

**SCHAEFFLER**

01—17

# INDUSTRIAL AUTOMATION

**INTERVIEW MIT  
RALF MOSEBERG**

ÜBER SMARTE KOMPONENTEN UND  
DIE INNOVATIONEN VON SCHAEFFLER AUF DER EMO

**KEINE ÜBERRASCHUNGEN MEHR!**

SPINDELLAGERBELASTUNG ÜBERWACHEN UND  
VORSCHUBACHSEN AUTOMATISIERT NACHSCHMIEREN

4-7



## INTERVIEW MIT RALF MOSEBERG

Der Senior Vice President Industrial Automation über Trends in der Werkzeugmaschinenbranche und die neuen Produkte von Schaeffler.



12

## NEUES OPTIMIERUNGSPOTENZIAL

Mit der neuen High-Speed Spindellager-Baureihe M lässt sich die Belastbarkeit von Motorspindeln weiter steigern. Werkzeugmaschinen werden so noch produktiver.

## PER MAUSKLICK ZUM INDIVIDUELLEN LINEARSYSTEM

Der optimale Weg zu maßgeschneiderten und funktionsfertigen Ein- und Mehrachs-Linearsystemen und warum Schaeffler hier der ideale Partner ist.



18-19

22

## BLICK IN DIE ZUKUNFT

Das neue Mehrkanal-Condition Monitoring System (CMS) erlaubt die Zustandsüberwachung und Zustandsprognose mehrerer Schlüssel-Komponenten sowie die flexible Integration von Sensoren beliebiger Hersteller.



# INHALT

## 04 INTERVIEW

## 08 WILLKOMMEN AUF DER EMO

Von Komponenten über Systeme und digitale Services hin zur Werkzeugmaschine 4.0

## 10 EINE NEUE LEISTUNGSKLASSE

Weiterentwicklung der Sechsstufigen Kugelumlaufeinheit KUSE in X-Life-Qualität

## 11 ENABLER FÜR MEHR SPINDEL-PERFORMANCE

Benchmark – das X-Life-Design der Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager

## 12 NEUES OPTIMIERUNGSPOTENZIAL

Neue X-life High-Speed Spindellager-Baureihe M macht Werkzeugmaschinen produktiver

## 13 VACRODUR – NEUER HOCHLEISTUNGSWERKSTOFF

Temperaturstabil bis über 400°C

## 14 KOMPLETTES REDESIGN

Die Überarbeitung der Rundtischlager-Baureihe YRTC eröffnet neue Wege für Betreiber von Werkzeugmaschinen zu mehr Zerspanungsleistung und höherer Präzision

## 15 LINEARAKTOR MIT HÖCHSTER KRAFTDICHTE

Klein, aber oho! Der Planetenwälzgewindetrieb PWG bietet höchste Kraftdichte und ein attraktives Preis-Leistungsverhältnis

## 16 INNOVATIONEN AUS DEM BAUKASTEN

Egal ob High-Speed, High-Performance oder High Precision – Schaeffler bietet die genau passenden Komponenten für Rundtische und Rundachsen

## 17 BEST-IN-CLASS-LAGER NOCH BESSER GEMACHT

Mehrere Baureihen sorgen für eine große Auswahl an Rundtischlagern

## 18 PER MAUSKLICK ZUM INDIVIDUELLEN LINEARSYSTEM

Zustandsüberwachung kompletter Werkzeugmaschinen

## 20 KEINE ÜBERRASCHUNGEN MEHR!

Bedarfsgerechte und automatisierte Nachschmierung von Linearführungen reduziert den ungeplanten Ausfall wesentlich

## 22 BLICK IN DIE ZUKUNFT

## 23 SCHAEFFLER SMART ECOSYSTEM

Mehrwertgenerierung aus der Digitalisierung von Maschinenkomponenten

## 24 DURCH PARTNERSCHAFT FIT FÜR INDUSTRIE 4.0

Mit Industrie 4.0-tauglichem Bearbeitungszentrum dem hohen Kosten- und Innovationsdruck begegnen

