



Tribo Technologies

APPLICATIONS FOR HIGHER EFFICIENCY

SIMULATION
TESTING
ANALYSES
TEST RIGS

www.tribo-technologies.com

TriboTechnologies

APPLICATIONS FOR HIGHER EFFICIENCY

Innovative Tribologie für Ihr Unternehmen

Wenn es um Tribologie, also Reibung, Schmierung und Verschleiß geht, sind wir Ihr Partner. Tribologische Fragestellungen erfordern ein Systemverständnis, welches wir für Ihr Produkt gemeinsam mit Ihnen erarbeiten. Die von uns eingesetzten Technologien, deren Kombination und die Flexibilität eines agilen Unternehmens garantieren Ihnen erstklassige Lösungen für Ihr Produkt. Probieren Sie es aus!

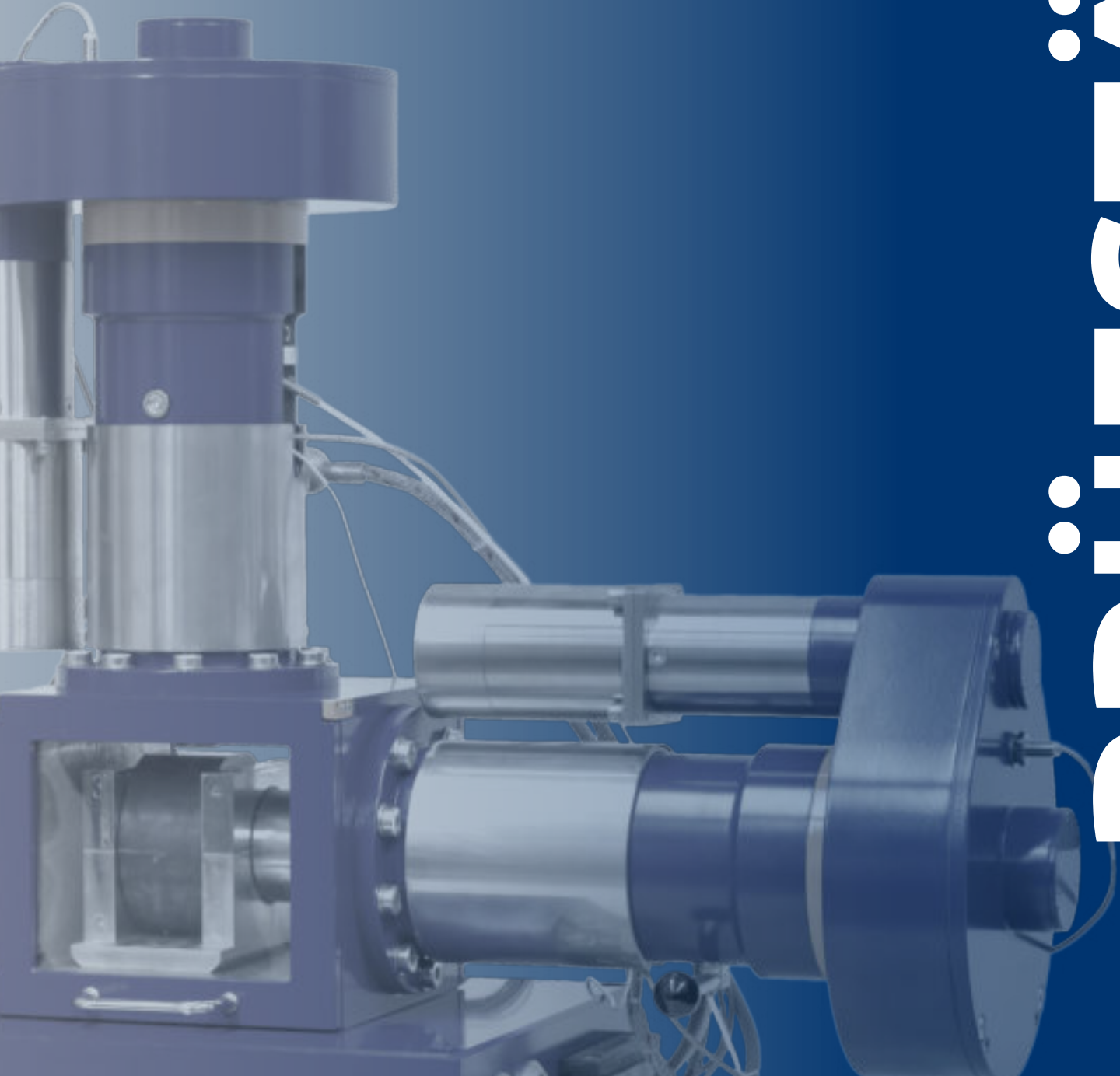
Was Sie von uns erwarten können

Wir sind Ingenieurdienstleister mit Kompetenzen in der numerischen Simulation, der Software- und Prüfstandsentwicklung sowie bei Prüfdienstleistungen, Schadensanalysen und in der Beratung. Dieses breite Kompetenzportfolio kombinieren wir bedarfsgerecht, damit Ihre Produkte getreu unserem Slogan „Applications for higher Efficiency“ stetig verbessert werden können. Hierbei legen wir großen Wert auf nachhaltige und zukunftsfähige Lösungen.

Wir verfolgen das Ziel, die jeweils neuesten Methoden, Erkenntnisse und Entwicklungen aus der Tribologieforschung in die Praxis zu überführen. Um dies zu gewährleisten, besteht eine enge Verzahnung zum Lehrstuhl für Maschinenelemente und Tribologie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Unser Qualitätsmanagementsystem ist nach **ISO 9001:2015** zertifiziert. Mit dem Fokus auf eine hohe Kundenzufriedenheit entwickeln wir unsere Leistungen und Prozesse kontinuierlich weiter.

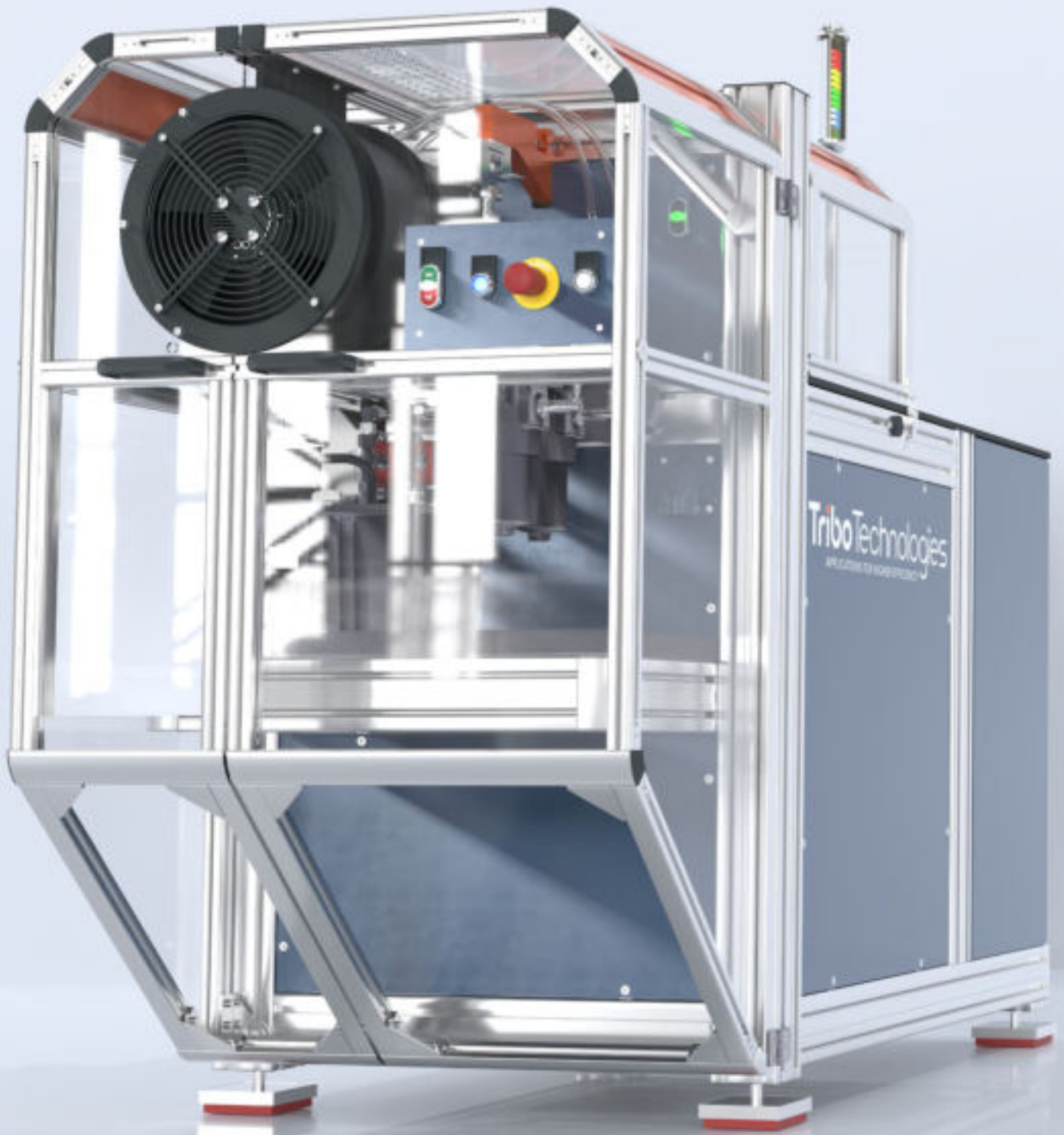




PRÜFSTÄNDE

FE8 Wälzlagerprüfstand

nach DIN 51819-1



Verschleiß- und Ermüdungsversuche
nach Norm

Modernes Bedienkonzept

Kundenindividuelle Prüfprogramme

Anpassungen nach Kundenwunsch

Standard für die Schmierstoffprüfung

Der FE8 Wälzlagerprüfstand nach DIN 51819-1 ist mit einem fliegend gelagerten Prüfkopf ausgestattet und dient der mechanisch-dynamischen Prüfung von Schmierölen und Schmierfetten unter praxisähnlichen Bedingungen. Der Verschleiß der Wälzlagererelemente, das Reibungsverhalten während der Prüfung und das Auftreten von Ermüdungsschäden an den Wälzlagererelementen werden zur Eignungsbeurteilung von Schmierstoffen herangezogen.

Unser moderner und ergonomisch durchdachter Prüfstand erfüllt die europäische Maschinenrichtlinie 2006/42/EG auf hohem Niveau. Die gesamte Elektronik ist vollständig integriert, sodass eine problemlose Inbetriebnahme (Plug and Play) im Prüffeld möglich ist. Durch sein modernes Steuerungs- und Regelungskonzept kann er mit einem mobilen Endgerät wie Tablet oder Laptop direkt vor Ort oder von extern konfiguriert und überwacht werden. Ein Teil der Tätigkeiten lässt sich so aus dem Prüffeld in das Büro verlagern.

Das gewünschte Prüfprogramm lässt sich auf einfache Weise individuell erstellen und anpassen. Die wichtigsten Prüfnormen und Prüfvorschriften sind in der Software bereits vorkonfiguriert, sodass ohne großen Aufwand in die Prüfung eingestiegen werden kann.

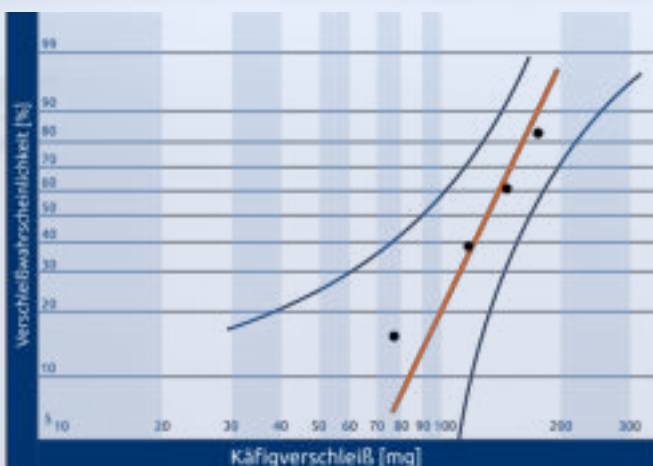
Der Prüfkopf kann mit einem Messsystem zur Analyse des auftretenden Körperschalls ausgestattet werden, mit welchem zuverlässig Ermüdungsschäden detektiert werden können (Condition Monitoring). Auf diese Weise kann der Prüflauf im frühen Stadium der Schadensentstehung beendet werden.

