



FAG

added
competence

Kompetenz schafft Sicherheit

Vorsprung bei Rundachsen
durch Erfahrung, Simulation, Berechnung, Versuch

SCHAEFFLER GRUPPE

Kompetenz schafft Sicherheit

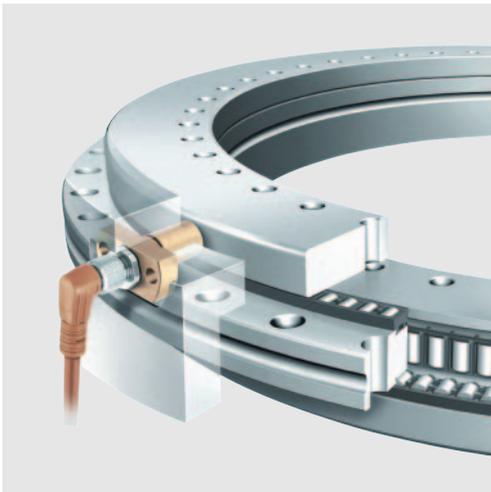


Bild 1: Axial-Radiallager YRTSM

Enorme Bearbeitungskräfte, Werkstückmassen und Zerspanungsvolumina, hohe radiale, axiale und Kippmoment-Belastungen, hochdynamische Beschleunigungen, Geschwindigkeiten, die vor Jahren noch undenkbar waren, integrierte Mess-Systeme, die Winkel im Bereich von wenigen Winkelsekunden erfassen, höchste Bearbeitungs-Genauigkeiten und Oberflächen-Qualitäten, lange Werkzeug-Standzeiten, niedrigste Systemkosten: So liest sich oft das Lastenheft, wenn es um Lagerungen für Rundtische, Planscheiben, Bearbeitungsköpfe, Präzisions-Schwenkachsen geht.

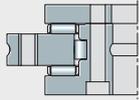
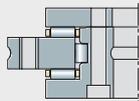
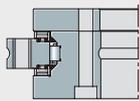
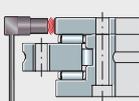
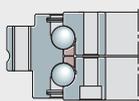
Der folgende Beitrag zeigt stark gerafft die Auslegungs- und Produktkompetenz der Schaeffler Gruppe bei Lagereinheiten für Rundachsen.

Für jede Anwendung das richtige Lager

Dass sich bei solch komplexen und vielschichtigen Anforderungen wie einleitend beschrieben, nicht jedes Lager gleichermaßen gut eignet, ist verständlich. Deshalb kommen wir auch nicht mit nur einer Bauform für dieses anspruchsvolle Anwendungsgebiet aus. Das wäre zu kurz gedacht und würde unserem Grundsatz nach der technisch und wirtschaftlich besten Lösung für die Lagerung erheblich widersprechen.

Darum haben wir auch das umfangreichste Rundtischlager-Programm, siehe Tabelle.

Aus dieser vielfach bewährten Produktpalette können unsere Kunden das für ihre Anwendung geeignete Lager auswählen. Das schafft Sicherheit, technischen Vorsprung und hohe Wirtschaftlichkeit. Denn nur die richtige Lagerung sorgt für perfekte Bearbeitungsergebnisse und kürzeste Nebenzeiten in der Werkzeugmaschine. Und bei der Lagerwahl unterstützen wir mit unserem Wissen sowie der jahrzehntelangen Erfahrung auf diesem Gebiet, siehe *Geführte Lagerauswahl*.

Lager	Eigenschaft	Bevorzugtes Anwendungsgebiet
Axial-Radiallager YRT 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Steifigkeit maximale Genauigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> für mechanisch angetriebene Präzisionsrundachsen
Axial-Radiallager RTC 	<ul style="list-style-type: none"> niedrigere Reibung höhere Drehzahlen 	<ul style="list-style-type: none"> für mechanisch angetriebene Präzisionsrundachsen
Axial-Radiallager YRT_{Speed} 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Dauerdrehzahl maximale Kippsteifigkeit sehr niedriges, gleichmäßiges Reibungsmoment 	<ul style="list-style-type: none"> für die Lagerung direkt angetriebener Präzisionsrundachsen
Axial-Radiallager mit integriertem Winkel-Mess-System SRM 	<ul style="list-style-type: none"> YRT und YRT_{Speed} mit neuem integriertem Winkel-Mess-System SRM 	<ul style="list-style-type: none"> wenn Winkelpositionen im Bereich von wenigen Winkelsekunden erfasst werden müssen
Axial-Schräggugellager ZKLDF 	<ul style="list-style-type: none"> geringe Reibung sehr hohe Dauerdrehzahl hohe Steifigkeit niedriger Schmierstoffverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> wenn das Drehzahlvermögen der YRT_{Speed}-Lager nicht ausreicht bei wartungsarmer Lagerung