## 26 SCHAEFFLER-APPS: INFORMATIONEN ÜBERALL VERFÜGBAR

Egal was, wann und wo – mit den Schaeffler-Apps immer den Überblick behalten



# EDITORIAL

## FORTSCHRITT GEMEINSAM GESTALTEN

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

seit April 2017 bin ich neuer Leiter Industrie Europa der Schaeffler Gruppe. Nach Stationen bei Honeywell, Leybold Vakuum, Eaton (Cooper Industries) und Bartec stehe ich nun unseren Kunden in Europa, dem Mittleren Osten, in Afrika und Indien zur Seite. Gerne ergreife ich persönlich die Gelegenheit, Sie in der Erstausgabe der Industrial Automation auf die Highlights von Schaeffler auf der EMO 2017 einzustimmen. Wir präsentieren in Hannover für die Werkzeugmaschine gleich vier neue Lagerbaureihen in X-life-Qualität. Sie stellen im internationalen Vergleich den Benchmark dar. Eine absolute Neuentwicklung ist der pulvermetallurgisch hergestellte Wälzlagerstahl Vacrodur speziell für High-Speed-Spindellager, mit dem Sie die Performance von Spindellagern und damit der kompletten Spindel beträchtlich steigern können. Weiterhin präsentieren wir unter anderem neue Torquemotoren für Ultrapräzisionsmaschinen und extrem kippsteife Rundtischlager. Die Erkenntnis: Auch mit rein mechanischen Entwicklungen sind immer noch bemerkenswerte Fortschritte zu erreichen. Das darf natürlich nicht darüber hinwegtäuschen, dass immer mehr unserer Produkte sensorisiert – oder soll ich sagen – digitalisiert werden. So präsentieren wir Ihnen eine automatisierte und zustandsorientierte Nachschmierung für

Führungen in Vorschubachsen und ein innovatives Sensorsystem zur Überwachung der Spindellagerbelastung. Diese mechatronischen und digital unterstützten Lösungen ermöglichen es zum einen mit neuen Regelkreisen den eigentlichen Maschinenprozess zu optimieren und zum anderen auch die letzten Reserven aus der Wälzlagerung herauszuholen. Das bedeutet, mit unseren Systemlösungen können die Leistungsgrenzen von Werkzeugmaschinen maximal ausgenutzt und gleichzeitig deren Lebensdauer verlängert werden. Besonders anschaulich demonstrieren wir dies am Schaeffler-Stand rund um die „gläserne“ Werkzeugmaschine 4.0.

Liebe Kunden, nutzen Sie die Gelegenheit, auf der EMO in Hannover mit unseren Ingenieuren nicht nur über die mechatronischen Produkte, sondern auch über die damit realisierbaren Regelkreise in Ihrer Werkzeugmaschine und deren Benefit zu sprechen. Bis zur Messe bietet Ihnen die Industrial Automation eine hervorragende Informationsquelle über unsere neuesten Produkte für die Werkzeugmaschinenbranche.

Mit besten Wünschen für eine informative Lektüre!

Marcus Eisenhuth  
Leiter Industrie Europa

# RALF MOSEBERG

Ralf Moseberg, Senior Vice President Industrial Automation bei Schaeffler, im Gespräch mit der Industrial-Automation-Redaktion über Trends in der Werkzeugmaschinenbranche, smarte Komponenten und die neuen Produkte von Schaeffler auf der EMO 2017 in Hannover. Ein Versprechen, das er schon zu Beginn gibt: „Mit unseren neuen Produkten lassen sich die Verfügbarkeit, die Produktivität und die Bearbeitungsqualität von Werkzeugmaschinen deutlich steigern.“



**HERR MOSEBERG: SIE BEZEICHNEN DIE EMO 2017 ALS GANZ ENTSCHEIDENDEN MEILENSTEIN IM HINBLICK AUF DIE PRODUKTE, DIE SCHAEFFLER IN HANNOVER VORSTELLT. WARUM GERADE DIE EMO UND WARUM GERADE JETZT?**

**Ralf Moseberg >>** Selten sind wir mit so vielen neuen und innovativen Produkten auf einer Messe an den Start gegangen. Wir präsentieren in Hannover unter anderem einen neuen Wälzlagerstahl speziell für Spindellager, der pulvermetallurgisch hergestellt ist, außerdem eine integrierte Sensorik zur Verlagerungsmessung und Belastungsüberwachung von Hauptspindeln, ein Mehrkanal-Condition Monitoring System für Werkzeugmaschinen, einen Torque-Antrieb ohne magnetische Störkräfte für die Ultra-Präzisionsbearbeitung usw. Die treibenden Themen sind für uns stets die gleichen: dem Kunden mit unseren Produkten höhere Maschinenverfügbarkeit, mehr Produktivität und Bearbeitungsqualität bieten. Hierzu setzen wir immer häufiger neue Technologien ein. Oder präziser ausgedrückt, neue Technologien kommen bei Schaeffler immer schneller aus der Forschung in die Serie.

