

# Lesson learnt – Vermeidung von Blattlager- schäden und bewährte Austauschlösungen



Referenten: Werner Schröppel, Geschäftsführer, IMO GmbH & Co. KG  
Johannes Kammer, Leiter Vertrieb Wind, IMO GmbH & Co. KG



**28. WINDENERGIETAGE  
WENN DER WIND SICH  
DREHT...**  
05. BIS 07. NOVEMBER 2019 IN POTSDAM



Besuchen  
Sie uns am  
Stand 166

## IMO im Überblick

- 30 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von Blatt, Azimut- und Hauptlagern
- 45 GW abgeliefert ( $\cong$  ca. 8% der weltweit installierten Leistung)
- > 85.000 Großwälzlager im Feldeinsatz, viele bereits 20 Jahre und mehr

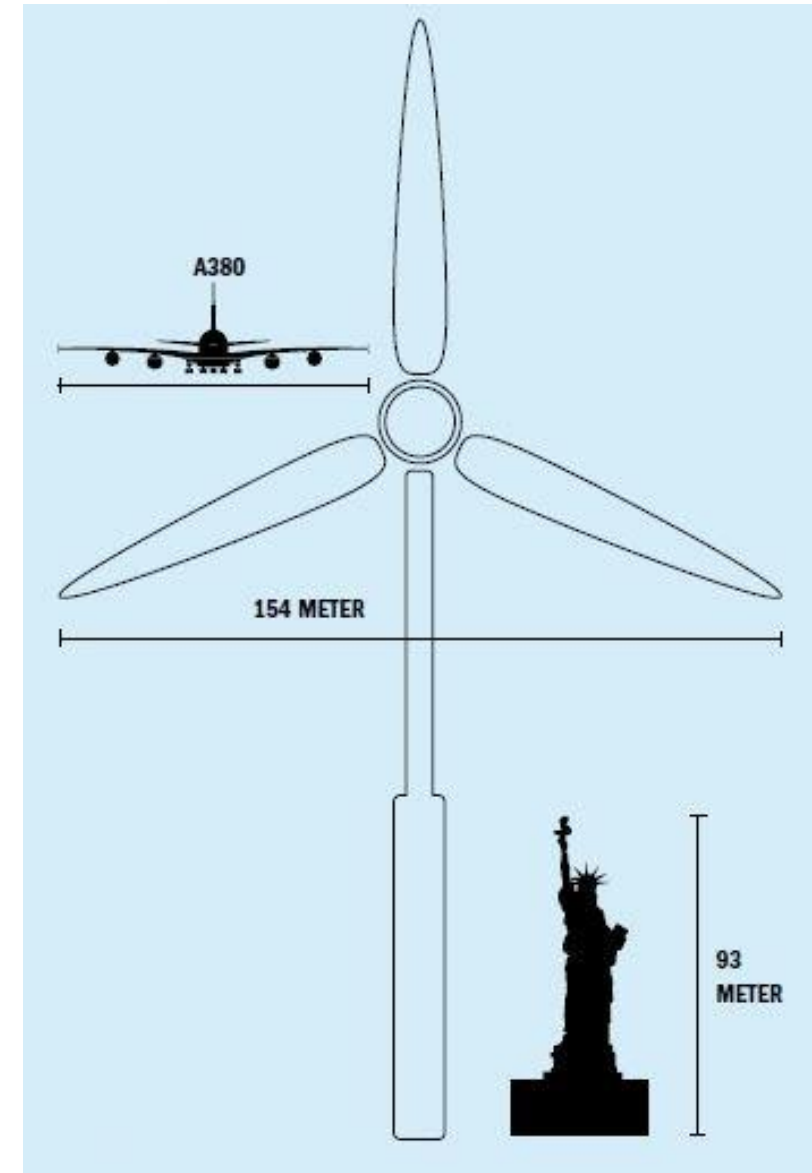


Werke in Gremsdorf bei Nürnberg



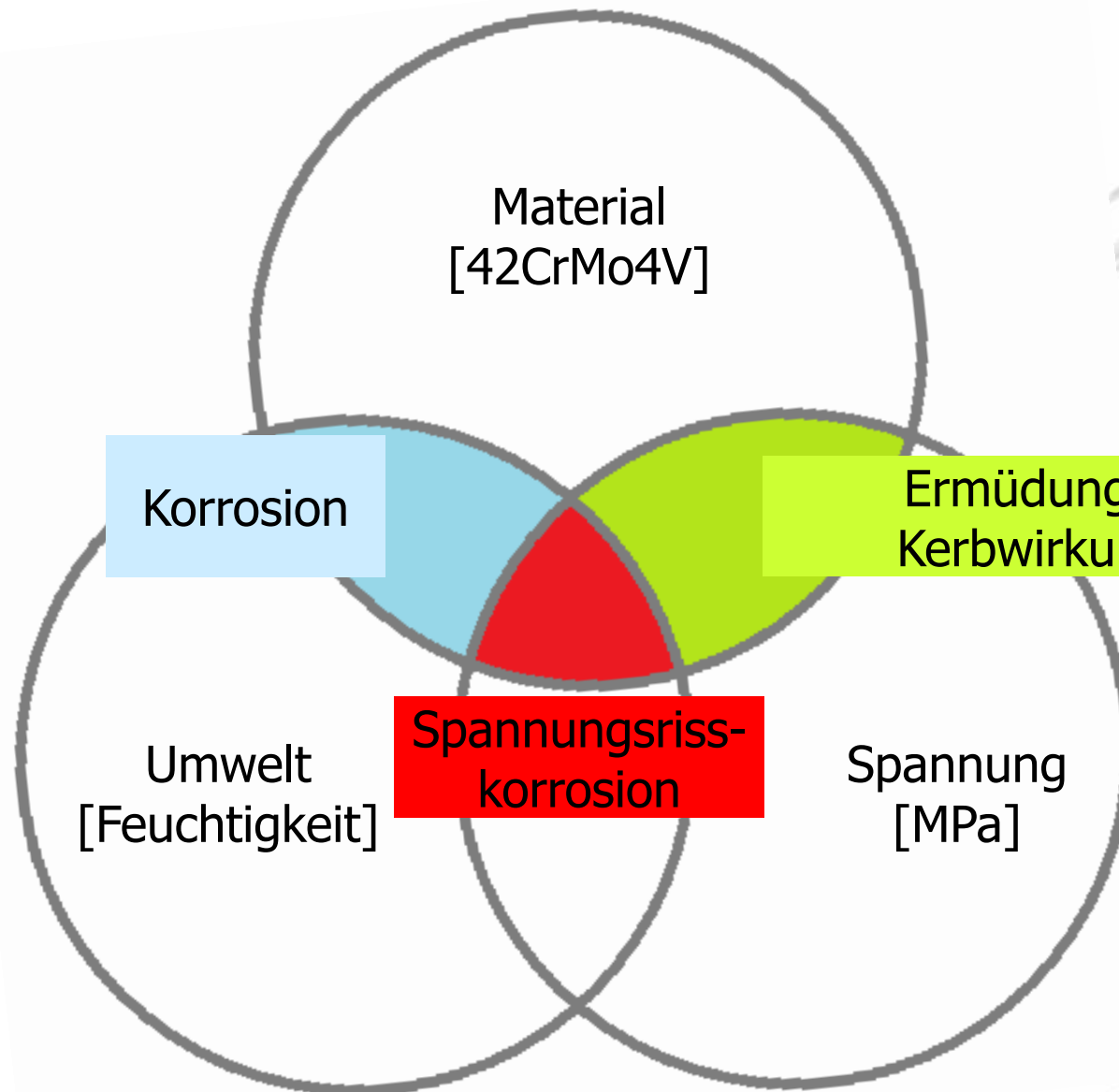
## Welche Anforderungen stellt der Markt?

- Auktionen um die LCOE zu senken
  - treiben Rotordurchmesser und Nabenhöhe
- Höhere Lasten und höhere Lastunterschiede
  - treiben Lagertragfähigkeit
- Effizienzsteigerung zur Erzielung von Wettbewerbsvorteilen
  - lastbasierende Blattverstellung
  - treibt Lagerlebensdauer
- Verlängerte Nutzungsdauer 20 → 25 Jahre
- Experten erwarten
  - Rotoren von 175+ m Onshore
  - Rotoren bis zu 250 m Offshore