Geführte Lagerauswahl

Rundtischlager haben durch ihre Geometrie und Auslegung ganz spezifische Eigenschaften. Für die Gestaltung der Lagerung heißt das: Soll diese betriebssicher, wartungsarm oder wartungsfrei und wirtschaftlich sein, so muss die richtige Lagerbauart in der richtigen Größe eingesetzt werden. Das vermeidet Überdimensionierung und sichert gleichzeitig die lange Gebrauchsdauer der Lager.

Stufenweiser Ablauf

Bei der Gestaltung der Lagerung müssen zum Teil unterschiedliche und nicht selten gegenläufige Leistungsgrößen berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden. Dennoch kann hier innerhalb bestimmter Grenzen oft vereinheitlicht werden, da viele Runddachs-Lagerungen auf analoge Grundparameter zurückführbar sind.

Auf der Basis unserer langen Erfahrung in der Auslegung solcher Lagerungen erfolgt die Auswahl erfahrungsgemäß in den Stufen:

- Lastenheft erstellen, in dem alle Einflüsse auf die Lagerung erfasst sind. Je genauer diese Größen bekannt sind und je umfassender sie berücksichtigt werden, desto betriebssicherer und wirtschaftlicher kann die Lagerstelle gestaltet werden. Einflüsse, die dabei in Frage kommen, sind im folgenden genannt:
 - Belastungen, Drehzahlen, Betriebstemperaturen, Einbau- raum, Umgebungsbedingungen, geforderte Lebensdauer, Reibung, Schmierung und Wartung, Ein- und Ausbau der Lager, jährlicher Bedarf usw.
- Lagervorauswahl nach Katalog treffen. Spezifische technische Publikationen liefern alle Informationen, die zur Vorauswahl eines Lagers notwendig sind; siehe dazu auch *Umfangreiche Produkt-Dokumentation*.

- Lagerung mit BEARINX® auslegen. Durch dieses moderne Berechnungs- Programm kann das Lager sicher dimensioniert werden. Berücksichtigt werden dabei unter anderem:
 - die Bearbeitungskräfte und Kräfte aus dem Antrieb sowie die Werk- stückmasse
 - die Steifigkeit des ganzen Systems, siehe auch *Gesamtsteifigkeit des Lagers*
 - der Einfluss der Wärmeverteilung in der Baugruppe auf die Lager- vorspannung, siehe *Thermische Simulation*
 - der Einfluss der Schmierung auf die Nominelle Lebensdauer
 - die ganzheitliche Betrachtung aller Lagerstellen in der Werkzeug- maschine. Wenn gewünscht, können dabei die Lagerstellen für Vorschub- und Hauptspindellager, Rundtischlager und Linearführung in einem Systemmodell berechnet werden.

Die Wahl und die Anordnung lässt sich durch die Berechnung von Lager- varianten noch zusätzlich optimieren.

Gesamtsteifigkeit der Lagereinheit

Die Gesamtsteifigkeit einer Lagerstelle beschreibt die Größe der Verschiebung der Rotationsachse unter Last aus der Idealposition. Die statische Steifigkeit beeinflusst also unmittelbar die Genauigkeit der Bearbeitungsergebnisse. Normalerweise werden in Wälzlagerkatalogen nur die Steifigkeit des Wälzkörpersatzes angegeben.

Da die Verformungen oft nur sehr klein und die Lagerringe im Vergleich zum Wälzkontakt sehr steif sind, ist dies für die meisten Anwendungen ausreichend. Anders sieht es bei Lagerungen in Werkzeugmaschinen aus, beispielsweise bei Rundachsen.

