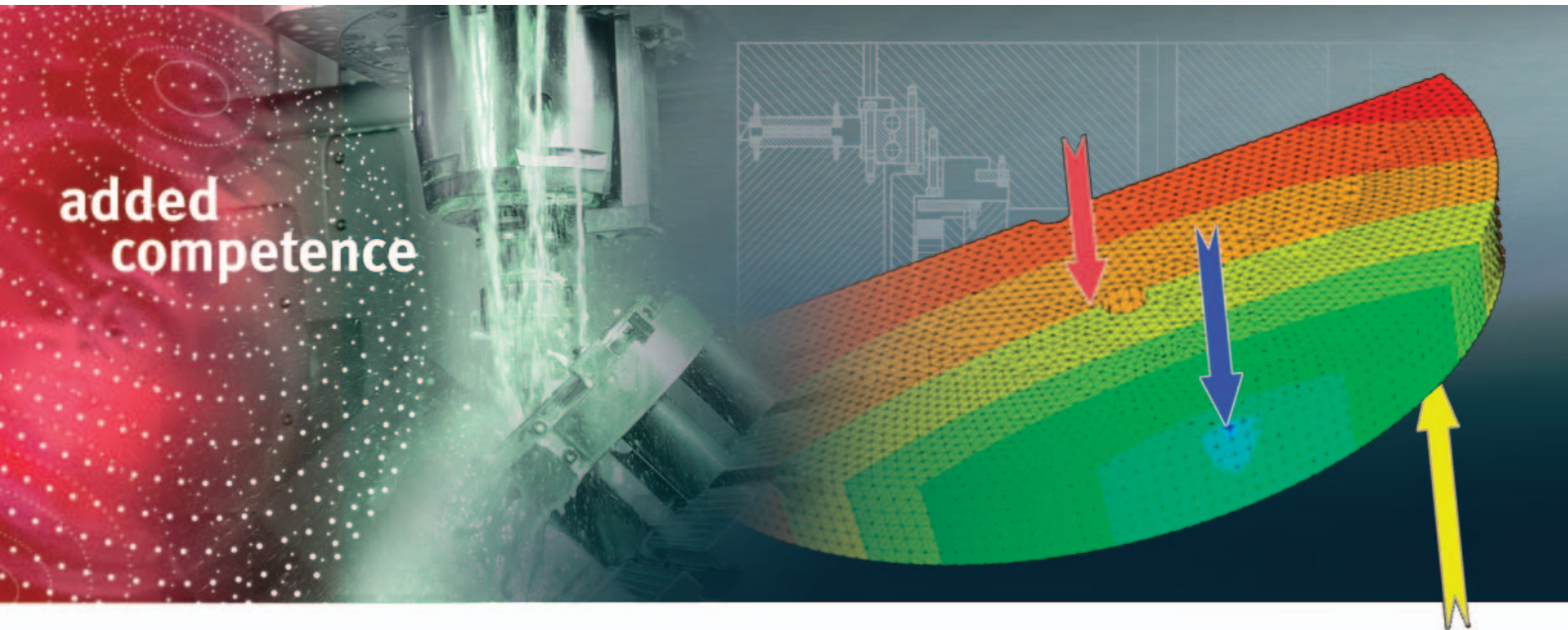




**FAG**



added  
competence

## Wälz- und Magnetlager in Rundtischachsen

– eine Erfolg versprechende Symbiose

## Wälz- und Magnetlager in Rundtischachsen – eine Erfolg versprechende Symbiose

**In der Praxis findet eine Vielzahl von Rundtischlagerungen Anwendung. Alle verfügbaren Varianten besitzen spezifische Leistungsgrenzen, wobei die meisten Wälzlagerhersteller bestrebt sind, diese Leistungsgrenzen zu steigern. Um dieses herausfordernde Ziel zu erreichen, kann ein gänzlich neuer Ansatz, nämlich die Kombination mit Magnetlagern, zu innovativen, unerwarteten Systemeigenschaften führen und damit den Kundennutzen erhöhen.**