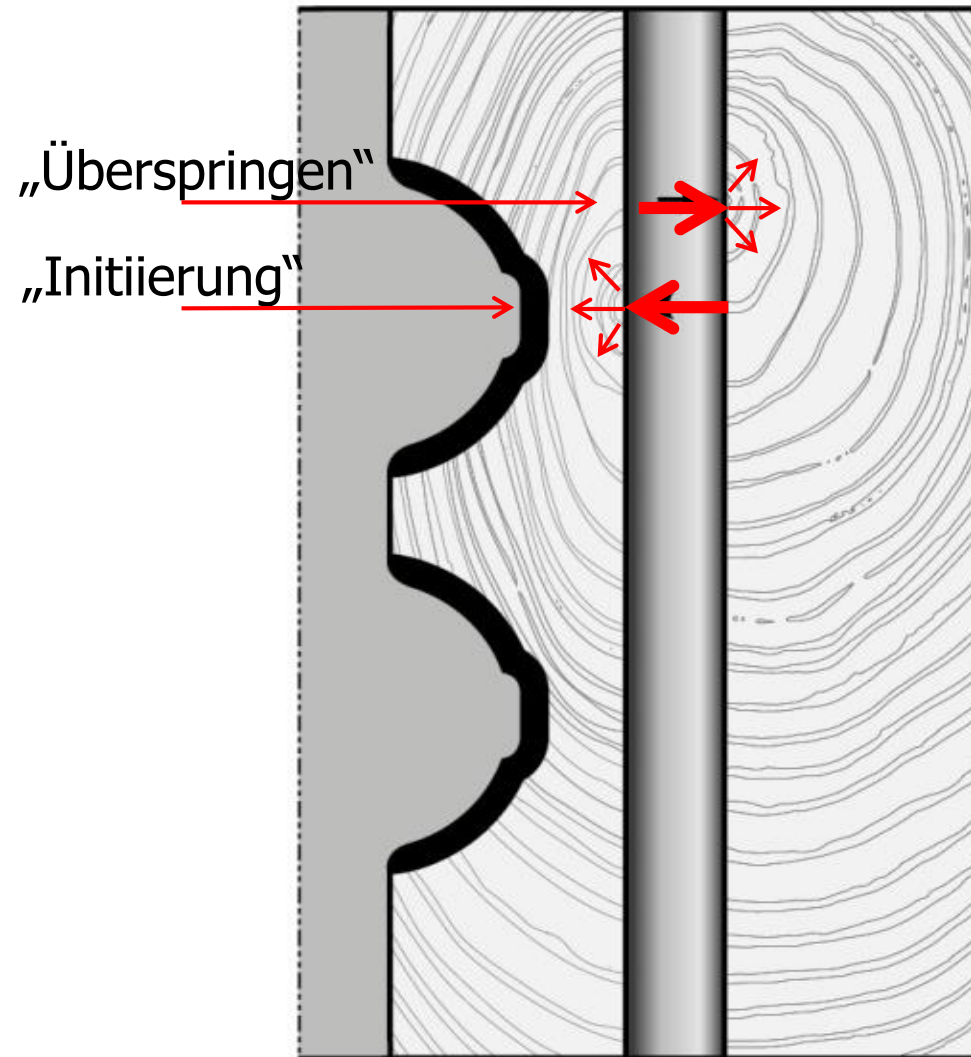




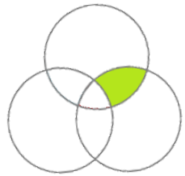
# Wichtige Einflussfaktoren



# Risiko: Spannungsrisskorrosion, Gefahr: Ringrisse, -bruch



## Positionierung Härteschlupf / Füllstopfen



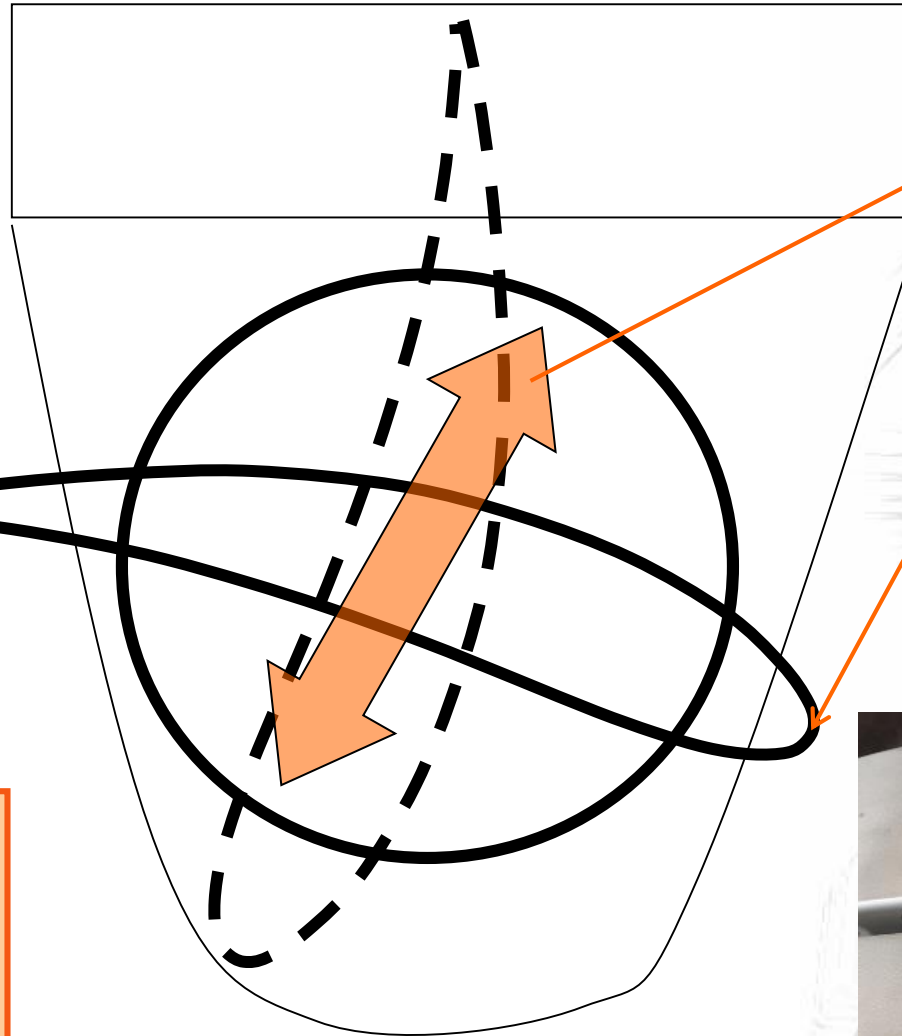
Ermüdung /  
Kerbwirkung

Hinterkante

Hauptlastrichtung  
für aerodynamisches  
Wurzelbiegemoment