Für oszillierend betriebene Anwendungen, z.B. fettgeschmierte Wälzlager, steht eine Oszillations-einheit zur Verfügung. Ein rascher Wechsel zwischen rotierendem und oszillierendem Betrieb ist problemlos möglich.

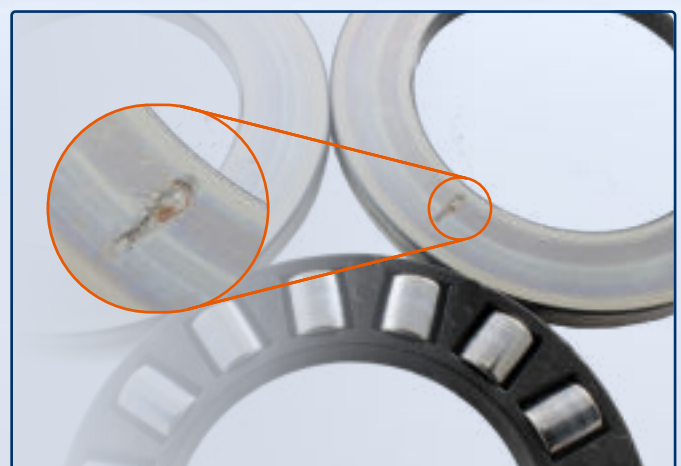
Prüfprogramme

- Verschleißtest nach DIN 51819-2 und DIN EN 14865-1 für Fette
- Verschleißtest nach DIN 51819-3 für Öle
- Pittingtest nach VW PV 1483 für Getriebeöle
- Pittingtest nach ZF 0000 702 232 für Getriebeöle
- White Etching Crack (WEC) - Test nach FVA 707 für Öle
- Frei wählbare Prüfprogramme
- Prüfung von oszillierenden Wälzlagern

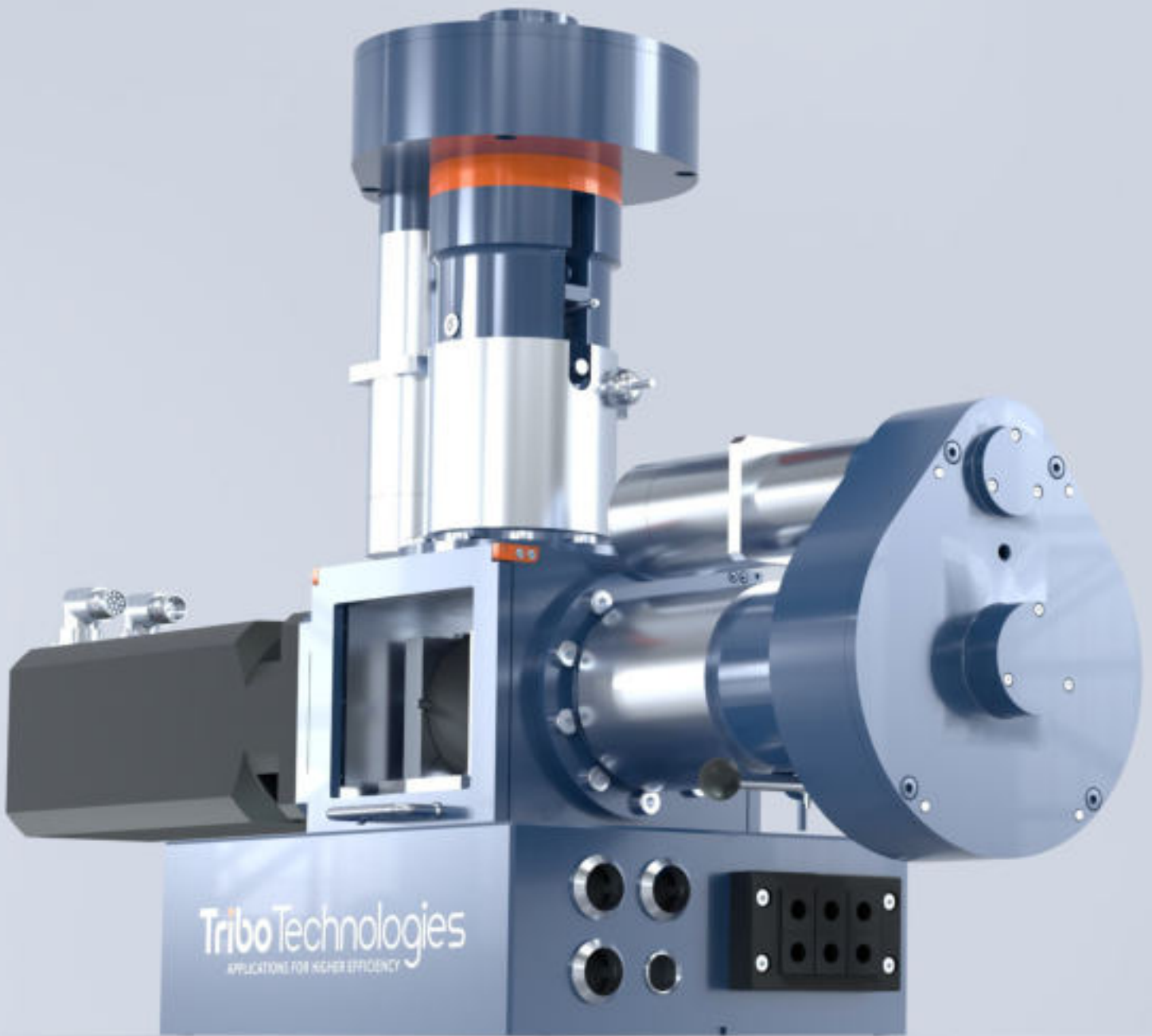
Käfigverschleiß (DIN 51819-3)



Pittingschaden (ZF 0000 702 232)



False Brinelling Prüfstand



Dynamische radiale und/oder axiale Belastung

Oszillierender und rotierender Betrieb

Prüftemperaturen von -40°C bis 40°C in Klimakammer

Vorkonfigurierte (FVA 540) und frei wählbare Prüfprogramme

Schräg-, Rillenkugel- und Kegelrollenlager prüfbar

Modernes Bedienkonzept

Schmierstoffprüfung für Mikrobewegungen

Bei Wälzlagern kann es zu False Brinelling Schäden kommen, wenn ein stehendes Lager dynamischen Belastungen und/oder Schwenkbewegungen mit sehr kleinen Amplituden ausgesetzt ist.

Die dynamischen Belastungen und sehr kleinen Schwenkbewegungen können beispielsweise durch Maschinen- und Aggregateschwingungen, aber auch beim Transport von Maschinen oder Fahrzeugen auf der Straße, der Schiene und dem Schiff erzeugt werden. False Brinelling hat das Potenzial, die Lebensdauer von Wälzlagern erheblich zu reduzieren. Darüber hinaus können False Brinelling Schäden zu erhöhten Lärmemissionen führen, die sich negativ auf die Performance von Maschinen auswirken.

Beim False Brinelling kommt es zu Relativbewegungen der beteiligten Kontaktpartner in der Hertz'schen Kontaktzone, was zu Schädigungen der Oberflächen der Wälzkörper und Wälzlagerringe führt.

Maßnahmen zur Reduzierung von dynamischen Belastungen und Mikrobewegungen sind häufig sehr kostspielig und können False Brinelling Schäden nicht immer im gewünschten Umfang reduzieren. Effektiver und wirtschaftlicher ist der Einsatz von Schmierstoffen, die gezielt die Bildung von False Brinelling Schäden verhindern können.

Unser moderner False Brinelling Prüfstand sowie die eingesetzten Prüfmethode und Bewertungskriterien haben sich in der Industrie etabliert und werden zur Bewertung von Schmierstoffen und zur Untersuchung des Einflusses von Betriebsbedingungen auf False Brinelling Schäden eingesetzt.

Erfahrungen und eine Vielzahl von Untersuchungen zeigen, dass die Entstehung von False Brinelling Schäden bei tiefen Temperaturen ausgeprägter ist. Zur Untersuchung bei tieferen Temperaturen kann der False Brinelling Prüfstand in einer Klimakammer vollautomatisiert betrieben werden.

Zur Bewertung von False Brinelling Schäden haben sich der korrosive Angriff, das Verschleißvolumen und die Verschleißtiefe bewährt. Mit unserer **Wear Analyzer Software** können False Brinelling Marken hinsichtlich Verschleißvolumen, Materialauftrag und Verschleißtiefe ausgewertet werden.

False Brinelling-Marken auf Lagerinnenring



False Brinelling-Marken für verschiedene Schmierstoffe

Schmierstoff A



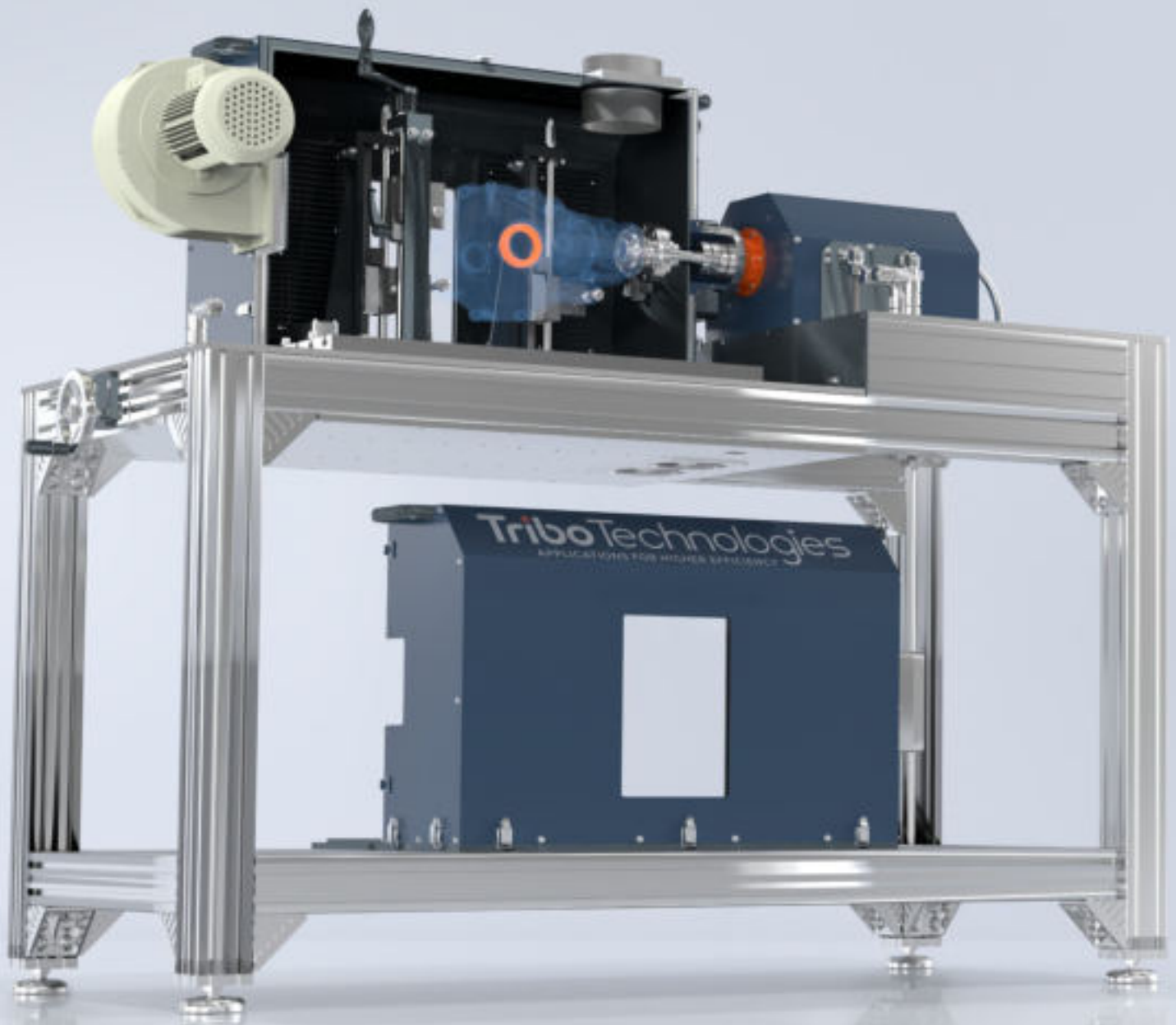
Schmierstoff B



Schmierstoff C



Prüfstände im Kundenauftrag



Beispiel für einen im Kundenauftrag entstandenen Prüfstand
Radialwellendichtring-Prüfstand zur Analyse des Leckageverhaltens von
Dichtungen

Ihr Partner, wenn es um Tribologie geht

Als Betreiber von tribologischen Prüfständen wissen wir sehr genau worauf es bei der Entwicklung und dem Bau von Prüfständen für tribologische Untersuchungen ankommt. Neben standardisierten Prüfständen konstruieren und bauen wir auch Sonderprüfstände im Kundenauftrag. Ob Reibungs-, Verschleiß- oder Lebensdauerprüfstände, nennen Sie uns Ihre Anforderungen und wir setzen diese um. Unser Serviceangebot rund um den Prüfstandsbau:

- Konzeption und Entwicklung
- Konstruktion, Schaltplanerstellung und Bau
- Entwurf und Programmierung der Prüfstandssoftware
- Lieferung, Inbetriebnahme und Einweisung
- Beratung bei der Auswahl von Analysemethoden für die geprüften Komponenten
- Wartung und Reparatur

Sie haben einen Prüfstand, der nicht mehr Ihren aktuellen Anforderungen entspricht? Gerne übernehmen wir die Überarbeitung Ihres Prüfstands.