**DAS KENNT MAN BISLANG EHER AUS DEM MOTORRENNSPORT. WOHER KOMMT DIESE „BESCHLEUNIGTE“ ENTWICKLUNG UND WIE SETZEN SIE DAS IN DIE PRAXIS UM?**

**Ralf Moseberg >>** Ja, insbesondere der Motorrennsport ist ein sehr gutes Beispiel. Diese Beschleunigung findet auch in der Werkzeugmaschinenindustrie statt. Um hier Schritt zu halten, muss man als Unternehmen zwei Bedingungen erfüllen. Erstens müssen sie fähig sein, schnell

genug neue Technologien zu entwickeln und zweitens müssen sie diese auch schnell industrialisieren können. Dies umzusetzen, war ein lang andauernder Prozess, erfordert entsprechende Ressourcen und eine motivierte, schnelle und flexible Mannschaft. Für die Zukunft sind wir u.a. mit dem Ende 2016 fertig gestellten Engineering Center am Standort Homburg gut gerüstet. Mit zwei Teams in Schweinfurt für die rotativen Produkte und in Homburg für die Lineartechnik bündelt Schaeffler seine Aktivitäten in dem neuen Geschäftsbereich Industrial Automation, den ich verantworte. Ähnlich wie die großen „Automatisierer“, die ja von der Steuerungstechnik herkommen, sehen wir uns als Automatisierer von der mechanischen und mechatronischen Seite kommend. Unsere Kernkompetenz ist die Automatisierung von Bewegungen, angefangen vom Lager- und Führungssystem über den mechanischen Antrieb bis zum Motor.

**INDUSTRIAL AUTOMATION IST AUCH DER NEUE TITEL DES KUNDENMAGAZINS FÜR DIE INDUSTRIE-SPARTE VON SCHAEFFLER. WAS WAREN DIE GRÜNDE FÜR DIE ÄNDERUNG DES TITELS?**

**Ralf Moseberg >>** Added competence war über viele Jahre unser Magazin-Titel, aber auch so etwas wie unser Slogan im Bereich der Werkzeugmaschine. Besonders in den letzten zwei Jahren sind wir mit sehr vielen neuartigen Produkten, Services und Innovationen den Markt angegangen, so dass die Message added competence ganz sicher bei den Kunden angekommen ist. Man könnte sagen, dass wir diesen Slogan mit unseren innovativen Produkten selbst überholt haben. Es war also Zeit für einen neuen Titel. Mit „Industrial Automation“ wollen wir das Signal aussenden, dass wir bei der Entwicklung der optimalen Lösung – übrigens nicht erst seit Industrie 4.0 – die gesamte Automatisierung der Bewegung und den Prozess des Kunden im Fokus haben. Nicht zuletzt war auch der neu gegründete Bereich Industrial Automation und die damit verbundene Umstrukturierung mitentscheidend. Die „added competence“ können Kunden auch in Zukunft an unseren Produkten sehr gut erkennen.

**KÖNNEN SIE EIN AKTUELLES BEISPIEL NENNEN?**

**Ralf Moseberg >>** Zur EMO 2017 werden wir die zweite Generation der Rollenumlaufeinheit RUE 4.0 als Bestandteil der zustandsorientierten Nachschmierung für Linearachsen vorstellen. Abgesehen davon, dass nun die Nachschmierung von sechs Laufwagen mit einem System möglich ist, enthält die neue Rollenumlaufeinheit eine komplett selbst entwickelte Sensorik. Es ist aus meiner Sicht ein deutliches Zeichen für added competence, dass wir als „Lagerlieferant“ fähig sind, Sensoren für unsere mechatronischen Produkte selbst zu entwickeln. Das machen wir natürlich nur dann, wenn der Sensormarkt keine adäquate Lösung bietet. Der Punkt ist hier, dass wir es können – in dem gesteckten Zeit- und Kostenrahmen. Solche Eigenentwicklungen werden aber die Ausnahme bleiben, wir wollen kein Sensoranbieter werden. Unser Fokus ist nach wie vor der Kundennutzen, den wir mit Wälzlagern als systemintegrierte Komponente realisieren. >