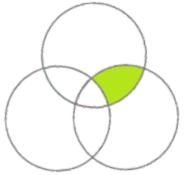
Vorderkante

Die am geringsten  
belastete Zone liegt  
meistens 90° zur  
Hauptlastrichtung

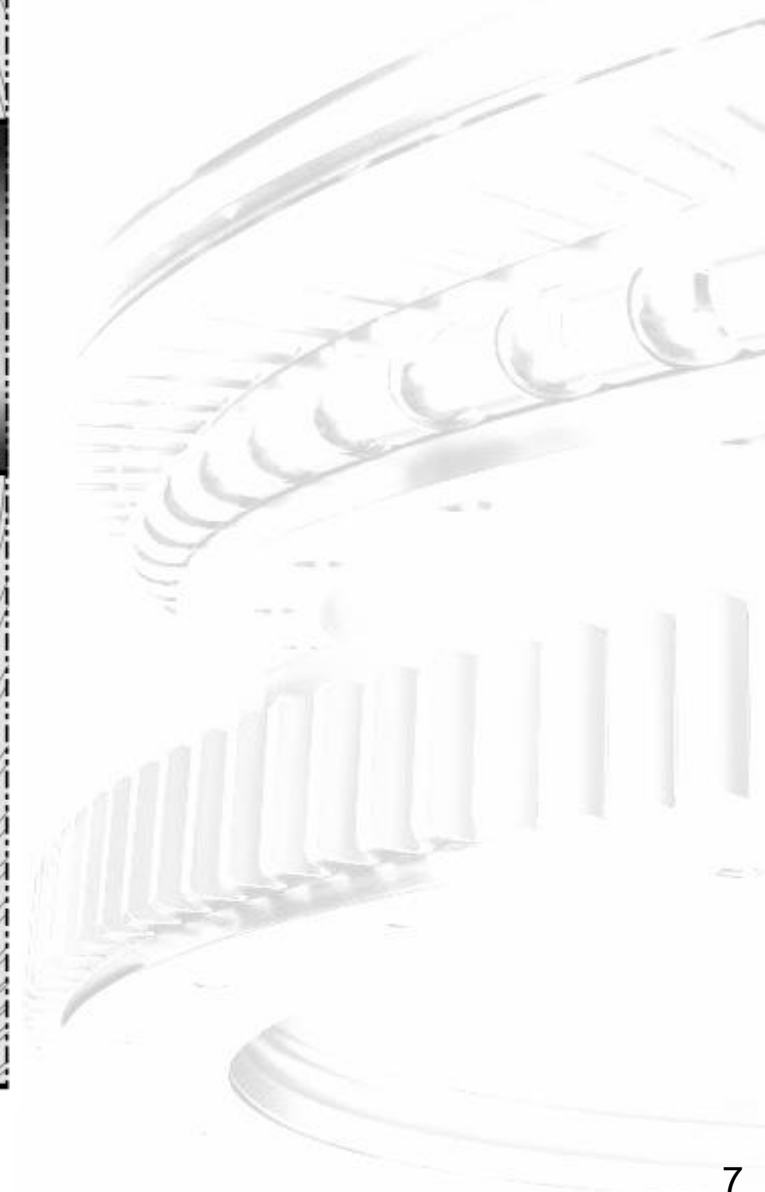
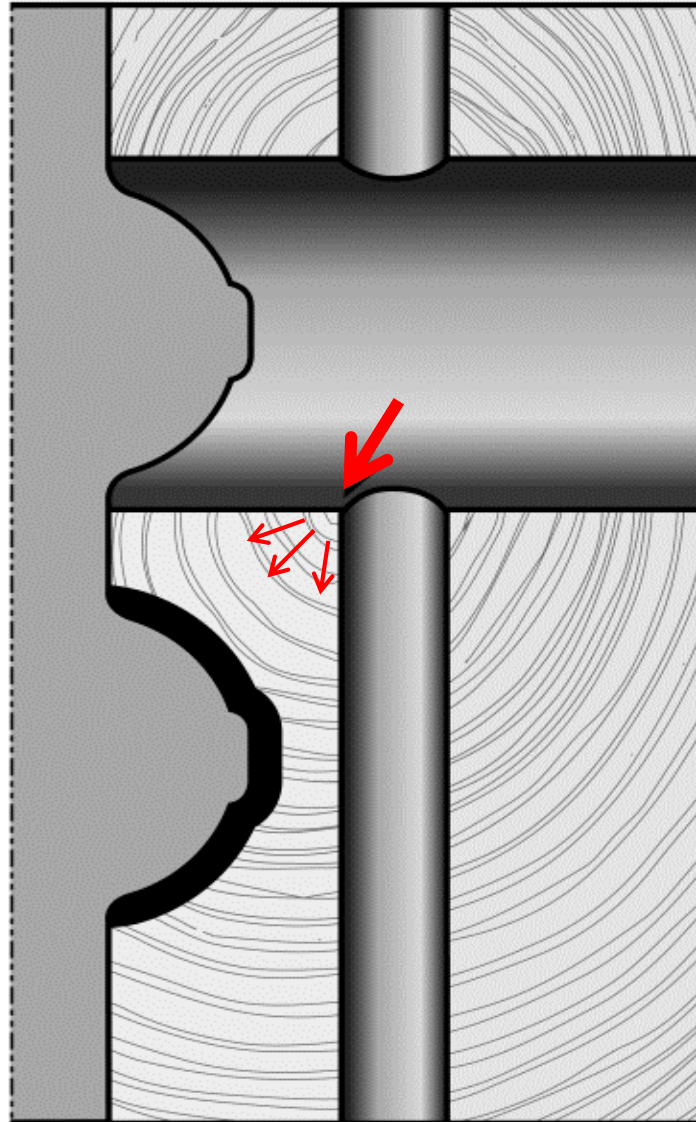


# Risiko: falsche Einbaulage, unzureichende Ermüdungsfestigkeit

## Gefahr: Ringriss, -bruch

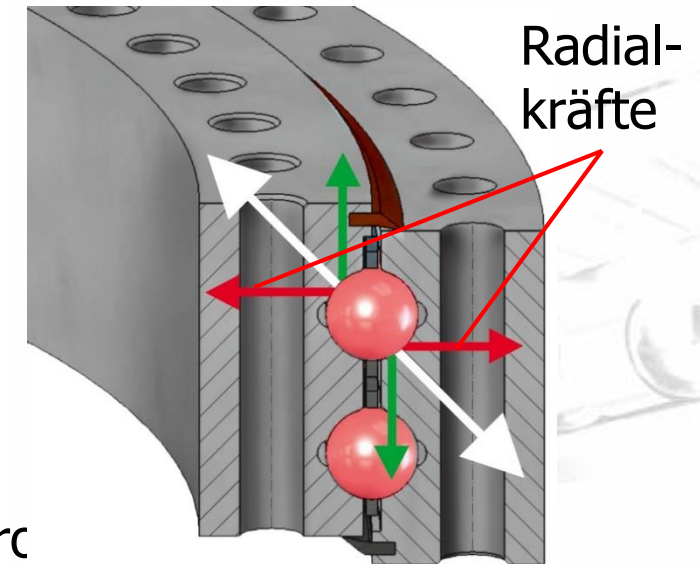


Ermüdung /  
Kerbwirkung



## Grundsätzliche Probleme von Blattlagern mit 4-Punkt-Laufbahngeometrie bei sehr großen Rotoren

- 45° Kontaktwinkel führt zu internen Radialkräften
- Radialkräfte führen zur Ringaufweitung
- Mögliche Konsequenzen:
  - Kantenlauf der Kugeln in Laufbahn
  - Ringspannung überschreitet akzeptables Niveau
  - Höhere Anfälligkeit gegenüber Spannungsrisskorrosion
  - Fettleckage auf Grund von Ringaufweitung