Beispiel 1: Radialwellendichtring-Prüfstand

Die Prüfung und Analyse von Dichtungen hinsichtlich Leckageverhalten, Schmierstoffverträglichkeit oder Robustheit gegenüber einwirkenden Medien oder Partikeln ist ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung von Dichtungssystemen. Eine gutes Leckageverhalten wird erreicht, wenn das Dichtungssystem, bestehend aus Dichtung, Welle, abzudichtendem Medium und Umgebungseinflüssen, genau aufeinander abgestimmt ist.

Um aussagekräftige Ergebnisse für eine Dichtung zu erhalten, sind realistische Einbau- und Prüfbedingungen erforderlich. Für die Dichtungen von Getrieben haben wir einen Prüfstand nach Kundenvorgabe für die Untersuchung von Radialwellendichtringen (RWDR) mit folgenden Eigenschaften entwickelt (linkes Bild).

- Untersuchung von Achs- und Elektrogetrieben
- Drehzahlen bis 26.000 rpm
- Prüftemperaturen von 30 °C ... 200 °C
- beliebig definierbare Prüfbedingungen
- Leckagedetektion durch Bildauswertung

Neben der Online-Leckagedetektion während der Prüfung ist der Verschleiß der Dichtlippe eines Radialwellendichtringes nach Versuch von Interesse. Zur Bewertung des Dichtlippenverschleißes kann eine optische Bewertung der verschlissenen Dichtlippe sowie eine Ermittlung des Verschleißes herangezogen werden.

Beispiel 2: Reibbelag-Prüfstand

Reibbeläge kommen in Reibungskupplungen oder Bremsen zum Einsatz. Reibungskupplungen sind vielfach als Reibungsschaltkupplungen ausgeführt, die in Fahrzeuganwendungen eine robuste Regeltüte und einen guten Schaltkomfort aufweisen müssen. Beide Kriterien erfordern einen positiven Gradienten der Reibungszahl. Dieser liegt vor, wenn die Reibung mit steigender Relativgeschwindigkeit zunimmt. Zur effizienten Vorauswahl geeigneter Reibbeläge und Reibpaarungen können Komponentenprüfstände mit anwendungsnahen Prüfbedingungen eingesetzt werden.

Für die Komponentenprüfung der Paarung Reibbelag/Reibgegenpart wurde eine bei einem Kunden vorhandene Prüfstandsinfrastruktur, bestehend aus Maschinenbett und Antriebsmotor, für die Prüfapplikation umgebaut und weist folgende Eigenschaften auf:

- dynamische Prüfbedingungen
- Prüftemperaturen bis 400 °C
- Online-Verschleißmessung
- beliebig definierbare Prüfprogramme

Eine detaillierte Analyse der Reibpartner im Versuch sowie eine nachgelagerte werkstoffliche und chemische Analyse der Reibpartner ermöglicht ein besseres Verständnis der im Kontakt ablaufenden Prozesse und eine Einordnung der im Versuch beobachteten Effekte.

ANALYSE SOFTWARE



Wear Analyzer

Die Vermessung von Verschleißmarken kann mit konventionellen Analysetools aufwändig sein. Gekrümmte Oberflächen und eine Überlagerung der Verschleißzone durch die technische Rauheit der Oberfläche können eine reproduzierbare Bewertung von Verschleißzonen schwierig gestalten.

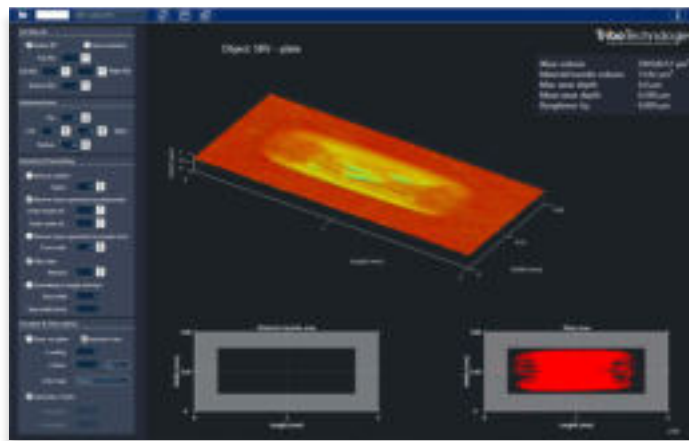
Mit unserer Wear Analyzer Software können beliebige Verschleißmarken aus unterschiedlichen Versuchen auf Basis von 3D-Messungen schnell und einfach analysiert werden. Dabei werden relevante Berechnungsgrößen automatisiert berechnet:

- Verschleißvolumen
- Auftragsvolumen
- Verschleißtiefe

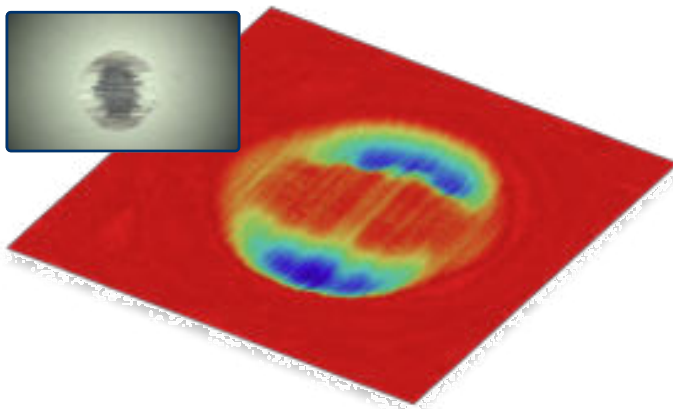
Die Analyse der Verschleißmarken kann dabei direkt auf Basis der Messdaten des Messgeräts erfolgen. Zuschnitt und Abwicklung der gekrümmten Makrogeometrie sowie eine Filterung der Oberflächendaten kann unmittelbar in der Software vorgenommen werden.

Ist das Analysesystem für eine Probe eingestellt, können automatisiert mehrere Oberflächenscans unter identischen Analysebedingungen ausgewertet und der Arbeitsaufwand bei der Vermessung und Analyse reduziert werden.

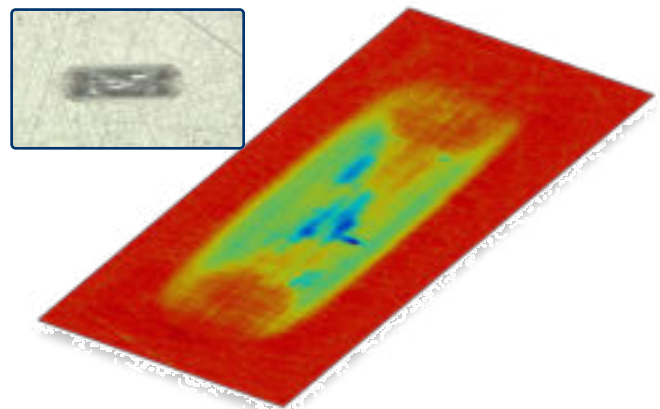
Benutzeroberfläche des Wear Analyzer



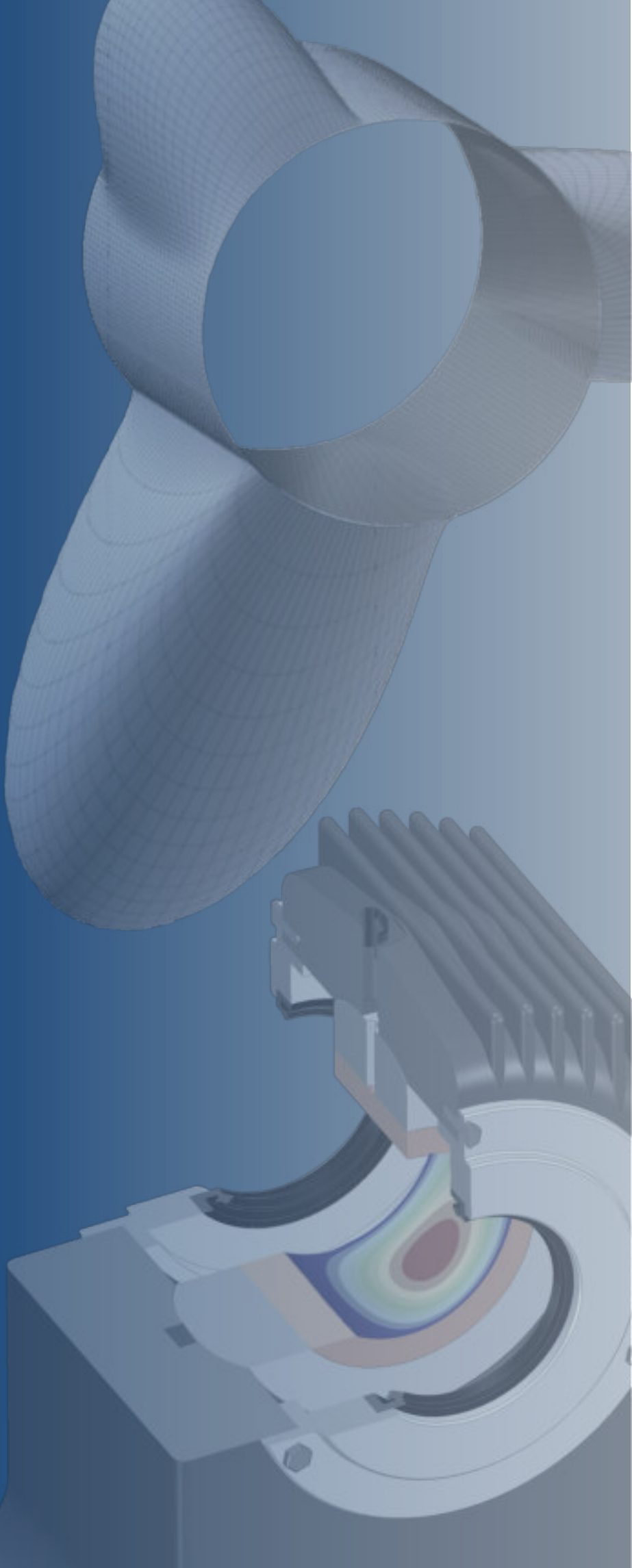
Analyse der Verschleißmarke der Kugel nach SRV-Versuch