**>> Die EMO 2017 ist ein ganz entscheidender Meilenstein für Schaeffler. <<**

### WAS VERSTEHEN SIE UNTER DEM LAGER ALS SYSTEMINTEGRIERTE KOMponente?

**Ralf Moseberg >>** Ich meine damit, dass es Wechselwirkungen zwischen der Lagerung und der Maschine gibt und wir diese Wechselwirkungen in die Entwicklung weitestgehend mit einbeziehen. Wir beschäftigten uns früher mit rein mechanischen Wechselwirkungen, also im einfachsten Fall z. B. damit, dass in einem Getriebe die Einfederung des Lagers die Lagerkräfte, aber auch die Wellendurchbiegung an den Getriebeverzahnungen, beeinflusst. Das System bestand für uns hier aus Lager, Wellen, Verzahnungen und Gehäuse. Die Definition des „Systems Lager“ hat sich jedoch durch die Digitalisierung unserer Produkte bemerkenswert erweitert. Heute benutzen wir – um ein zweites Beispiel zu nennen – die durch die Bearbeitungskräfte verursachte Verlagerung des Hauptspindellagers als „Steuergröße“, um dem Betreiber eine Anpassung seiner Bearbeitungsparameter derartig zu ermöglichen, dass er seine Hauptspindel möglichst selten überlastet oder gar beschädigt. Der althergebrachte Begriff vom Lagersystem ist also nicht mehr ausreichend, vielmehr muss man vom Lager als systemintegrierte Komponente sprechen, wobei unter System hier mitunter die ganze Maschine oder ein größeres Subsystem zu verstehen ist. Das ist sehr spannend.

### WAS IST NEU AN DEN PRODUKTEN, DIE SCHAEFFLER AUF DER EMO AUSSTELLT?

#### WELCHE HIGHLIGHTS DÜRFEN WIR VON SCHAEFFLER ERWARTEN?

**Ralf Moseberg >>** Das ist zweigeteilt. Auf der einen Seite sind einige neue Produkte „sensorisiert“. Die automatische Nachschmierung von Rollenumlaufeinheiten und die Spindelastüberwachung hatte ich bereits erwähnt. Auf der anderen Seite erreichen wir mit neuen

Herstellungs- und Fertigungsmethoden bemerkenswerte Fortschritte bei den Wälzlagern hinsichtlich Tragfähigkeit, Grenzdrehzahlen und Lebensdauer. Wir stellen insgesamt vier neue Lagertypen in X-life-Qualität vor. Die neue FAG Spindellager-Schräggugellager-Baureihe M, eine FAG Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager-Baureihe, die sechsreihige INA Kugelumlaufreihe KUSE und die YRTC-Baureihe für Rundachsen. Für angetriebene Rundachsen und Rundtische bieten wir erstmals auch ein sogenanntes Kit an. Ein Kit besteht aus den Hauptkomponenten Lagerung, Antrieb und Winkelmesssystem sowie gegebenenfalls weiteren Komponenten wie Flanschteilen. Die möglichen Ausführungen reichen von zusammen verpackten, vorkonfektionierten Komponenten bis zu vormontierten Baugruppen. Durch solche Kits wird für den Rundtischhersteller die Beschaffung einfacher und er kann Zeit und Aufwand in der Montage sparen. Das aufeinander abgestimmte und kombinierbare Portfolio an drei INA Rundtischlager-Baureihen, drei IDAM Torquemotoren-Baureihen und mehreren Messsystemen soll den Systemlieferanten der Werkzeugmaschinenbranche die Möglichkeit offerieren, entsprechend ihrer Unternehmensphilosophie, dem anvisierten Preissegment und den Anforderungen der Anwendung genau passende Rundtische und Rundachsen anbieten zu können. Darin sehen wir ein großes Alleinstellungsmerkmal für uns aber auch für unsere Kunden. Ein weiteres Highlight ist die neue SRV-Torquemotoren-Baureihe von IDAM für Bearbeitungsgenauigkeiten im Sub-Mikrometerbereich.