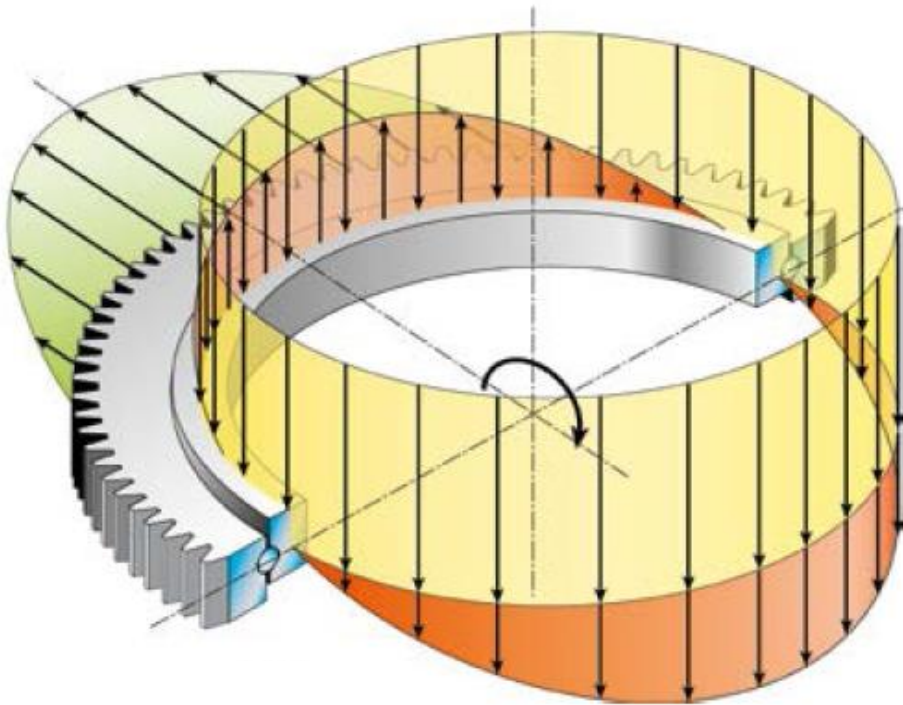
- Fazit:**
- Asymmetrie bei Blattverstellung, häufige Pitch-Fehler, Produktionsverlust
  - Risiko frühzeitig ausfallender Blattlager mit extrem hohen Austauschkosten





