbarer hydraulischer  
Tassenstößel



00047EAG



## Triondur CX<sup>+</sup>

Modifizierte, wasserstoffhaltige, amorphe Kohlenstoffschicht. Triondur CX<sup>+</sup> ist ein modifiziertes und nanostrukturiertes Schichtsystem.

Beschichtungsprozess

- PVD- und PACVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Sehr genaue Anpassung an die jeweils vorliegenden tribologischen Anforderungen möglich
- Beste Kombination von Reibungsminimierung, tribochemischer Beständigkeit und Verschleißschutz aller Schichtsysteme.

Übliche Anwendungen

Motorelemente:

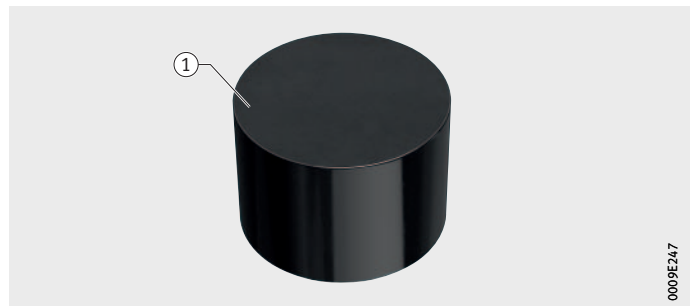
- Schlepphebel
- Tassenstößel
- Schlepphebelachse
- Käfige im Kolbentrieb.

## Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	a-C:H:X (Funktionsschicht)
Farbe	schwarz
Schichtdicke	2 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 000 HV

① Triondur CX<sup>+</sup>-beschichtete Gleitflächen

*Bild 8*  
Tassenstößel TSTM



① Triondur CX<sup>+</sup>-beschichteter Außenhebel

*Bild 9*  
Schaltbarer Schlepphebel



# Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

## Triondur CH

Tetraedrische, wasserstofffreie amorphe Kohlenstoffschicht.

Beschichtungsprozess

■ PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Bedingt durch die hohe Härte weist Triondur CH die höchste Verschleißbeständigkeit aller Triondur-Schichten auf
- In maßgeschneiderten tribologischen Systemen mit abgestimmten Schmierstoffen entfaltet Triondur CH die höchste Wirkung und sorgt für maximale Reibungsreduzierung bei gleichzeitig maximalem Verschleißschutz.

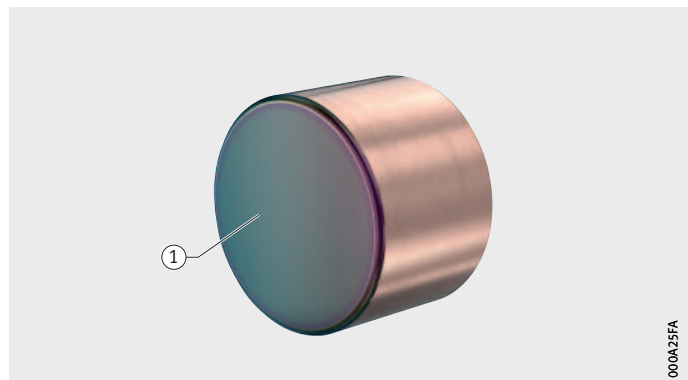
Übliche Anwendungen

■ Tassenstößel.

## Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	ta-C (Funktionsschicht)
Farbe	grünlich
Schichtdicke	0,5 µm – 1 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei DLC/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 4 000 HV

① Triondur CH-beschichtete Gleitflächen



*Bild 10*  
Triondur CH-beschichteter Tassenstößel

## Triondur CN

Nitridische Chromschicht.

Beschichtungsprozess

- PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Durch ihren nanokristallinen Aufbau weist die nitridische Chromschicht eine besonders hohe Härte und Duktilität auf
- Die sich einstellende, sehr glatte Oberfläche bleibt durch den hohen Verschleißwiderstand und die sehr gute Ölbenetzung auch im Betrieb erhalten
- Deutliche Verringerung der Reibung zwischen den Kontaktpartnern
- Triondur CN ist die richtige Wahl für hochbeanspruchte Bauteile bei ausreichender Ölversorgung.