### UNTER DEM MOTTO „MEHRWERT DURCH DIGITALISIERUNG“ STELLTE SCHAEFFLER ZUR EMO 2015 ERSTE STUDIEN UND PRODUKTE VOR, DARUNTER AUCH DIE WERKZEUGMASCHINE 4.0 ALS INNOVATIONSPROJEKT. WELCHE WEITERENTWICKLUNGEN HAT ES HIER GEGEBEN?

**Ralf Moseberg >>** Gestatten Sie mir hier einen Rückblick, damit Sie besser verstehen, was wir aktuell bieten. Seit 2014 entstanden im Rahmen der Digitalisierungsstrategie bei Schaeffler etliche Innovationen. Wir entwickelten „Basistechnologien“, wie die 2015 vorgestellte magnetostriktive Drehmomentsensorik oder auch die zur Hannover Messe 2017 präsentierte berührungslose, Mikrometer genaue Messung von Verlagerungen an Wälzlagern. Diese Basistechnologien kommen in mechatronischen Komponenten zum Einsatz, wie beispielsweise dem FAG Drehmomentsensor und dem FAG Variosense – eine Kombination aus Standardkugellager und Sensorcluster. Wir nennen solche Produkte auch smarte Komponenten.



**>>> Bei der nächsten Maschinengeneration sind smarte Komponenten die Treiber des Produktivitätsfortschrittes. <<<**



Speziell für den Werkzeugmaschinenmarkt adaptierten wir das Funktionsprinzip der Verlagerungsmessung auf Spindellager. Wir sind nun in der Lage, die Verlagerung des vorderen Spindellagers sehr präzise in fünf Achsen zu erfassen. Zur EMO präsentieren wir diese Innovation in einer ersten Baugröße.

Für die praktische Erprobung dieses und anderer Systeme ist bis heute die Werkzeugmaschine 4.0 in Höchststadt im Einsatz. Sie erfüllt den Zweck, die erwähnten Basistechnologien, die smarten Komponenten und gegebenenfalls die neuen Regelkreise praktisch zu erproben und weiterzuentwickeln. Inzwischen haben wir auch zirka 1500 eigene Werkzeugmaschinen mit Sensorik und entsprechenden Algorithmen ausgestattet, um die Vorteile digitalisierter Komponenten auch für das eigene Unternehmen zu nutzen.

Auch Software entwickelten wir seit der letzten EMO zur Serienreife, wie etwa die automatisierte Diagnose von Maschinenkomponenten auf Basis von Körperschallschwingungen. Auf dem Gebiet der Körperschallanalyse ist Schaeffler schon seit Jahrzehnten mit FAG Condition Monitoring Systemen (CMS) am Markt vertreten. Diese Systeme haben für Schaeffler an Bedeutung gewonnen, da mit deren Daten aufgrund der erweiterten Vernetzung innerhalb von Produktionssystemen ein Zusatznutzen für die Kunden geschaffen werden kann. Ihre Weiterentwicklung ermöglichte die sehr schnelle Umsetzung neuer digitaler Services wie z. B. die erwähnte automatisierte Diagnose – übrigens ist das auch ein Entwicklungsergebnis aus der Werkzeugmaschine 4.0.

Speziell für die Überwachung von Schlüsselkomponenten und Subsystemen in Werkzeugmaschinen präsentiert Schaeffler zur EMO 2017 den Prototyp eines Mehrkanal-CMS. Grundsätzlich neu entwickelt ist die Möglichkeit Schwingungssignale von Kugelgewindetrieben zu

interpretieren. Das Software-Modul ist noch in der Erprobung und wird nach der EMO 2017 als Beta-Version für interessierte Kunden zur Verfügung stehen.

#### **IST DIE VERNETZUNG DER SMARTEN KOMponentEN MIT EINER CLOUD EIN MUSS?**

**Ralf Moseberg >>** Nein, grundsätzlich konzipiert Schaeffler die mechatronischen Komponenten so, dass sie lokal in der Maschine oder Anlage betrieben werden können. Sie verfügen aber stets auch über eine Schnittstelle zu Cloud-Strukturen – sei es die Schaeffler-Cloud oder eine private Cloud. Dort werden die gemessenen Daten für neue digitale Services herangezogen, um den Kundennutzen noch weiter zu steigern. Wir offerieren stets auch die lokale Lösung, um die Hürden bei der Markteinführung für unsere Kunden gering zu halten und damit die Betreiber von Werkzeugmaschinen erste Felderfahrungen sammeln können. Der größere Nutzen wird natürlich mit digitalen Services aus der Cloud erreicht.