Analyse der Verschleißmarke der Flachprobe nach SRV-Versuch



Tribbo-X

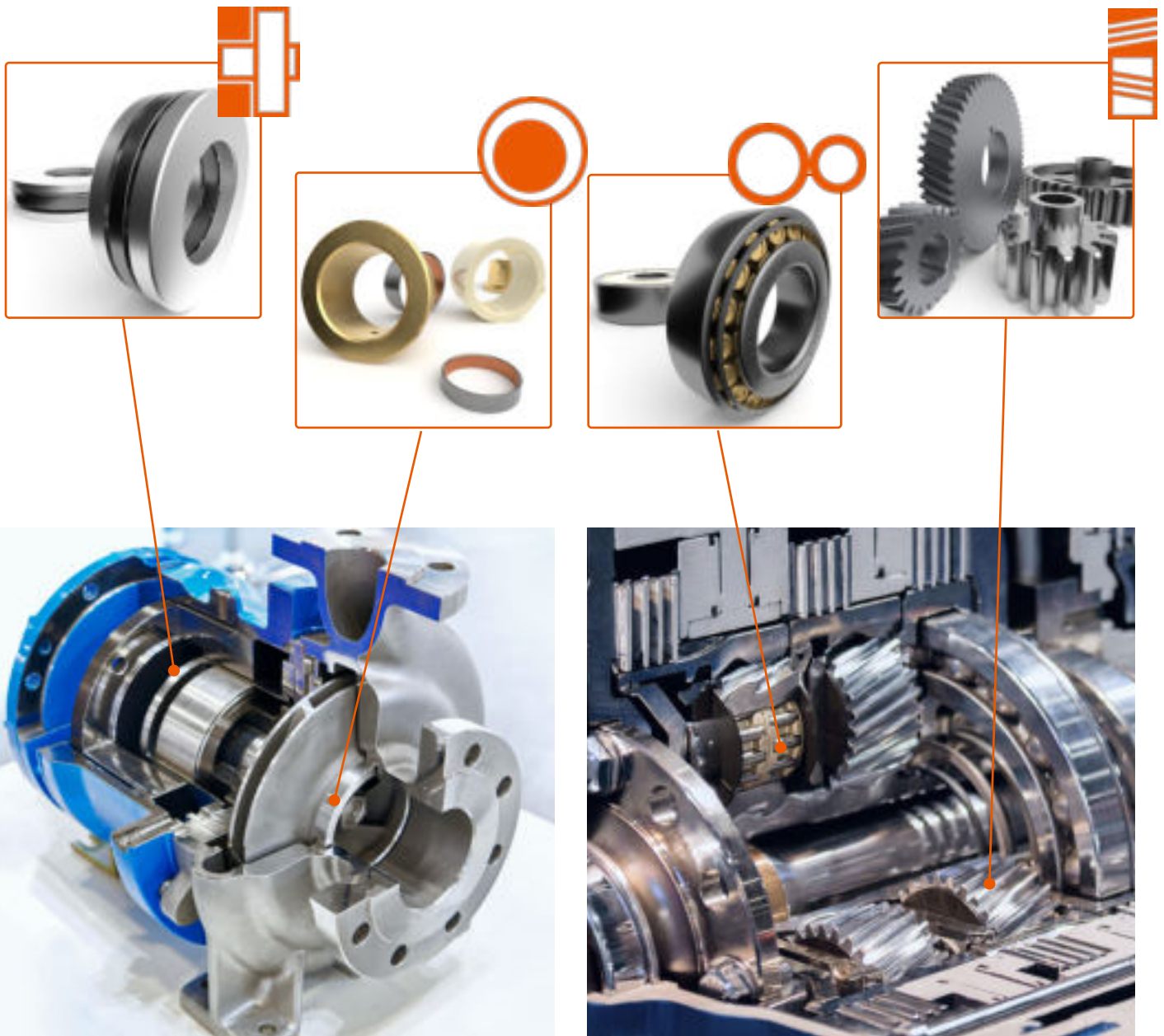


Schmierungssimulation

Tribo-X ist eine Simulationssoftware zur Berechnung von geschmierten Maschinenelementen und eignet sich für die Anwendung im Bereich der Forschung und Produktentwicklung, zur Analyse von Bauteilschäden sowie für die Produktoptimierung.

Durch einen vollständig gekoppelten Multiphysik-solver können geschmierte Kontakte mittels Thermo-Elastohydrodynamik (TEHD)-Simulation abgebildet werden. Die Analyse wird durch leistungsfähige Modelle zur Abbildung von Effekten, die für die Vorgänge im Spalt wesentlich sind, ergänzt. Dies ermöglicht die Bewertung des Schmierzustands, der tribologischen Beanspruchungen, der Temperaturen und der Reibung in Abhängigkeit der jeweiligen Betriebsbedingungen.

Tribo-X legt den Fokus auf kleinste geschmierte Spalte und ermöglicht den Einsatz als numerische Lupe für die Bewertung von konzentrierten Kontakten wie sie in Verzahnungen, Nockenkontakten oder Wälzlagern auftreten sowie für konforme Kontakte wie sie in Radial- und Axialgleitlagern oder Kolben- und Zylinder-systemen vorkommen. Die Auslegung dieser Systeme ist oftmals erfahrungsbasiert und nur mit umfangreichen und teuren Komponentenversuchen möglich. Tribo-X ist ein effizientes Simulationswerkzeug, das Sie bei der Auslegung und Optimierung von geschmierten Systemen unterstützt und somit unmittelbar kostenintensive Prüfungen von Maschinenelementen reduzieren kann. Tribo-X ist modular aufgebaut und kann auf die in Ihrem Unternehmen hergestellte Produktpalette angepasst werden.



Alles in einem Tool

Der Schmierzustand wird durch eine Vielzahl von Effekten beeinflusst. Soll ein geschmiertes Maschinenelement richtig dimensioniert und analysiert werden, sind diese Effekte in der Simulation zu berücksichtigen.

Neben einem leistungsfähigen Multiphysiksolver, der die Strömung, elastische Verformungen und die Erwärmung im Schmierpalt berücksichtigt, kommen weitere Modelle zum Einsatz, die es ermöglichen, bei kleinen Schmierpalt auch den Einfluss der Oberflächenrauigkeiten auf die Schmierpaltströmung und die Entstehung von Festkörperkontakten zu berücksichtigen.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Schmierstoff und seinen Eigenschaften zu, die sich in Abhängigkeit der Verhältnisse im Spalt temperatur-, druck- und schergefälleabhängig verändern.

In Tribo-X können die Eigenschaften des Schmierstoffs genau beschrieben werden, um die Tragfähigkeit und Reibung des Systems richtig vorhersagen zu können.

Oberflächenbeschichtungen werden in tribologischen Systemen häufig eingesetzt, um Reibung und Verschleiß zu reduzieren. Tribo-X bietet die Möglichkeit, ein oder mehrere Schichten auf den Bauteiloberflächen zu berücksichtigen und so deren Einfluss auf den Kontakt abzubilden sowie die Beanspruchung der Einzelschichten zu analysieren. Damit schafft es die Grundlage für die Optimierung von Schichtsystemen für Ihre Anwendung.

Die in Tribo-X verfügbaren Modelle entsprechen dem neuesten Stand der Technik und stellen eine zuverlässige Auslegung von geschmierten Systemen sicher.

Erwärmung
Mischreibung
Verschleißsimulation
Oberflächenbeschichtungen
Beliebige Oberflächenkonturen
Simulation dynamischer Systeme
Steifigkeits- und Dämpfungskoeffizienten
Nicht-Newton'sches Fließverhalten
Masseerhaltende Kavitation
Elastische Deformationen
Minimalmengenschmierung
Wandschlupf
Raue Oberflächen **Turbulenz**

Softwaremodule



Wälzkontakte

Berechnung von Wälzkontakten z. B. in Wälzlagern, Zahnrädern, Nocken/Stößel-Paarungen oder nasslaufenden Reibradgetrieben



Strirnräder

Simulation von Stirnradverzahnungen



Kegelräder

Simulation von Kegelradverzahnungen



Nockenkontakte

Simulation von Nocken/Nockenfolger-Kontakten



Spannungen

Berechnung von Spannungen an und unter der Oberfläche



Radialgleitlager

Berechnung von Radialgleitlagern z. B. in Motoren, Pumpen, Verdichtern oder Getrieben



Axialgleitlager

Berechnung von Axialgleitlagern z. B. in Motoren, Pumpen, Verdichtern oder Getrieben



Kolben/Zylinder

Berechnung von Kolben/Zylinder-Paarungen, z. B. in Radial- und Axialkolbenpumpen



MicroSim

Berücksichtigung von Mikrohydrodynamik und Mischreibung



Entwicklermodus

Erlaubt Tribo-X-Module mit anderen Programmen zu koppeln und eine Stapelverarbeitung



Wälzkontakte

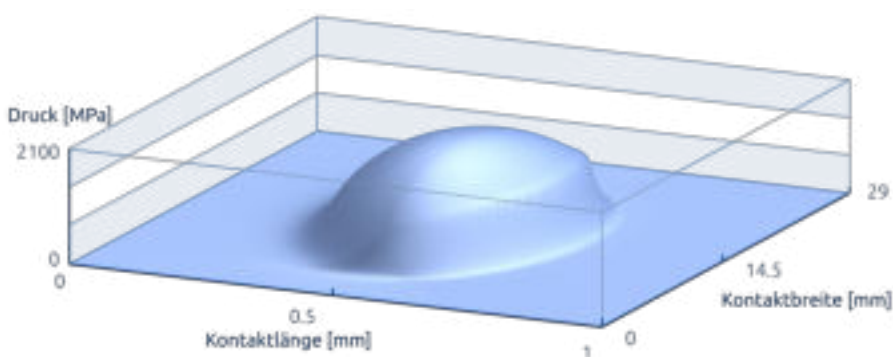
Das Basismodul Wälzkontakte dient zur Simulation von Wälzkontakten, bei denen eine Überlagerung von Roll- und Gleitbewegung vorliegt. Diese Art Kontakt liegt zum Beispiel in Wälzlagern, Zahnrädern und Nocken/Nockenfolger-Kontakten vor. Mit dem Basismodul Wälzkontakte können beliebige Wälzkontakte beschrieben werden. Die Zusatzmodule Stirnräder, Nockenkontakte und Kegel-räder liefern eine komfortable Lösung, um diese Systeme auf Basis von einfachen Eingangsdaten berechnen zu können. Eine aufwändige Beschreibung der Kinematik und Kontaktverhältnisse ist nicht notwendig.

Das Zusatzmodul Spannungen lässt sich sowohl mit dem Basismodul Wälzkontakte als auch mit den anderen Zusatzmodulen kombinieren und ermöglicht eine Auswertung von an der Bauteiloberfläche auftretenden Spannungen. Somit können mittels des Spannungsmoduls Bewertungen der Oberflächen im Hinblick auf Graufleckigkeit und Pittingschäden erfolgen.

Durch Beschichtungen kann das tribologische Verhalten von Kontakten beeinflusst werden. Mit Tribo-X lassen sich sowohl Spannungen als auch Temperaturen in den Einzelschichten eines Beschichtungssystems bestimmen. Somit wird die Grundlage für die Auslegung von Beschichtungen in geschmierten Anwendungen geschaffen.

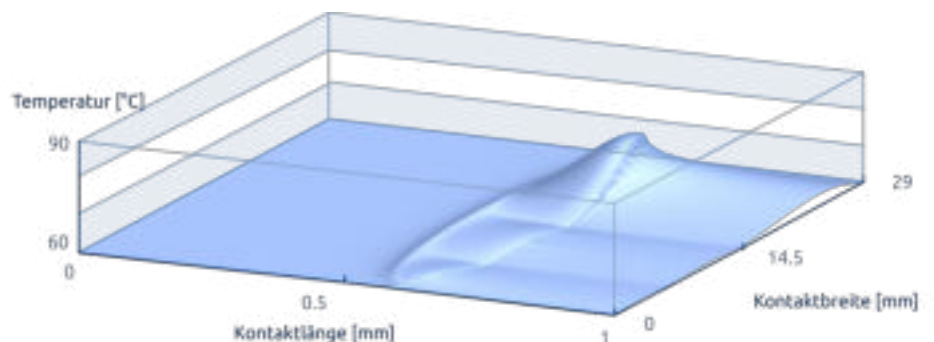
Wälzkontakte zeichnen sich zumeist durch sehr hohe Kontaktdrücke aus. Eine richtige Bewertung dieser Systeme setzt eine richtige Beschreibung des Schmierstoffs und seiner Eigenschaften voraus. In Tribo-X kann auf eine Vielzahl von Schmierstoffmodellen zurückgegriffen werden, die die sich ändernden Eigenschaften bei unterschiedlichen Temperaturen, Drücken und Scherverhältnissen berücksichtigt.

Somit bietet das Modul Wälzkontakte mit seinen Untermodulen die Voraussetzung für die Auslegung einer Vielzahl konzentrierter Kontakte.