# Gefahr: auflaufende Kugelkette

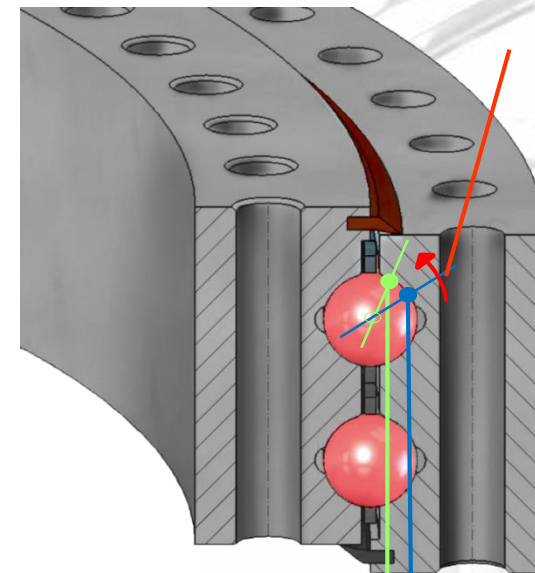
## Belastungssituation



Blattlager unbelastet / Ringe unverformt:  
Tragwinkel:  $45^\circ$

Blattlager belastet / Ringe verformt:  
Tragwinkel:  $> 45^\circ$

## Kugelabrollradius ändert sich unter Last / Verformung



Druckpunkt wandert zur Laufbahnkante

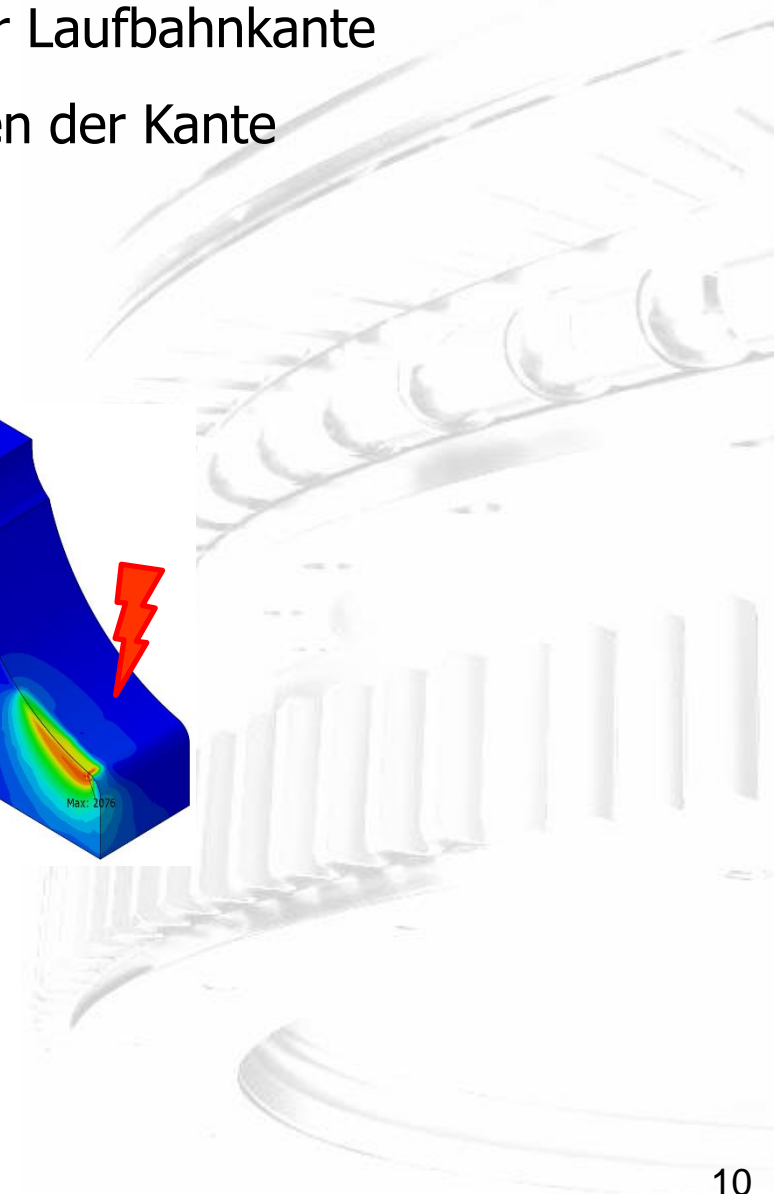
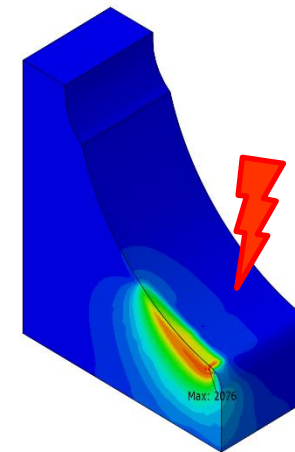
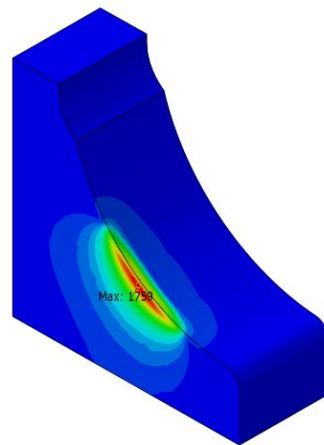
$$\begin{aligned} \vec{r}_1 &> \vec{r}_2 \\ \vec{v} &= \vec{\omega} \times \vec{r} \\ \vec{v}_1 &\neq \vec{v}_2 \end{aligned}$$

$\vec{r}_1$

$\vec{r}_2$

## Risiko: Kantenlauf

- Kugel wandert belastungs- und verformungsbedingt zur Laufbahnkante
- Abschneiden der Druckellipse, lokale Überlast, Abplatzen der Kante



**Lösung:**  T-SOLID AUSTAUSCHSATZ



**Paradigmen-Wechsel:**

Da keine wirksame Versteifung im Feld möglich ist,  
helfen nur Blattlager, die der Verformung trotzen!

## Lösung: T-SOLID AUSTAUSCHSATZ

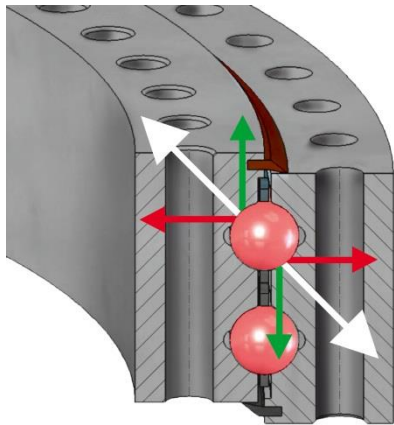
- Neuartige, patentierte Bauform geht die auftretenden Verformungen einfach mit
- Herstellerunabhängige Lösung für alle Anlagen und eingesetzten Blattlager
- Felderprobt in der 2-3 MW Klasse





## T-SOLID AUSTAUSCHSATZ - Was macht den Unterschied?

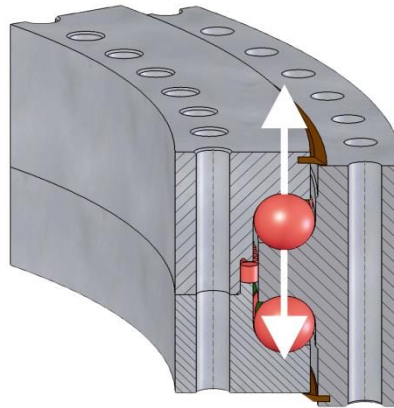
### 2-reihige Kugeldrehverbindung



- Vierpunktlager
- 45° Kontaktwinkel

lastabhängiger Druckwinkel – starke Variation v.a. bei unzureichender Steifigkeit!