Übliche Anwendungen

- Motorelemente.

### Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	Chromnitrid (Funktionsschicht)
Farbe	silberfarben
Schichtdicke	1 $\mu\text{m}$ – 4 $\mu\text{m}$
Reibungsreduzierung	bis zu 20% bei Triondur CN/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 200 HV



*Bild 11*  
Triondur CN-beschichteter  
Tassenstößel

# Schichtsysteme für tribomechanisch hochbeanspruchte Oberflächen

## Triondur TN

Titannitridbeschichtung.

Beschichtungsprozess

■ PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

■ Hoher abrasiver Verschleißschutz  
 ■ Verschleißschutz von Komponenten im Gleitkontakt.

Übliche Anwendungen

■ Verschleißschutz von Borden in Triebwerkslagern, insbesondere durch den am Bord anlaufenden Käfig.

## Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	TiN (Funktionsschicht)
Farbe	goldfarben
Schichtdicke	2 $\mu\text{m}$ – 5 $\mu\text{m}$
Reibungsreduzierung	bis zu 20% bei Triondur TN/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 000 HV



*Bild 12*  
 Triondur TN-beschichtete  
 Anlaufflächen am Innenring



*Bild 13*  
 Anwendungsbeispiel  
 Aerospace

## Triondur MN

Metalldotierte, nanostrukturierte Molybdänitridschicht.

Beschichtungsprozess

- PVD-Verfahren.

Vorteile, Nutzen

- Verschleißschutz und Reibungsminimierung unter anspruchsvollen Schmierungsbedingungen
- Hohe Härte und sehr niedriger Reibungskoeffizient im Vergleich zu anderen nitridischen Schichten
- Sehr hohe Temperaturbeständigkeit bis zu +600 °C
- Hohe tribochemische Verschleißbeständigkeit.

Übliche Anwendungen

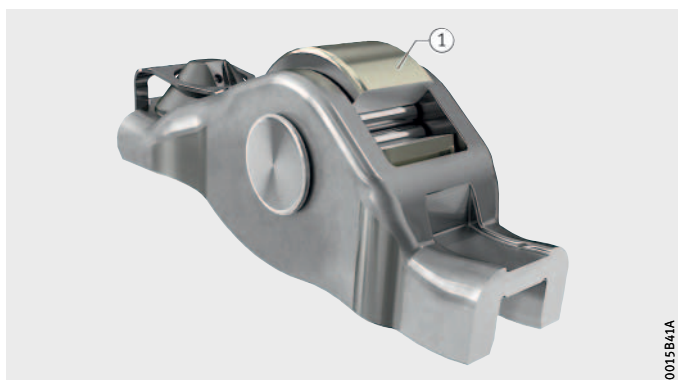
- Wälzlagerkomponenten
- Gleitlagerkomponenten
- Motorenkomponenten.

## Eigenschaften

Merkmal	Beschichtung
Zusammensetzung	CuMoN (Funktionsschicht)
Farbe	silberfarben
Schichtdicke	1 µm – 4 µm
Reibungsreduzierung	bis zu 85% bei Triondur MN/Stahl im Vergleich zu Stahl/Stahl (im trockenen Zustand)
Härte	> 2 200 HV

① Triondur MN-beschichtete Nockenrolle

*Bild 14*  
Nockenrolle im Schleppebel



**Schaeffler Technologies  
AG & Co. KG**

Industriestraße 1–3  
91074 Herzogenaurach  
Deutschland  
Internet [www.schaeffler.de](http://www.schaeffler.de)  
E-Mail [info.de@schaeffler.com](mailto:info.de@schaeffler.com)

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872  
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9132 82-0  
Telefax +49 9132 82-4950

**Schaeffler Technologies  
AG & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30  
97421 Schweinfurt  
Deutschland  
Internet [www.schaeffler.de](http://www.schaeffler.de)  
E-Mail [info.de@schaeffler.com](mailto:info.de@schaeffler.com)

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872  
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0  
Telefax +49 9721 91-3435

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen. Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Ausgabe: 2019, Juli

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

TPI 115 D-D