#### **MIT WELCHEN ENTWICKLUNGSTRENDS RECHNEN SIE IN DEN NÄCHSTEN JAHREN AUF DEM GEBIET DER WERKZEUGMASCHINEN UND BEI DER INA LINEARTECHNIK?**

**Ralf Moseberg >>** Wenn in einigen Jahren genügend Betriebsdaten, also reale Belastungsdaten aus dem Feld, vorhanden sein werden, besteht die große Chance, diese Daten – entsprechend statistisch aufbereitet – für die Auslegung der nächsten Maschinengeneration verwenden zu können. Die heute für die Auslegung zu Grunde gelegten Lastkollektive basieren hauptsächlich noch auf Erfahrung und Abschätzung. Uns werden in ein paar Jahren qualitativ sehr viel bessere Auslegungsdaten zur Verfügung stehen. Die bis dato einkalkulierten Sicherheitsreserven lassen sich dann gezielt reduzieren. Das wird je

nach Entwicklungsziel weiteres Downsizing oder Kostenreduzierungen ermöglichen. Aber auch optimierte Maschinenserien für bestimmte Kundengruppen sind dann sehr gut vorstellbar.

Die Systeme für die Zustandsüberwachung und –prognose von Schlüsselkomponenten in Werkzeugmaschinen werden ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt sein. Auf der Produktseite werden wir unseren Lineartechnik-Standardbaukasten weiter ausbauen und so eine noch größere Anzahl an Applikationen abdecken können. Die Weiterentwicklung unserer Profilschienenführungen ist besonders wichtig, weil Sie die Basis für unseren Linear modul- und Linear systembaukasten darstellen. Auf dem Gebiet der elektromechanischen Linearaktoren sehe ich für die INA Lineartechnik noch Entwicklungspotenzial. Mit dem Planetenwälgewindtrieb bieten wir einen ersten Linearaktor mit sehr hoher Leistungsdichte und attraktivem Preis-Leistungsverhältnis. Die zylindrische Bauform ist für uns etwas „Neues“ und birgt für uns die Chance, ganz neue Branchen und Applikationen zu erschließen.

#### **WAS EMPFEHLEN SIE FACHBESUCHERN DER EMO IN HANNOVER?**

**Ralf Moseberg >>** Nehmen Sie sich die Zeit auf dem Schaeffler-Stand, die neuen Produkte von einem unserer Applikations-Ingenieure erklären zu lassen. Viele Fortschritte sind nicht mehr allein in Zahlen zu fassen. Die dahinterstehenden Konzepte und Auswirkungen auf die Maschinenperformance sind mindestens genauso spannend. <