### T-SOLID



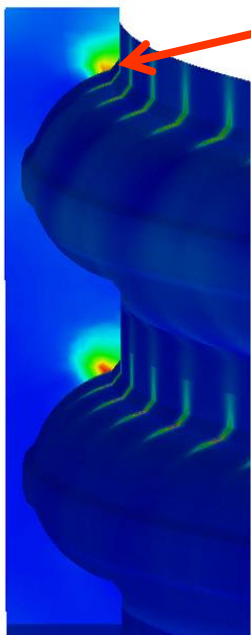
- Wechsellager
- 90° / 0° Kontaktwinkel

von Belastung und Verformung weitgehend unabhängiger Druckwinkel

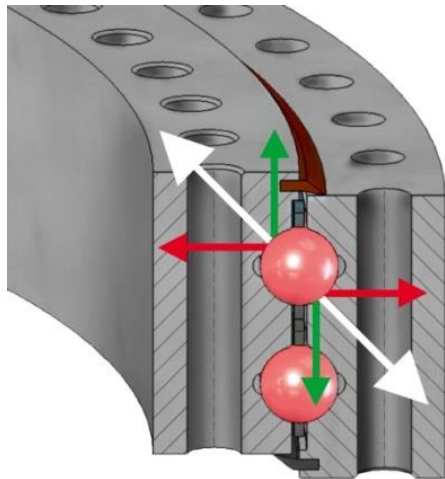


# T-SOLID AUSTAUSCHSATZ

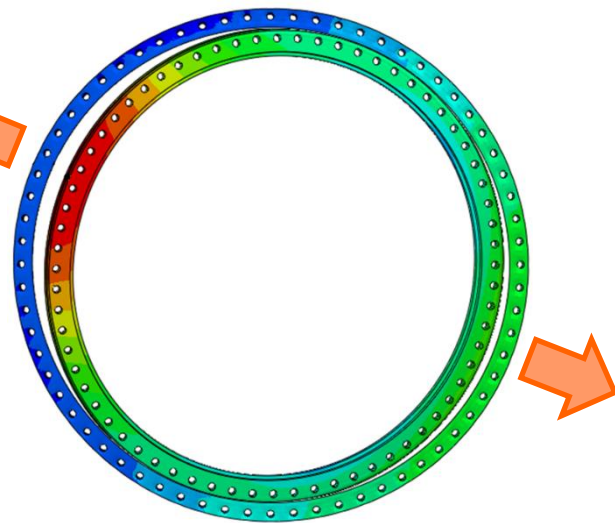
## 4-Punkt-Lager



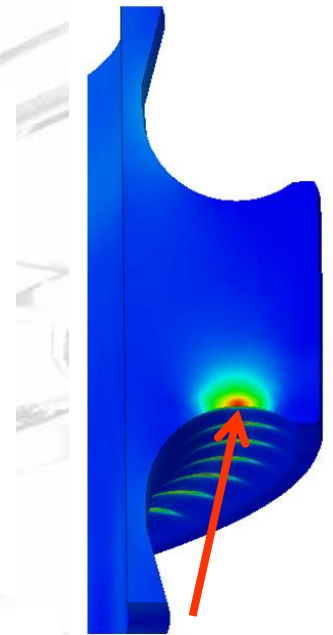
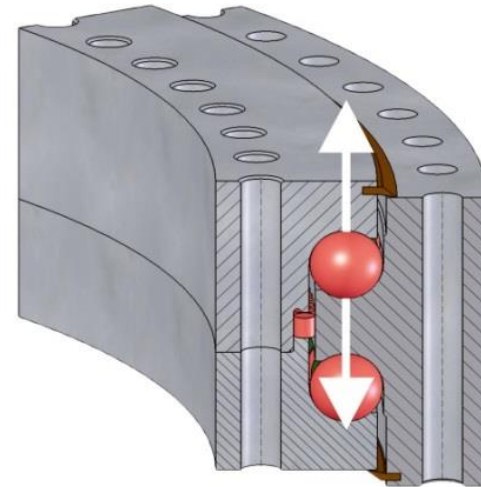
Kantenlauf



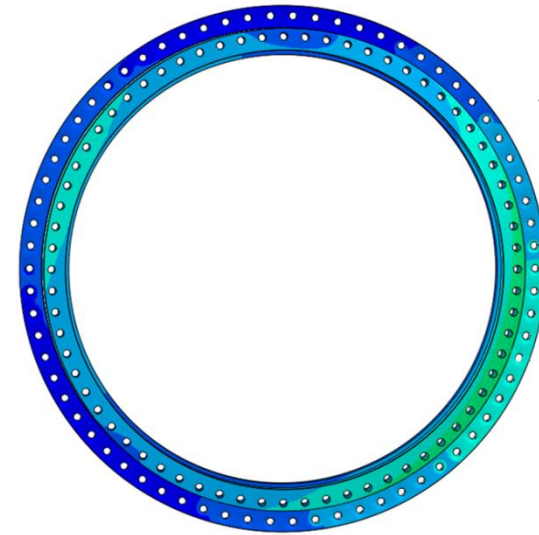
Ovalisierung



## T-SOLID



Druckpunkt verbleibt mittig in Laufbahn!