Hier sind anschraubbare Lagereinheiten, wie unsere YRT-Lager, Standard. Die Wälzkörpersteifigkeit allein reicht da nicht mehr aus, um die praxisrelevante, d. h. die tatsächliche Steifigkeit der Lagerstelle zu beschreiben. Hier entscheidet vielmehr die Gesamtsteifigkeit der Lagereinheit. Und diese geben wir selbstverständlich in der Produktdokumentation an. Denn es hilft unseren Kunden mehr, wenn wir ihm Steifigkeitswerte nennen, die für seine Anwendung relevant sind, siehe *Bild 2*. Das Bild zeigt deutlich die großen Unterschiede und wie signifikant nicht vergleichbare Angaben sind. Andererseits stehen transparente, vergleichbare Aussagen für den sicheren Betrieb der Lagerung und die geforderte Qualität der bearbeiteten Produkte.

Damit ist es möglich, Entwicklungsziele zu erreichen, d. h. Werkstücke auch bei hohen Zerspanungskräften präzise und maßhaltig zu bearbeiten.

Genauigkeit

Lager für Rundtische haben eine hohe Laufgenauigkeit. Um diese möglichst gut auf die Maschinenbaugruppe zu übertragen, sind spielfreie Passungen am rotierenden Bauteil erforderlich.

Dies ist in der Regel nur durch Anpassen der Anschlussbauteile auf die Lager-Ist-Durchmesser möglich. Aber nicht alle Anwendungen erfordern diese maximale Laufgenauigkeit. Deshalb ist es wichtig, dass die Lagertoleranzen von vornherein eine praxisgerechte Präzision aufweisen. Ist die Durchmessertoleranz zu groß, lässt sich die gute Laufgenauigkeit nicht auf die Baugruppe übernehmen.

Dadurch vermindert sich die Genauigkeit der zu bearbeitenden Werkstücke. Bei der Wahl des Lagers sollten deshalb immer beide Genauigkeiten (Laufgenauigkeit und Durchmesser-toleranzen) geprüft werden, um Folgekosten durch zusätzliche Aufwände – wie das Schleifen der Welle – auszuschließen.

Befestigung

Unsere Rundtischlager werden durch Befestigungsbohrungen direkt mit der Anschlusskonstruktion verschraubt. Das reduziert den Montageaufwand erheblich. Die Anzahl der Schrauben ist dabei so bemessen, dass INA/FAG Lagereinheiten mit der kleinstmöglichen Zahl auskommen, gleichzeitig jedoch den maximalen Reibschluss gegen das Verrutschen des Lagers und höchste Steifigkeit der Schraubenverbindung

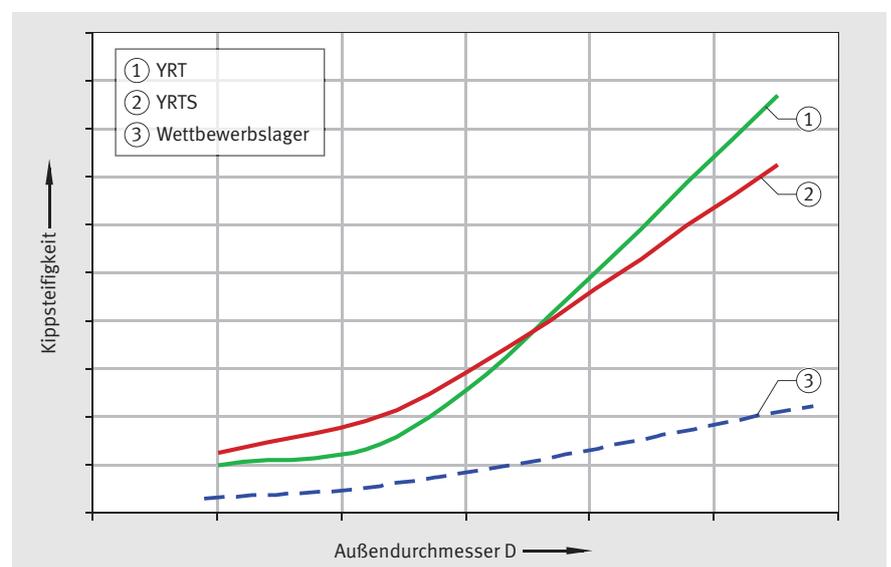


Bild 2: Vergleich der Wälzkörpersatzsteifigkeit, abhängig vom Außendurchmesser D

sicherstellen. Werden weniger Befestigungsschrauben bei gleichem Gewinde-Durchmesser eingesetzt, reduziert sich die Steifigkeit erheblich und es besteht die Gefahr, dass das Lager radial „wandert“. Die Auswirkungen in einer hochgenauen Anwendung wären katastrophal.