**Im Rahmen eines Vorentwicklungsprojektes hat die Schaeffler Gruppe die Grundlagen erarbeitet, die erforderlich sind, um eine Magnetlagerung auf eine Wälzlagerung abzustimmen.**

**In diesem Beitrag werden das Konzept, das Wirkprinzip, die Untersuchungsergebnisse und der daraus erzielbare Nutzen erläutert.**

### Einleitung

Die führenden Wälzlagerhersteller unternehmen kontinuierlich Anstrengungen, um die Leistungsdaten von Wälzlagerungen, insbesondere die Tragfähigkeit und Grenzdrehzahl, zu steigern. Dies ist in erster Linie in Werkzeugmaschinen von großer Bedeutung, da aufgrund des Rationalisierungsdrucks die Schnittgeschwindigkeit und Ausbringungsleistung dieser kostenintensiven Maschinen erhöht werden müssen. Auf Wälzlagerseite sind diesen Bestrebungen oft werkstoff- und prozessbedingt Grenzen gesetzt.

Großen Einfluss auf die Leistungsdaten einer Werkzeugmaschine haben hierbei die Rundtischlagerungen, Bild 1. Neben üblichen Entwicklungsansätzen wird in der Schaeffler Gruppe auch ein gänzlich neuer Weg beschritten. Hierbei werden Synergieeffekte ausgenutzt, die sich aus der Kombination

von Wälzlagern mit passiven Magnetlagerungen ergeben. Gänzlich neue Systemeigenschaften und Leistungsdaten können sich aus der Kombination von zwei unterschiedlichen Maschinenkomponenten ergeben.

### Wirkprinzip

Das Wirkprinzip ist wie folgt: Wirkt von oben auf den Rundtisch eine statische Kraft, beispielsweise eine Gewichtskraft, hat die Rundtischlagerung die gesamte Stützkraft aufzunehmen. Wird nun in den Rundtisch zusätzlich eine Magnetlagerung integriert, und zwar so, dass sich die drehenden Magnete im Rundtisch und die feststehenden im Maschinenbett gegenseitig abstoßen, könnte die auf das Lager wirkende Gewichtskraft zum Teil kompensiert werden.

Dies führt dazu, dass das Wälzlager eine reduzierte Stützkraft aufzubringen hat.



Bild 1: Rundtischlager, Baureihe ZKLDF

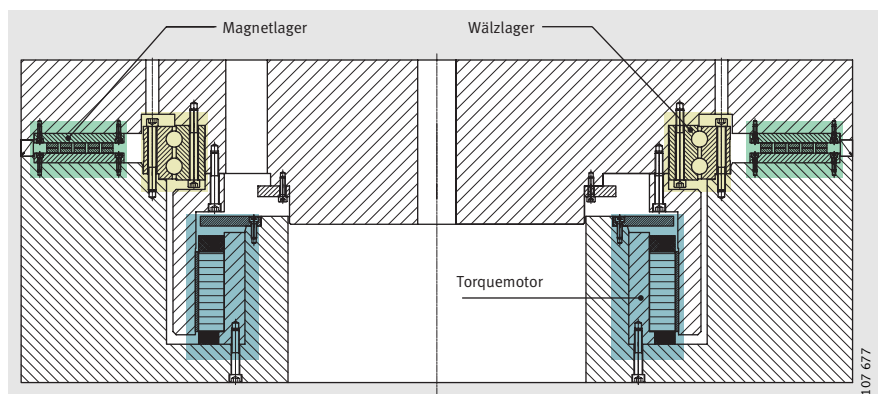


Bild 2: Konzept eines Rundtisches mit magnetischer Entlastung

Daraus kann sich folgender Kundennutzen ergeben:  
 Höhere Lagerlebensdauer bei gleicher Lagergröße und/oder höhere Grenzdrehzahl bei Nutzung einer anderen Lagerbauform oder eines kleineren Wälzlagers.