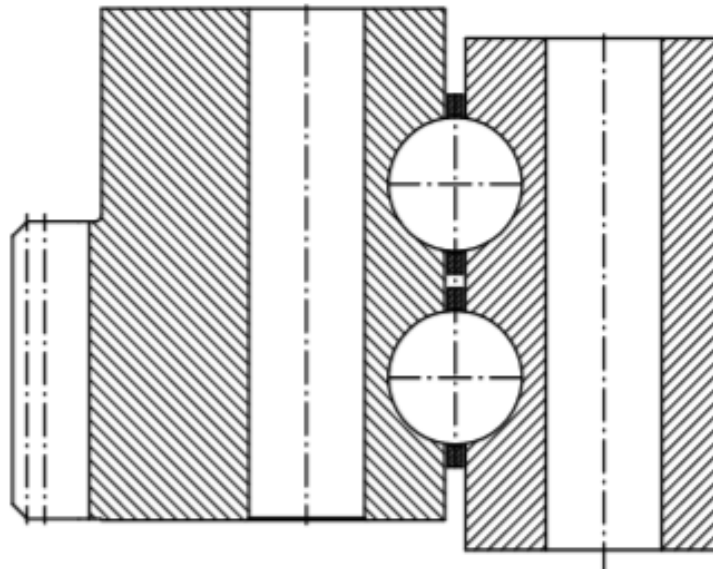


**Lösung:**

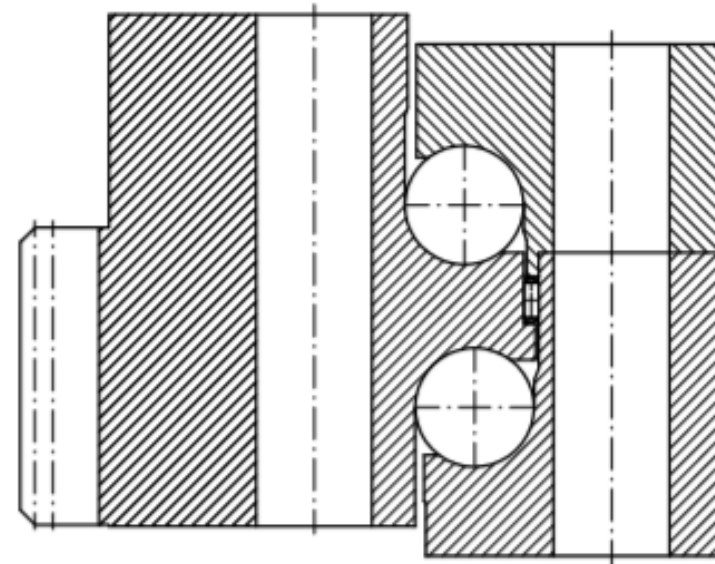


T-SOLID AUSTAUSCHSATZ

4-Pkt-Lager



T-SOLID



- gleiche Anschlussmaße für Blatt, Nabe und Getriebeeingriff
- identische 'form, fit & function'



## Lösung:



## T-SOLID AUSTAUSCHSATZ



„Wir sind mit dem T-Solid Blattlager sehr zufrieden. Alle von unserer technischen Abteilung durchgeführten Tests bestätigen die Effizienz dieses Lagers. Es läuft auf unserem 100m Rotor seit August 2018 ohne jegliche Probleme.“

Wir empfehlen T-Solid definitiv weiter.“

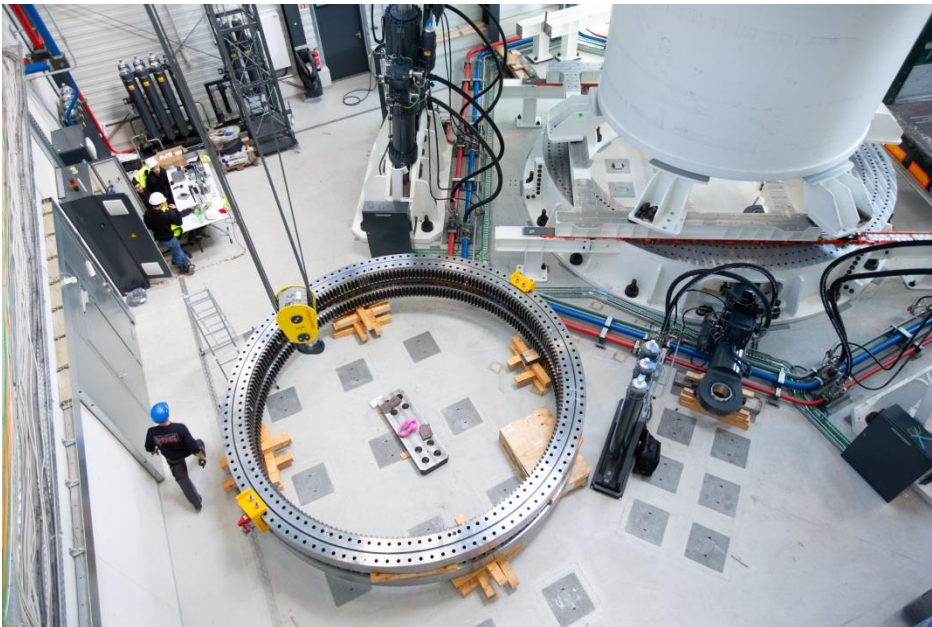
Gabriel Negrescu, CEO Tomis Team – Teil der CEZ Group in Rumänien





## Blattlagerprüfung in neuer Dimension

- Beschleunigter Blattlagertest (highly accelerated pitch bearing test – HAPT)  
→ 20 Jahre in 6 Monaten
- IMO ist Industriepartner des FhG IWES und der Uni Hannover
- Teststand in Hamburg-Bergedorf bereits in Betrieb



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

## Fragen? Stand 166!

Kontakt:

werner.schroepfel@imo.de

Tel. +49 9193 6395 1481

johannes.kammer@imo.de

Tel. +49 9193 6395 3126

IMO GmbH & Co. KG

Imostr. 1

91350 Gremsdorf

Telefon: +49 9193 6395-3126

Telefax: +49 9193 6395-1140

E-Mail: wind@imo.de

www.imo.de

http://www.t-solid.de