Thermische Simulation

Rundtischsysteme, kombiniert mit Direktantrieben und neuen Lagerungstechnologien, bringen besonders in der Dynamik einen deutlichen Vorsprung. Das wiederum erweitert das Einsatzspektrum der Rundachsen deutlich. Nicht selten beschränken jedoch thermische Faktoren die Leistungsfähigkeit solcher Systeme und damit auch die Betriebssicherheit der Lagerung erheblich.

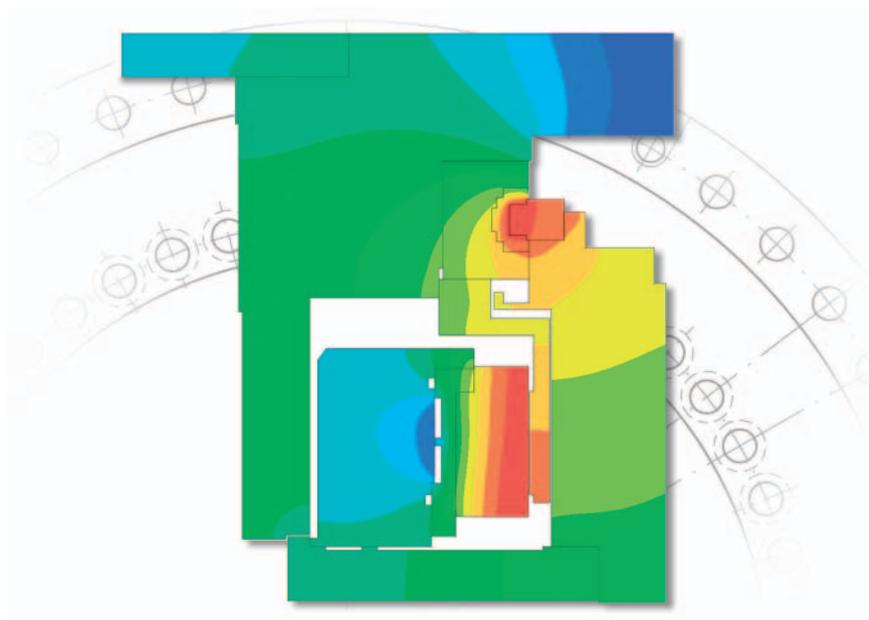


Bild 3: Temperaturberechnung (Simulation) einer direkt angetriebenen Rundtischachse

Um hier Risiken zu minimieren, werden im Rahmen eines Entwicklungsprojektes für schnelllaufende Rundtische zwei unterschiedlich komplexe thermische Simulationsmodelle entwickelt.

Angefangen vom einfachen auf der Basis von Analogien aus der Elektrotechnik bis hin zum komplexen FEM-Modell unter Einbindung von BEARINX[®], siehe Bild 3.

Letzteres berücksichtigt auch Größen wie die Temperaturentwicklung, Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung. So kann beispielsweise die Temperaturverteilung in der Baugruppe überprüft werden und wenn nötig, Modifikationen am Motor-Kühlsystem oder eine thermische Trennung zwischen Lager und Motor erfolgen.

Im Rahmen einer versuchstechnischen Validierung kann später der Abgleich der Berechnungsansätze erfolgen, siehe Bild 4.

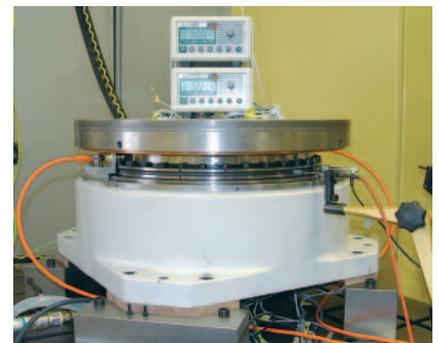


Bild 4: Validierung im Versuch

Diese Werkzeuge unterstützen wirtschaftlich die Auslegung hochdynamischer Rundachsen. Damit ist es möglich, auf der Basis von Konstruktionsentwürfen schnell und zuverlässig Lager, Antrieb, Motor und Mess-System auszuwählen, oder eine gewählte Kombination auf ihre Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit zu überprüfen.