Druckverteilung im konzentrierten Kontakt

Temperaturverteilung im konzentrierten Kontakt





Zusatzmodule

Stirnräder

- Außen- und Innenverzahnungen
- Gerad- und Schrägverzahnungen
- Abbildung realer Evolventengeometrie
- Berücksichtigung von Flankenkorrekturen

Nockenkontakte

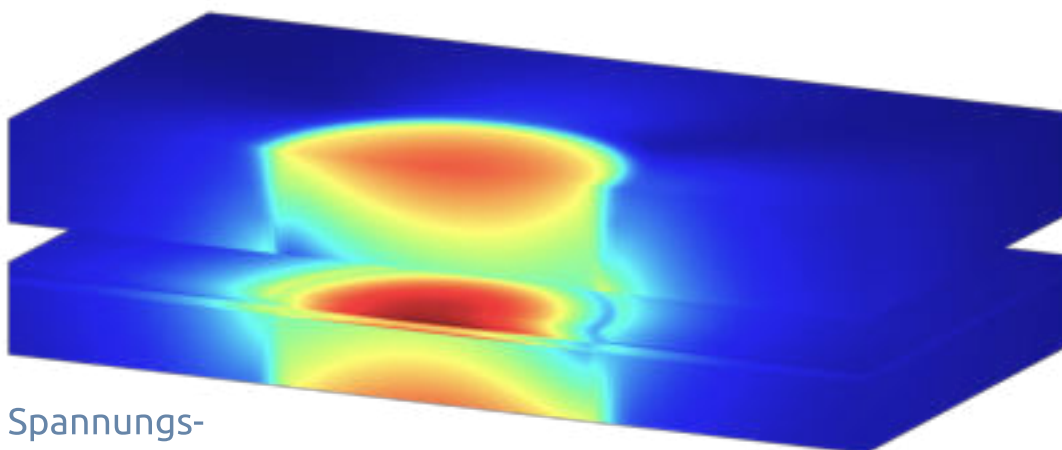
- beliebige Nockenkonturen
- Nockenfolger: Flach- und Rollengeometrie
- vollständig integrierte Berechnung der wirksamen Kräfte und Geschwindigkeiten

Kegelräder

- gerad-, schräg- und spiralverzahnte Kegelräder sowie Hypoidräder
- reale Oktoidengeometrie der Zahnflanken
- Abbildung von Einzelteilverfahren (Kreisbogen) und kontinuierlichem Teilverfahren (verlängerte Epizykloide)
- Berechnung der Verzahnungsgeometrie nach ISO 23509

Spannungen

- Berücksichtigung unbeschichteter und mehrlagig beschichteter Oberflächen
- Berechnung des dreiachsigen Spannungszustands und gängiger Vergleichsspannungen
- Ausgabe aller Normal- und Tangentialspannungen für die individuelle Weiterverarbeitung (z. B. für Lebensdauermodelle)



Spannungs-
verteilung in einer Beschichtung

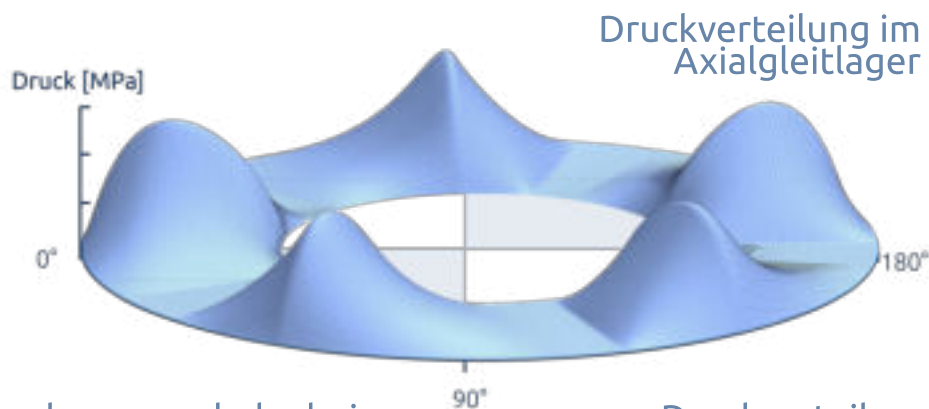


Radial- und Axialgleitlager

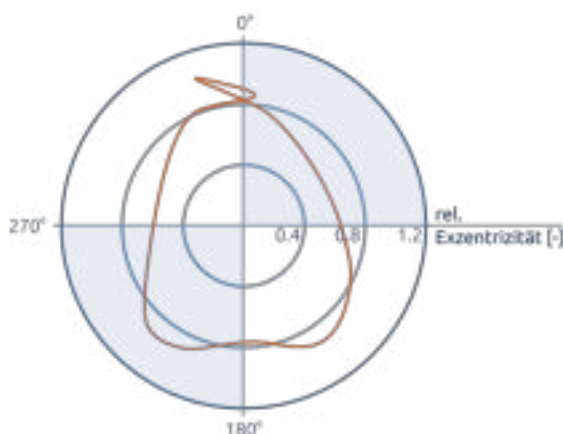
Radial- und Axialgleitlager müssen im Hinblick auf die Anwendung ausgelegt werden, ein Zurückgreifen auf vorgefertigte Maschinenelemente ist nicht möglich. Das Lagerdesign ist hierbei stark von den Bauraum- und Betriebsverhältnissen der Anwendung abhängig.

Das Radial- und das Axialgleitlagermodul von Tribo-X dienen der Bewertung von Gleitlagerdesigns und unterstützen Sie bei der Auslegung oder Optimierung Ihrer Lagerungen. Hierbei können auch Lagerungen bewertet werden, die stark verformt, mit Fördermedien wie Wasser geschmiert oder durch zeitlich veränderliche und zyklische Lastverläufe beansprucht werden. Die Module Radial- und Axialgleitlager stellen ein umfangreiches und flexibles Werkzeug für die Lagerauslegung dar, das in diversen Industrien zur Auslegung eingesetzt wird.

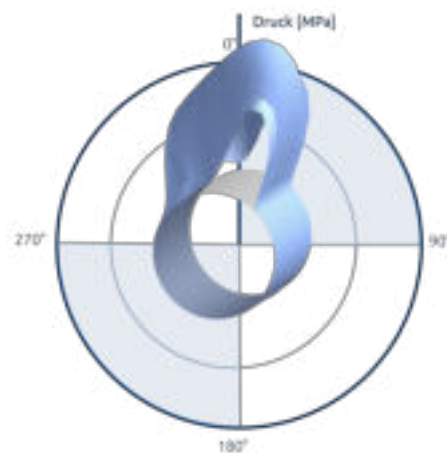
- Simulation mit zeitlich veränderlichen Randbedingungen wie Last, Geschwindigkeit, Temperaturen usw.
- laminare und turbulente Strömung
- Abbildung unterschiedlicher Lagerformen
- Berücksichtigung von Fertigungs- oder Verschleißprofilen
- Abbildung von Verformungen durch FEM-Nachgiebigkeitsmatrizen oder elastischen Halbraum
- Schmierstoffzuführung über Stirnseiten, Bohrungen, Taschen oder Ringnuten
- Mischreibung (Zusatzmodul MicroSim erforderlich)
- Verschleißsimulation



Wellenverlagerungsbahn bei zyklischer Belastung



Druckverteilung im Radialgleitlager



Kolben/Zylinder

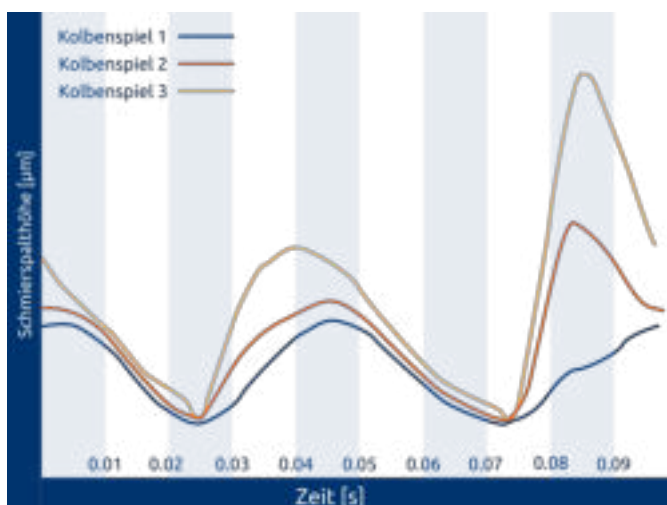


Kolben-Zylinder-Anwendungen sind durch kleinste Spalte gekennzeichnet, in denen sich der Kolben während des Betriebes oszillatorisch bewegen muss. Dabei kann es im Betrieb zu Schiefstellungen kommen, die eine Verkippung des Kolbens zur Folge haben.

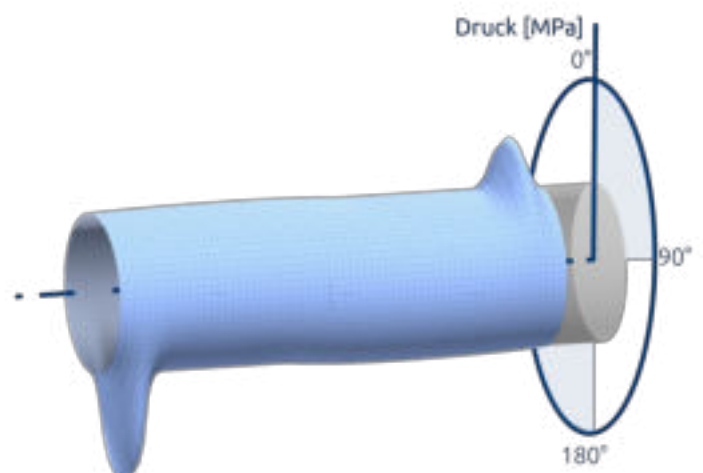
Das Kolben/Zylinder Modul von Tribo-X dient der Bewertung von Kolben-Zylinder-Anwendungen mit einteiligem Kolben. Hierbei kann der sich einstellende Spalt sowie die Verkippung des Kolbens während des Betriebs bewertet und für eine Optimierung des Systems verwendet werden. Analysiert werden können hierbei zyklische Lasten genauso wie Hochlaufvorgänge. Die Verhältnisse im Arbeitsraum können durch die Vorgabe von sich verändernden Drücken an den Spalträndern abgebildet werden.

- Simulation mit zeitlich veränderlichen Randbedingungen wie Last, Drücken, Geschwindigkeit, Temperaturen usw.
- rotatorische und translatorische Bewegung sowie Verkippung des Kolbens im Zylinder
- laminare und turbulente Strömung
- beliebige Konturen
- Berücksichtigung von Fertigungs- oder Verschleißprofilen
- Verformungen durch FEM-Nachgiebigkeitsmatrizen oder elastischen Halbraum
- Schmierstoffzuführung über Stirnseiten, Bohrungen, Taschen oder Ringnuten
- Mischreibung (Zusatzmodul MicroSim erforderlich)
- Verschleißsimulation

Untersuchung der Auswirkung des Kolbenspiels auf Betriebsverhalten



Druckverteilung im Schmierpalt



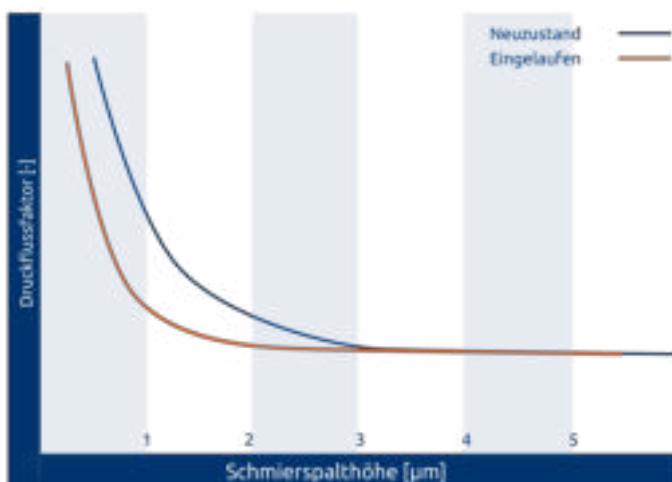


Das Modul MicroSim ist eine Ergänzung für die Basismodule Wälzkontakte, Radial- und Axialgleitlager sowie Kolben/Zylinder und erlaubt die Berücksichtigung von rauen Oberflächen in der TEHD-Simulation auf Basis von real vermessenen Bauteiloberflächen.