### Konzept

Auf Basis eines praxisgerechten Lastenheftes wurde das Konzept eines Rundtisches mit einem integrierten Magnetlager, auch nachfolgend magnetische Entlastung genannt, ausgearbeitet. Wie in Bild 2 dargestellt, wurde hierbei ein zweireihiges Axial-Schräglager der Baureihe ZKLDF als Rundtischlagerung gewählt. Ebenso wurde in das mechanische Konzept ein IDAM-Torquemotor mit Außenläufer einbezogen, um die Integrierbarkeit mit modernen Antriebskomponenten zu untersuchen.

Sowohl auf dem Maschinenbett, als auch auf dem drehenden Rundtisch, sind neben der Rundtischlagerung mehrere konzentrische Ringe aus Permanentmagneten angebracht und zwar so, dass sich die Magnete abstoßen. Dadurch kommt eine konstante, jedoch vom Drehwinkel unabhängige Kraft zustande, die senkrecht gerichtet ist und die von unten nach oben wirkt. Somit würden die Gewichtskraft und/oder andere konstante Kräfte, die von oben nach unten auf das Lager wirken, bis zu einem gewissen Betrag kompensiert werden.

Bei der konstruktiven Ausarbeitung der dargestellten Rundtischanordnung ist Kenntnis auf zwei Gebieten notwendig, auf dem Gebiet der Wälzlager-technik ebenso wie auf dem der Magnetlagertechnik.

### Simulation und Untersuchung der wesentlichen Merkmale des Lagers und des Rundtisches

Zielrichtung der nachfolgend beschriebenen Simulationen war es, das Systemverständnis zu erarbeiten, insbesondere hinsichtlich Lagersteifigkeit, Rundtischsteifigkeit und Lagerlebensdauer.

### Steifigkeit und Einfederung des Rundtisches

In die Steifigkeitsuntersuchung wurden die Rundtischlagerung und die magnetische Entlastung in die Betrachtung mit einbezogen. Als Belastung wurden die Gewichtskraft des Rundtisches und eine außermittig angreifende Zerspanungskraft gewählt. Des Weiteren wurden die Steifigkeit des Rundtischlagers und die magnetische Abstoßungskraft, die konzentrisch auf einer Ringfläche verteilt neben dem Lager wirkt, berücksichtigt.

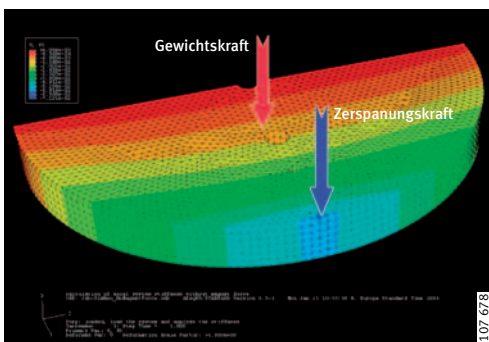


Bild 3: Simulation mit FEM  
 Steifigkeitsvergleich ohne magnetische Entlastung:  
 Einfederung 72  $\mu\text{m}$

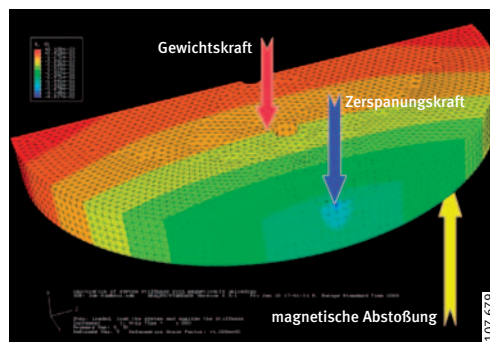


Bild 4: Simulation mit FEM  
 Steifigkeitsvergleich mit magnetischer Entlastung:  
 Einfederung 48  $\mu\text{m}$

Aus dem Vergleich von Bild 3 und Bild 4, die die Ergebnisse der Simulationsrechnung mit FEM wiedergeben, ist zu entnehmen, dass die magnetische Abstoßungskraft eine zusätzliche Stützfunktion auf das Rundtischlager ausübt. Dies ist an der geringen Einfederung am Angriffspunkt der Zerspanungskraft ersichtlich, Bild 4.