Umfangreiche Produkt-Dokumentation

Für INA-/FAG-Rundtischlager existiert eine ausführliche Dokumentation. Im Katalog HR 1 sowie in der Technischen Produktinformation TPI 120 sind die Lager ausführlich beschrieben. Die TPI 103 liefert alle notwendigen Informationen zum Einbau und zur Wartung der Genauigkeitslager. Die Inbetriebnahme des Mess-Systems ist in der MON 18 beschrieben, siehe *Bild 5*.

Zusammen mit den umfangreichen Maß- und Belastungsangaben in den Tabellen erhält der Konstrukteur somit alle Informationen zur korrekten Auslegung und dem sicheren Betrieb seiner Lagerung.

Gerade beim Einbau und der Wartung kann vieles falsch gemacht werden. Fehlen hier die erforderlichen Angaben, kommt es leicht zu Einbau- und Wartungsfehlern, die sich im Betrieb negativ auswirken. Mit unserer Dokumentation, die wir selbstverständlich als Printausgabe und online-Version zur Verfügung stellen, ist das ausgeschlossen.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Sonderdrucken und Publikationen, die sich mit aktuellen Forschungsthemen zur Lagerung für Rundtische beschäftigen. Diese Druckschriften zeigen grundlegende Entwicklungsarbeiten und können bei uns angefordert werden.

Rundum-Service durch Systemgedanken

Unsere Lager sind FEM-modelliert (berechnet), auf Herz und Nieren geprüft und durch ein erfahrenes Schmierstoff-Engineering-Team tribologisch optimiert. Ihre Funktion wird durch Langzeitversuche auf hauseigenen Versuchständen abgesichert, die ausschließlich zur Prüfung der Rundtischlager ausgelegt sind.

Wir analysieren die Reibung im Lager und verringern durch gezielte Maßnahmen so die Reibungswerte im Gesamtsystem, siehe *Bild 6*.

Zusatzfunktionen am Produkt – wie das präzise Messen der Winkelposition sind selbstverständlich.

Mit IDAM hat die Schaeffler Gruppe die Technologie der Direktantriebe als schnittstellen-übergreifendes Know-how im eigenen Haus.

Wir messen direkt an Kunden-Maschinen, fahren kundenspezifische Anwendungsversuche und unterstützen bei der Montage der Lager vor Ort.

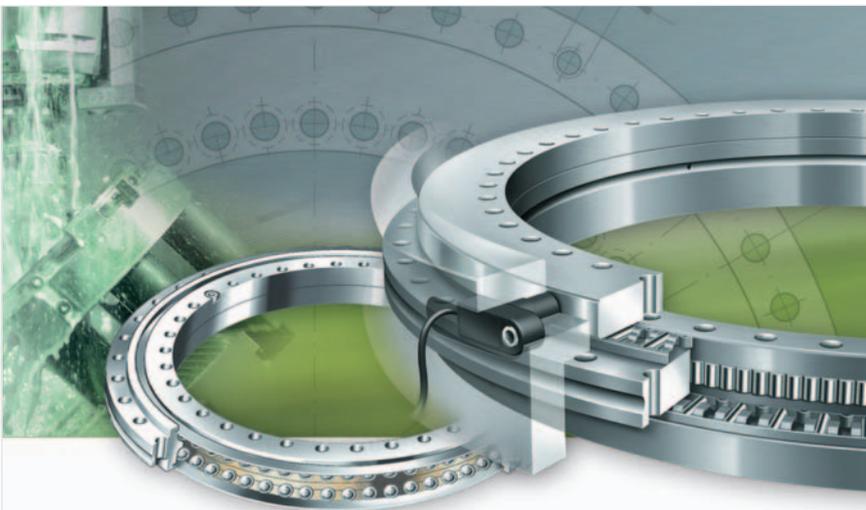


Bild 5: Axial-Radiallager mit integriertem Winkel-Mess-System – Inbetriebnahme- und Diagnoseanleitung

Zusammenfassung

Lager für Rundtische müssen eine ganze Reihe spezifischer Anforderungen erfüllen, um lange wirtschaftlich und betriebssicher zu arbeiten. Darum ist auch nicht jedes Lager für diesen komplexen Anwendungsbereich geeignet. Ein auf den ersten Blick gleichwertiges Produkt kann sich erfahrungsgemäß sehr schnell zum Gegenteil von dem entwickeln, als das es ursprünglich geplant war. Für den Betrieb heißt das im schlimmsten Fall ungeplante Stillstandzeiten und teilweise hohe Kosten für Reparaturen. Nicht selten muss das Lager auch gegen eines getauscht werden, das die Anforderungen besser erfüllt.