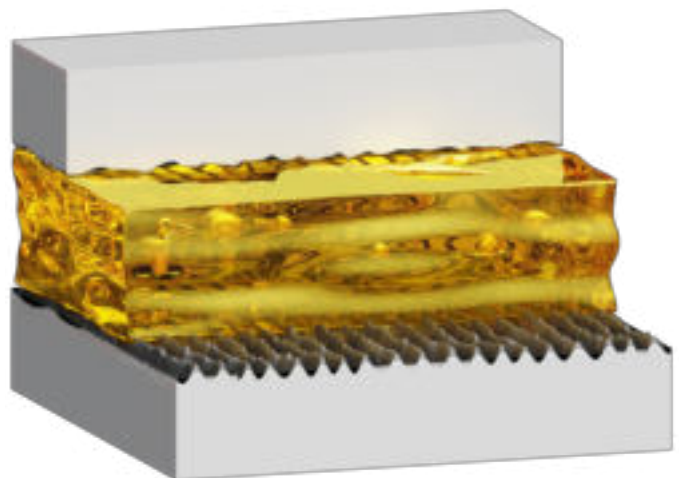
Damit erhält der Anwender die Möglichkeit Mischreibungszustände bei der Berechnung zu berücksichtigen. Hierbei werden sowohl die Mikrohydrodynamik also der Einfluss der Rauheiten auf die Strömung im Spalt als auch ein Festkörperkontakt zwischen den Rauheiten beider Oberflächen in die Simulation mit einbezogen. Mit dem Modul MicroSim wird der Rauheitseinfluss im Rahmen einer vorgelagerten Kontakt- und Strömungssimulation bestimmt. Auf dieser Basis können Oberflächentopographien bewertet werden. Zudem dienen die Ergebnisse als Eingangsgröße für eine weiterführende TEHD-Simulation.

- Grundlage für die Berücksichtigung von Mischreibungszuständen in der TEHD-Simulation
- Berücksichtigung rauer, dreidimensional vermessener Oberflächen
- Elastisch-plastisches Halbraum-Kontaktmodell für raue Oberflächen
- Berücksichtigung des Einflusses der rauen Oberflächen auf die Spaltströmung
- Berechnung aller spalthöhenabhängigen Druck- und Scherfluss- sowie Schubspannungsfaktoren für Druck- und Scherströmungen in x- und y-Richtung

Beispielhafte Druckflussfaktoren zur Beschreibung der Mikrohydrodynamik

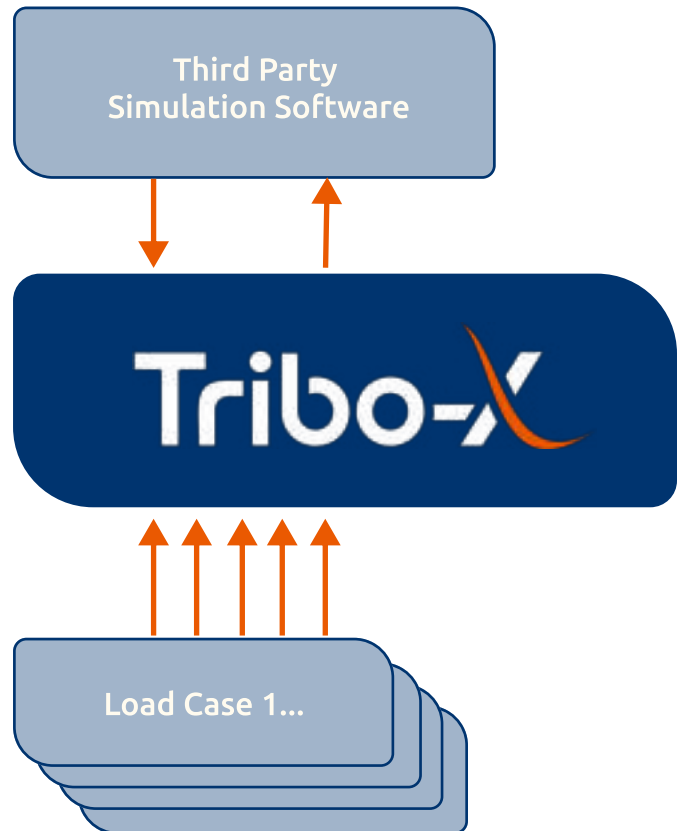


Schmierstoff zwischen zwei rauen Oberflächen



Entwicklermodus </>

Das Modul Entwicklermodus erlaubt es, Tribo-X unabhängig von der grafischen Benutzeroberfläche zu steuern. Dadurch kann einerseits eine automatisierte Stapelverarbeitung einer Vielzahl von Variationsrechnungen durchgeführt werden, andererseits ermöglicht es die vollständige Kopplung von Tribo-X mit anderen Simulationsprogrammen (Beispiel: Tribo-X inside Ansys), indem einzelne oder mehrere Tribo-X Module in diese Programme eingebunden werden. Dabei können auch komplexe Systeme mit mehreren geschmierten Kontakten, die miteinander in Wechselwirkung stehen, dargestellt werden. Die Steuerung von Tribo-X erfolgt über eine Dateischnittstelle und ist vollständig automatisierbar.



Möglichkeiten des Entwicklermodus



Eine starke Partnerschaft

Tribo-X

Ansys

Tribo-X inside Ansys

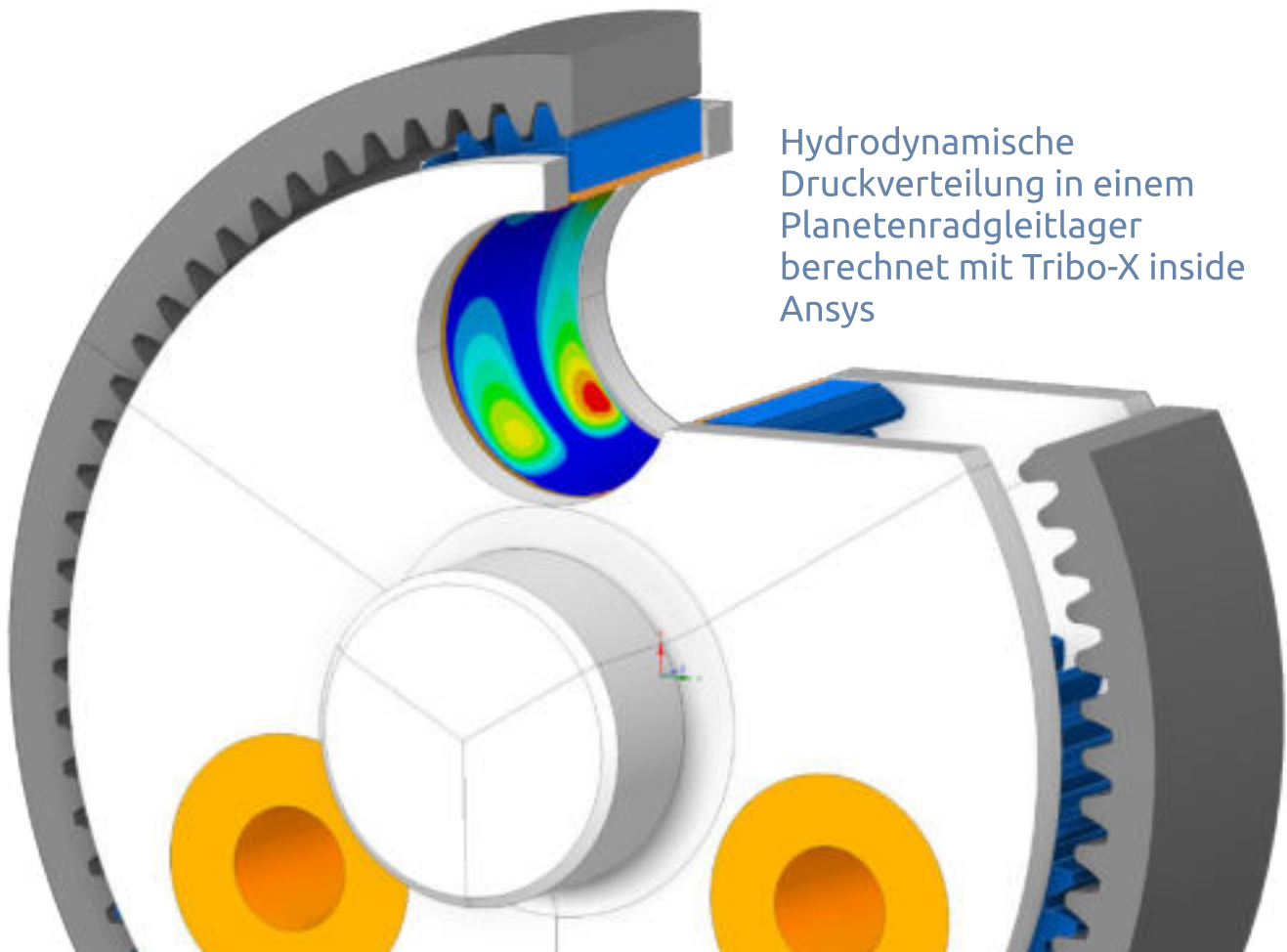
Einzellageranalysen

Tribo-X for Ansys Motion

Systemanalysen

Tribo-X inside Ansys ist eine Extension für Ansys Mechanical und bietet eine Lösung für die Auslegung und Analyse von hydrodynamischen Radialgleitlagern, bei denen eine mögliche Wechselwirkung zwischen mehreren Gleitlagern vernachlässigt werden kann. Durch eine automatisierte Bestimmung lagerspezifischer rotordynamischer Koeffizienten können Gleitlager in einer weiterführenden Simulation im Rahmen der linearen Rotordynamik beschrieben werden.

Als Technologiepartner von Ansys stellen wir mit Tribo-X for Ansys Motion unseren Tribo-X Solver für Radialgleitlager im Drivetrain Toolkit von Ansys Motion zur Verfügung und ermöglichen dadurch Mehrkörpersimulationen hochdynamischer Systeme unter Berücksichtigung von einem oder mehreren Gleitlagern. Wechselwirkungen zwischen mehreren Gleitlagern werden bei der Simulation berücksichtigt.



Hydrodynamische
Druckverteilung in einem
Planetenradgleitlager
berechnet mit Tribo-X inside
Ansys

Tribo-X inside Ansys

Mit Tribo-X inside Ansys können die Vorteile des Radialgleitlagermoduls aus Tribo-X mit den Vorzügen von Ansys verbunden werden. Tribo-X inside Ansys bietet ein eigenständiges Analysesystem für Gleitlager, bei dem CAD-Modelle als Basis für eine Gleitlageranalyse genutzt werden können. Der Ansys-typische Workflow in Verbindung mit einer automatischen Spaltdetektion ermöglicht eine optimale Dimensionierung von Welle, Lager und Lagergehäuse. Mit Tribo-X inside Ansys lassen sich schnelle Parameterstudien binnen Sekunden oder Minuten durchführen, um das Lagerdesign den unterschiedlichen Anwendungsfällen anzupassen. Eine kombinierte Verwendung mit dem Ansys DesignXplorer oder OptiSlang erlauben zudem eine bequeme und automatisierte Optimierung des Gleitlagers.