#### **Einfluss auf die Lagerlebensdauer**

Ferner wurde mittels Simulation untersucht, welche Auswirkung die magnetische Entlastungskraft  $F_m$  auf die nominelle Lagerlebensdauer  $L_h$  haben würde, siehe Bild 5. Es wurde ein Lastkollektiv angenommen, das ohne magnetische Entlastung zu einer nicht zufrieden stellenden Lagerlebensdauer führen würde, nämlich wesentlich kürzer als 5 000 h.

Hierzu wurde die magnetische Entlastungskraft im Bereich von 0 kN bis 65 kN erhöht.

Wie man erkennen kann, würde mittels einer Entlastungskraft von 65 kN ein zufrieden stellender Lebensdauerbereich von größer als 20 000 h erreicht werden.

#### **Einfluss auf die Lagerlebensdauer und die Rundtischgrenzdrehzahl**

Abschließend wurde theoretisch überprüft, ob das eingangs beschriebene Projektziel „längere Lagerlebensdauer und/oder höhere Drehzahl bei geänderter Lagerbauform“ erzielbar sein könnte. Die Ergebnisse sind in Bild 6 dargestellt. Hierzu wurde wieder ein Lastkollektiv angenommen, das bei dem Lager ZKLDF725 mit dem Innendurchmesser von 725 mm und einer Grenzdrehzahl von  $400 \text{ min}^{-1}$  zu einer ausreichenden Lagerlebensdauer von etwa 20 000 h führen würde, hier einer Axialbelastung von 90 kN und eine Drehzahl von  $400 \text{ min}^{-1}$ . Möchte man dagegen den Rundtisch mit  $700 \text{ min}^{-1}$

betreiben, könnte man eine kleinere Lagergröße wählen. Durch die Änderung auf die kleinere Lagergröße, hier ZKLDF460 mit einem Innendurchmesser von 460 mm und einer Grenzdrehzahl von  $700 \text{ min}^{-1}$ , und mittels magnetischer Entlastung könnte beim vorliegenden Lastkollektiv von 90 kN und  $700 \text{ min}^{-1}$  ebenfalls eine Lagerlebensdauer von größer als 20 000 h erzielt werden.

#### **Erprobung**

Um die vorstehend beschriebenen Simulationsergebnisse bestätigen zu können, wurde zunächst ein kleineres Versuchsmuster, nämlich ein Rundtisch ohne eigenen Antrieb, aufgebaut, Bild 7. Dieses Modell soll dazu dienen, den Einfluss einer magnetischen Lastkompensation auf die Lagerlebensdauer zu untersuchen. Nach Vorliegen der Erprobungsergebnisse können diese auf kundenspezifische Rundtischanwendungen übertragen werden.

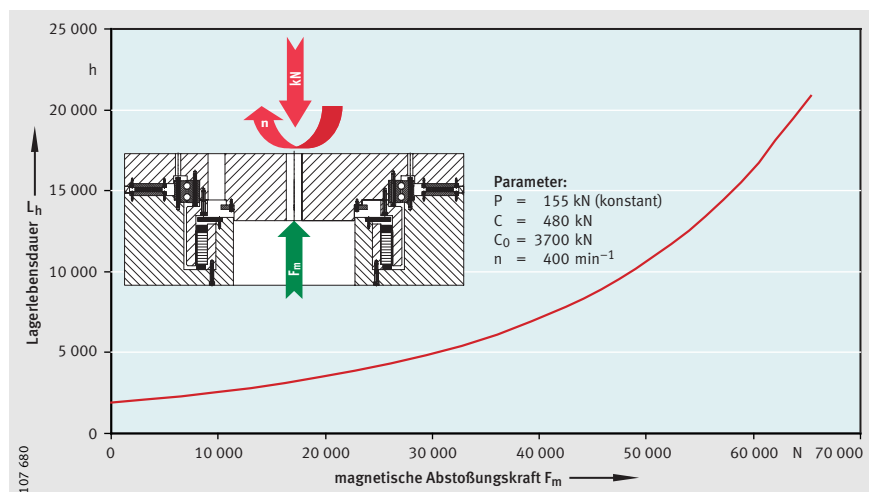


Bild 5: Einfluss der magnetischen Abstoßungskraft auf die Wälzagerlebensdauer  $L_h$

## Zusammenfassung

Die Kombination eines Wälzlagers mit einem passiven Magnetlager ist sehr vielschichtig und komplex.