Dabei sind dann zusätzlich hohe Aufwände nötig, da meist noch in die Anschlusskonstruktion eingegriffen werden muss.

Gleichermaßen problematisch zeigen sich Angaben, die in der Praxis nicht erreichbar sind. Ist beispielsweise eine hohe Bearbeitungsqualität gefordert, muss die Steifigkeit des Lagers und nicht nur die des Wälzkörpersatzes berücksichtigt werden. Wer hier auf Nummer sicher gehen will, vergleicht die Steifigkeitskurven der in Betracht kommenden Lager direkt, siehe *Bild 2*. Dabei wird deutlich, wie das Lager zu beurteilen ist und ob auch die spätere Bearbeitungsqualität erzielt wird.

Wir geben in unserer Dokumentation grundsätzlich die Steifigkeitswerte des Gesamtlagers an, die auch die Verschraubung mit berücksichtigen.

Mit der thermischen Simulation für dieses Anwendungsgebiet setzt die Schaeffler Gruppe derzeit Standards. Wer dieses Verfahren richtig nutzt, schließt unnötige thermische Risiken bei der Gestaltung seiner Lagerung aus, siehe *Bild 3*.

In Summe heißt das: Unser Systemgedanke ist die Basis für eine Produktentwicklung zu Ihrem Nutzen. Sprechen Sie mit uns. Ihre Wünsche sind unsere Herausforderungen.

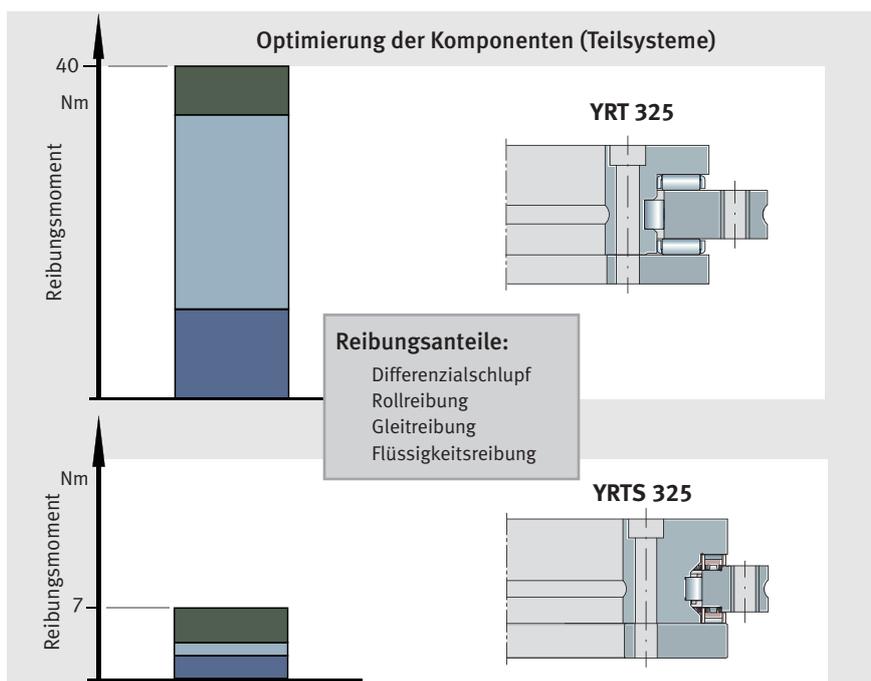


Bild 6: Systemverständnis am Beispiel der Reibungsminderung



Ihr Ansprechpartner

Gerald Nonnast
Telefon +49 9132 82-4298
E-Mail
Gerald.Nonnast@schaeffler.com

Schaeffler KG

Industriestraße 1 – 3
91074 Herzogenaurach