- Kurze Berechnungszeiten bei hohem Detaillierungsgrad
- Einfache Durchführung von Parameterstudien durch vollparametrischen Workflow
- Berücksichtigung elastischer Verformungen des Lagers (EHD) und Rückwirkung auf die Spaltgeometrie
- Identifikation drehzahl- und lastabhängiger Lagerkoeffizienten für weitergehende Rotordynamik-Analysen (Ergänzungsmodul Lineare Rotordynamik)
- Berücksichtigung von Oberflächenrauheiten und Identifikation von Verschleißzonen im Gleitlager (Ergänzungsmodul Mischreibung)

Ergänzungsmodule

Lineare Rotordynamik

Berechnung drehzahlabhängiger Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften eines Gleitlagers

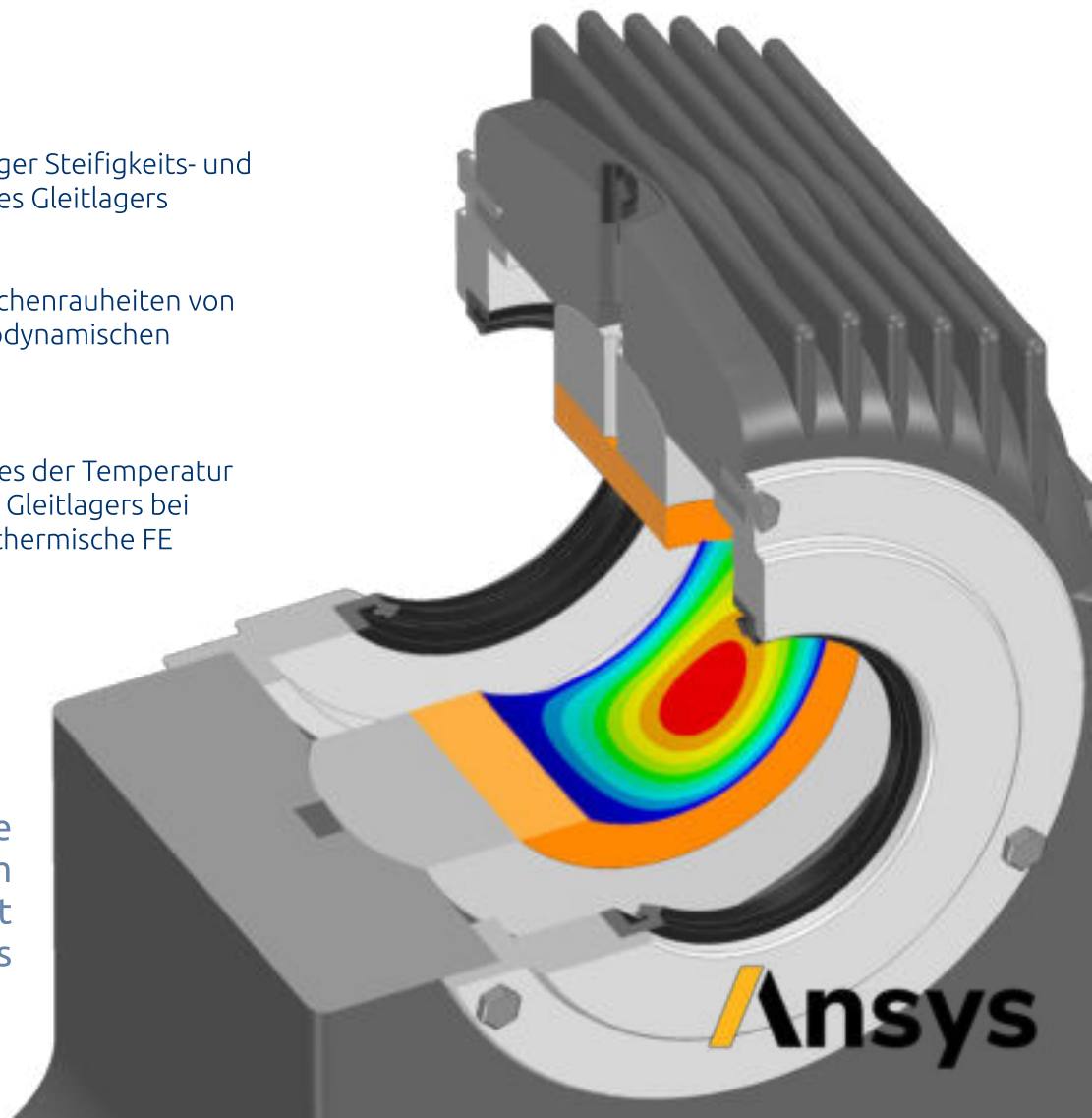
Mischreibung

Berücksichtigung der Oberflächenrauheiten von Lager und Welle bei der hydrodynamischen Lageranalyse

Thermo

Berücksichtigung des Einflusses der Temperatur auf das Betriebsverhalten des Gleitlagers bei Bedarf mit Kopplung an eine thermische FE Analyse

Hydrodynamische Druckverteilung in einem Stehgleitlager berechnet mit Tribo-X inside Ansys

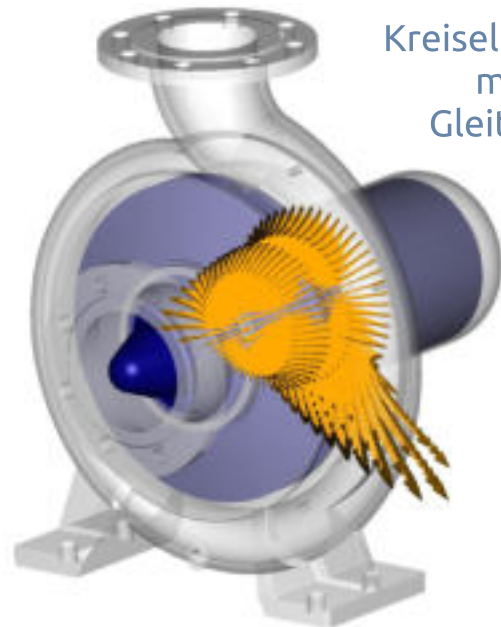


Tribo-X for Ansys Motion

Tribo-X for Ansys Motion verbindet die Vorzüge des Gleitlagermoduls aus Tribo-X mit der Mehrkörpersimulation in Ansys Motion, um Ihnen die performante Berechnung eines Gesamtsystems mit einem oder auch mehreren Gleitlagern in dynamisch belasteten Systemen zu ermöglichen.

Durch unsere enge Zusammenarbeit mit Ansys als Technologiepartner können wir eine robuste und leistungsfähige Integration unseres Solvers in Ansys Motion sicherstellen. Tribo-X for Ansys Motion ermöglicht dem Anwender die genaue Abbildung von Gleitlagern unter Berücksichtigung von elastischen Deformationen, Oberflächenrauheiten und Schmierstoffversorgungseinrichtungen.

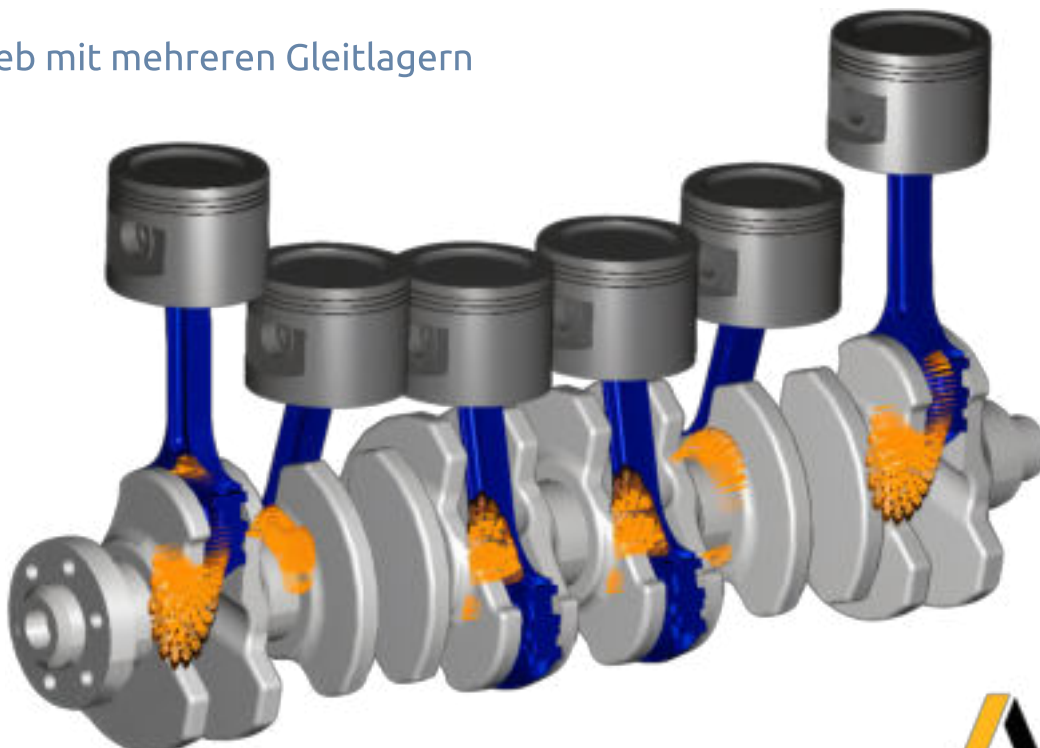
- Integration des Tribo-X Solvers im Mehrkörpersimulationstool Ansys Motion
- Detaillierte Abbildung von Gleitlagern für dynamisch belastete Systeme
- Performanter Solver garantiert kurze Berechnungszeiten



Kreiselpumpe
mit zwei
Gleitlagern

Gleichzeitig garantiert die Kombination der performanten Solver von Ansys Motion und Tribo-X kurze Berechnungszeiten, um die Entwicklung Ihrer Produkte zu beschleunigen. Tribo-X for Ansys Motion ist ein fester Bestandteil des Drivetrain Toolkit und steht Ihnen nach der Installation von Ansys Motion direkt zur Verfügung.

Kurbeltrieb mit mehreren Gleitlagern





SERVICES

Tribologische Prüfung

Schmierstoffe, Werkstoffe sowie Reibungs- und Verschleißverhalten können auf Prüfständen untersucht werden und tragen dazu bei, eine Entwicklung abzusichern oder Verständnis zu schaffen. Als Prüfstandshersteller und Tribologieexperten bieten wir unsere Expertise bei der Prüfung auf selbst entwickelten sowie zugekauften Prüfständen für unsere Kunden an. Lassen Sie Reibungs-, Verschleiß- und Lebensdaueruntersuchungen auf Modell- und Komponentenprüfständen mit hoher Ergebnisqualität durch uns durchführen. Bei Bedarf können wir diese Untersuchungen durch umfangreiche Analysen der Versuchsteile mit modernsten Methoden ergänzen.

Unsere Prüftechnik unterliegt ständigen Anpassungen und Erweiterungen. Die nachfolgenden Prüfstände und Tribometer stellen daher nur eine Auswahl dar.

Das von Ihnen gesuchte System ist nicht dabei? Nehmen Sie Kontakt mit uns auf und wir prüfen Ihre Anfrage.



Eine Auswahl unserer Prüfstände

- **FE8-Wälzlagerprüfstände** zur Prüfung von Wälzlagerschmierstoffen
 - Verschleißtest nach DIN 51819-2 und DIN EN 14865-1 für Fette
 - Verschleißtest nach DIN 51819-3 für Öle
 - Pittingtest nach VW PV 1483 für Getriebeöle
 - Pittingtest nach ZF 0000 702 232 für Getriebeöle
 - White Etching Crack (WEC) - Test nach FVA 707 für Öle
 - Verschleiß- und Pittingtest für öl- und fettgeschmierte oszillierende Wälzlager
 - Individuelle Prüfungen nach Kundenvorgabe für Öle und Fette
- **Wälzlagerprüfstände für radiale Belastung**
- **False Brinelling Prüfstand** für Öle und Fette bis -40 °C. Der Prüfstand und die Prüfmethode wurden im Rahmen von mehreren Forschungsprojekten entwickelt und validiert. Die Prüfergebnisse weisen eine sehr gute Übertragbarkeit in die Praxis auf.
- **Zahnradverspannungsprüfstand** für Gerad- und Schrägverzahnungen mit variablem Achsabstand (89 mm ... 140 mm) und dynamischer Verspannkupplung
- **Gelenklagerprüfstände** für oszillierenden Betrieb
- **Schleppmomentprüfstand** für nasslaufende Kupplungslamellen
- **Reibbelagprüfstände** für trockenlaufende Reibbeläge
- **Radialwellendichtringprüfstand** für Leckageuntersuchungen bis 26.000 rpm
- **EHD2-Tribometer** zur Schmierfilmdickenmessung in konzentrierten Kontakten
 - zentrale Schmierfilmdicke (Punktmessung)
 - Schmierfilmdickenverteilung (3D-Mapping)
- **Zwei-Scheiben-Prüfstände**
- **Schwing-Reibverschleiß-Prüfstände (SRV)**
- **Modell-Tribometer** (z. B. Stift, Kugel, Zylinder, Ring gegen Scheibe)



Tribologische Simulationen

Mit Hilfe von Simulationen lässt sich ein Verständnis für die Vorgänge in Systemen schaffen. Dabei lassen sich Strömungsvorgänge im Spalt, die Erwärmung, sowie Verformung und Beanspruchung von Bauteilen berechnen.