Die Abstimmung dieser beiden unterschiedlichen Lagerungskonzepte ist aufwändig und erfordert einen interdisziplinären, mechatronischen Entwicklungsansatz.

Die Schaeffler Gruppe hat das erforderliche Know-how erarbeitet, so dass den Kunden Konstruktions- und Auslegungunterstützung auf diesem Feld gegeben werden kann.

Im Rahmen dieses Beitrags wurde anhand ausgewählter Beispiele dargestellt, wie mittels systematischer Vorgehensweise eine magnetische Gewichtskompensation auf ein gegebenes Rundtischlager abgestimmt werden kann. Dies kann wesentlich zu einer Steigerung der Lagerlebensdauer und damit zu einem hohen Kundennutzen beitragen.

Gänzlich neue Systemeigenschaften sowie neuartige Möglichkeiten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und Produktivität der Werkzeugmaschine zeichnen sich ab.

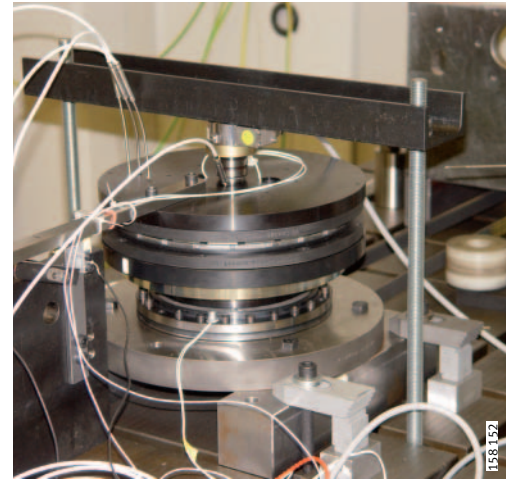


Bild 7: Einbindung des Versuchsmusters in den Prüfstands Aufbau

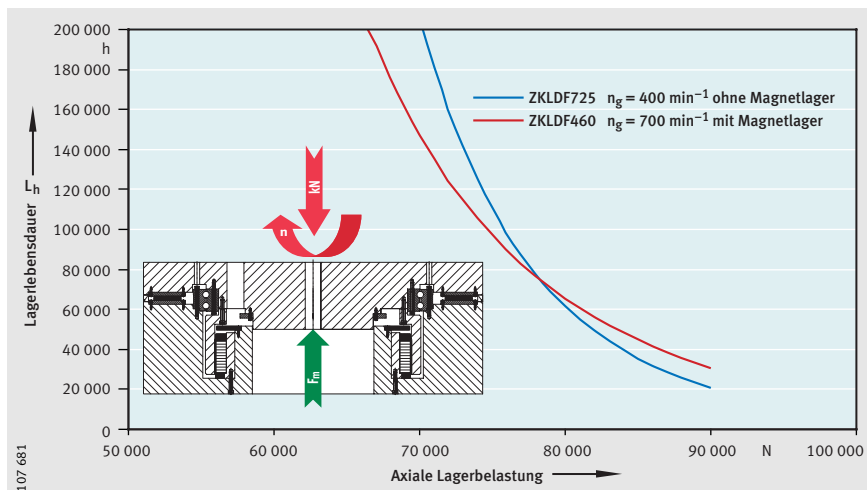


Bild 6: Längere Lebensdauer und/oder höhere Drehzahl



**Ihr Ansprechpartner**

Dipl.-Ing. (FH) Günter Schmid  
Telefon +49 9132 82-2392  
E-Mail  
[Guenter.Schmid@schaeffler.com](mailto:Guenter.Schmid@schaeffler.com)

**Schaeffler KG**

Industriestraße 1-3  
91074 Herzogenaurach