Mit unserer langjährigen Erfahrung auf dem Gebiet der Simulation und einer breiten Auswahl an Simulationslösungen können wir auch Sie bei Ihrem Projekt unterstützen. Wir befassen uns täglich mit der Simulation technischer Systeme. Neben unseren selbst entwickelten Simulationswerkzeugen greifen wir dabei auch auf ergänzende Simulationsprogramme zurück:

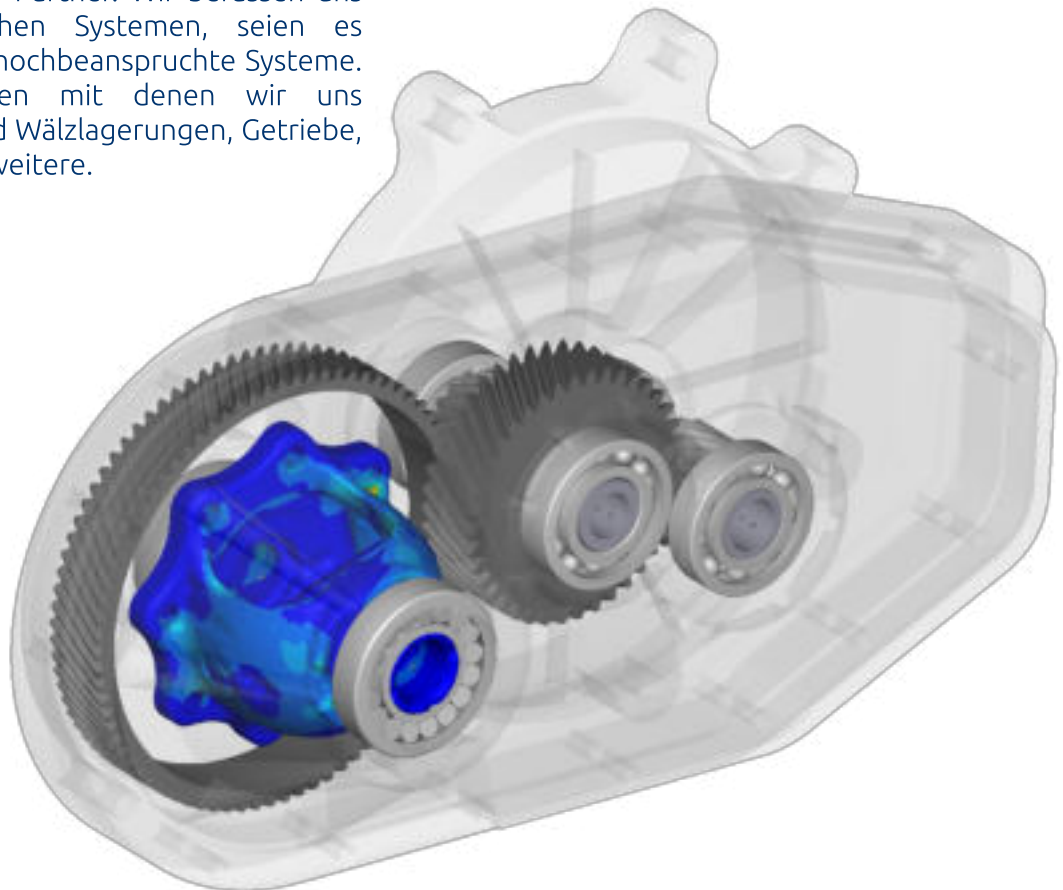
- Tribo-X
- Tribo-X inside Ansys
- Tribo-X for Ansys Motion
- Finite Elemente Methode (FEM)
- Computational Fluid Dynamics (CFD)
- Mehrkörpersimulation (MKS)

Wenn Sie Unterstützung bei der Auslegung oder Simulation von tribologischen Systemen benötigen, sind wir Ihr Partner. Wir befassen uns mit allen tribologischen Systemen, seien es hochdynamische oder hochbeanspruchte Systeme. Typische Anwendungen mit denen wir uns befassen sind Gleit- und Wälzlagerungen, Getriebe, Kupplungen und viele weitere.

CFD-Simulation der Fettverteilung in einem Axialzylinderrollenlager



Mehrkörpersimulation eines Getriebes



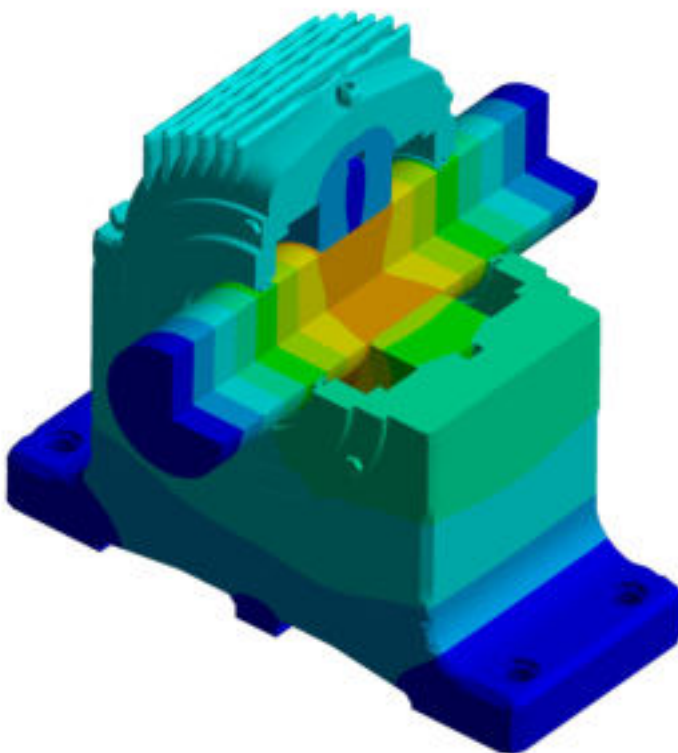
Besonderen Wert legen wir auf einen engen Austausch mit unseren Kunden. Wir teilen unsere Erfahrungen und unser Wissen mit Ihnen und ermöglichen damit die Erarbeitung der bestmöglichen Lösung für Ihr Problem.

Wir bringen uns für Sie ein. Dabei erarbeiten wir uns ein Systemverständnis, wählen die passenden Simulationswerkzeuge für Ihre Problemstellung aus, bauen passende Simulationsmodelle auf und führen die Berechnung durch. Aus den Simulationen leiten wir Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für Ihr System ab und können damit zu einer robusten Auslegung oder zur Optimierung Ihres Produktes beitragen.

Mit unseren Simulationslösungen, unserer langjährigen Erfahrung und unserem eigenen Prüffeld mit innovativer Prüftechnik sind wir Ihr Partner für eine erfolgreiche Produktentwicklung.

Probieren Sie es aus!

Multiphysiksimulation
eines Gleitlagers

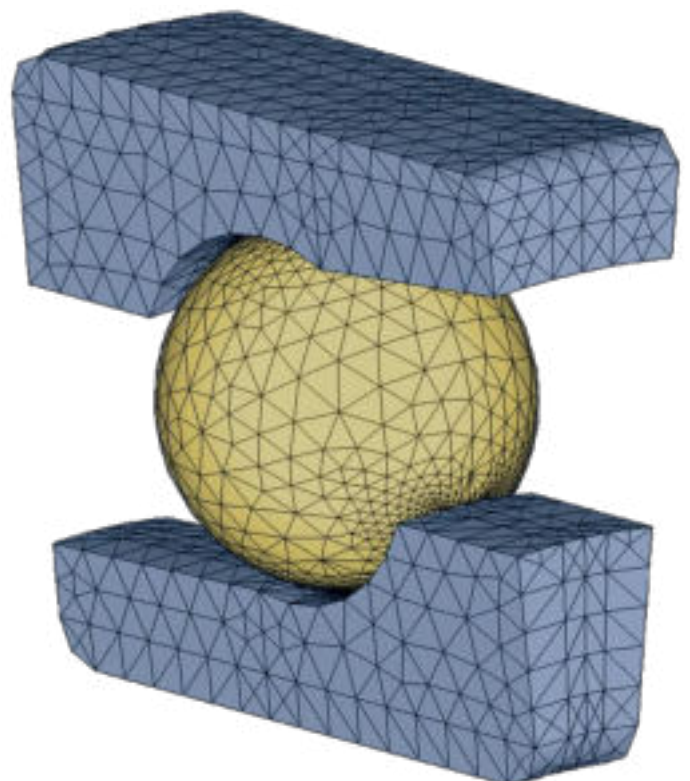


Wollen Sie...

- ... Ihr System richtig **auslegen und verstehen**?
- ... der Ursache für einen aufgetretenen **Schadensfall** auf den Grund gehen?
- ... Ihr System weiter **optimieren**?
- ... **Designvarianten** schon vor dem Versuch bewerten?
- ... einen kompetenten **Partner** für die Simulation Ihrer Anwendungen?

Dann können wir Ihnen weiterhelfen.

FEM-Simulation eines Segmentes
eines Schrägkugellagers



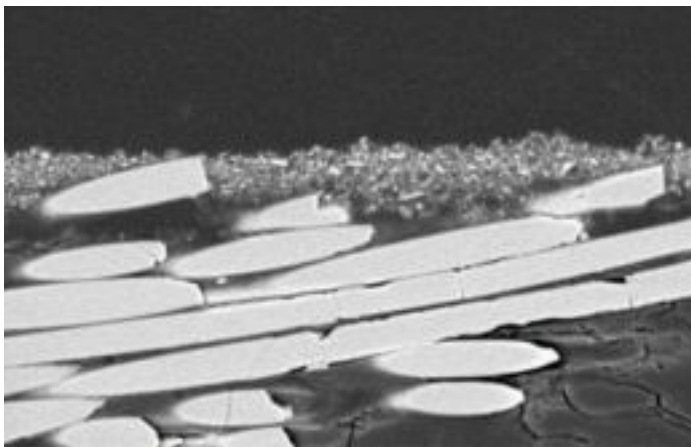
Analysen und Beratung

Tribologischen Analysen kommt eine große Bedeutung zu. Sie werden eingesetzt, wenn im Rahmen von tribologischen Prüfungen das Verständnis der im Kontakt ablaufenden Prozesse erhöht werden soll oder die Ursachen von tribologisch bedingten Bauteilschäden ermittelt werden müssen, um zielführende Abhilfemaßnahmen einleiten zu können. Hierfür setzen wir eine breite Palette modernster Methoden ein, die wir problembezogen kombinieren.

- Messung von Form- und Gestaltabweichungen
- optische und taktile Rauheitsmessung
- Mikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie (REM)
- vielfältige chemische und physikalische Analysen von Werkstoffen und Schmierstoffen

Gerne beraten wir Sie zu möglichen Abhilfemaßnahmen und Optimierungen Ihrer Produkte. Hierbei greifen wir auf umfangreiche Erfahrungen und neueste Erkenntnisse aus der Forschung zurück.

Querschliff eines
glasfaserverstärkten Reibbelags

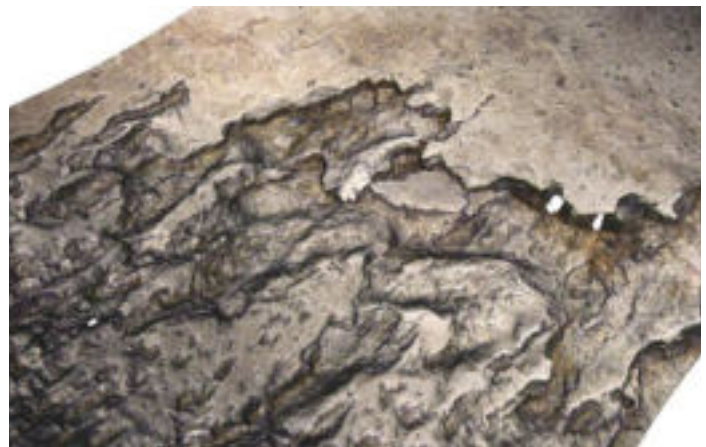


Wollen Sie...

- ... Ihre **Versuche nicht selbst durchführen** und brauchen einen kompetenten Partner?
- ... **geschädigte Bauteile** aus dem Feld oder **Schmierstoffproben** untersuchen lassen?
- ... die **Performance** Ihres Produkts **verbessern**, indem Sie Standzeiten erhöhen und Reibungsverluste verringern?
- ... die **beste Werkstoffkombination** für Ihr Produkt auswählen und brauchen Unterstützung?

Dann können wir Ihnen weiterhelfen.

Ermüdungsschaden in der Laufbahn
einer Kugelschienenführung





www.tribo-technologies.com

TriboTechnologies
APPLICATIONS FOR HIGHER EFFICIENCY

Kontakt: info@tribo-technologies.com

Follow us on Linked 