# WILLKOMMEN AUF DER EMO

**EMO**  
Hannover  
18-23·9·2017  
Halle 7 – Stand C 42

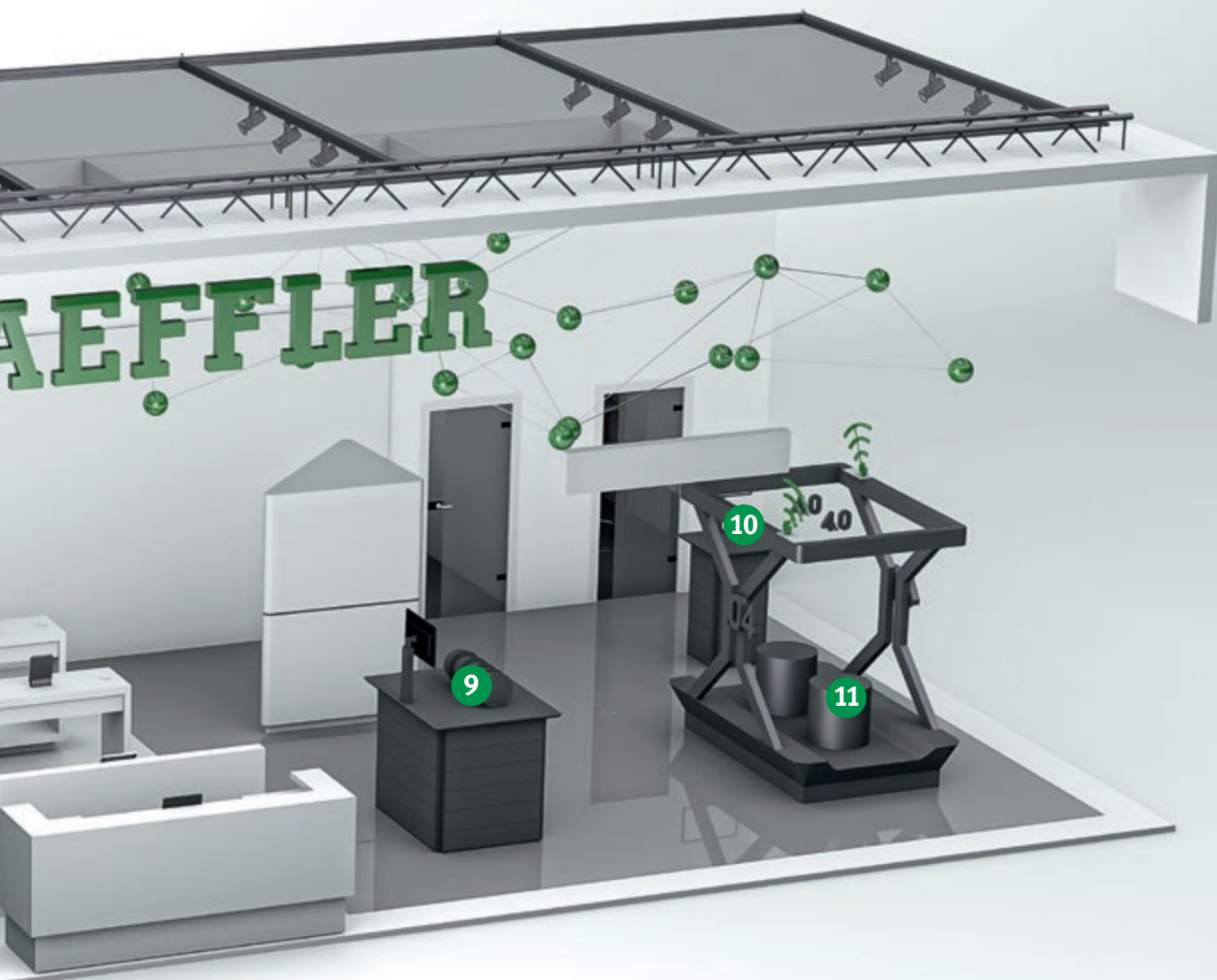
## Aus dem Baukasten: Rundtische mit USPs

Kombinieren Sie am Touchscreen-Bildschirm Ihren individuellen Rundtisch (6). Sie haben drei Torquemotor-Baureihen und drei Rundtischlager-Baureihen zur Auswahl und lösen so jede noch so spezielle Zerspanungsaufgabe.

- Als Messeneuheit präsentiert Schaeffler sogenannte Rundtisch-KITs (7): In Zukunft können Sie Rundtischlager und Torqueantrieb als komplett vormontierte Einheit in Ihre Konstruktion einbinden – optional auch mit lagerintegriertem Winkelmesssystem.

- Auf dem Schaeffler-Stand in Hannover wird erstmals das komplette Re-Design der Rundtischlager-Baureihe YRTC (5) vorgestellt. Erfahren Sie am Exponat mehr über die konstruktiven Änderungen und über die großen Fortschritte hinsichtlich Grenzdrehzahlen und Kippsteifigkeit.
- Sie suchen einen Entwicklungspartner für eine integrierte Lagerlösung? Dann sehen Sie sich den Werkzeugwechsler (8) genauer an und lassen Sie sich von einem unserer Ingenieure über unseren Engineering-Service informieren. Mehr über High-End-Komponenten für Rundtische auf den Seiten 14 bis 19.





#### Best-in-Class: X-life Linear- und Rotativ-Komponenten

Hochproduktive Werkzeugmaschinen können nur mit den leistungsfähigsten Komponenten entwickelt werden. Genau solche High-End-Komponenten haben wir hier ausgestellt:

- unsere überarbeitete sechsstufige Kugelumlaufführung (2) – Benchmark in Sachen Steifigkeit und Laufruhe;
- unseren Planetenwältzgewindetrieb (4) – einen der tragfähigsten Gewindetriebe bis 25 mm am Markt und unsere neuen Spindellager-Bauweisen: die Zylinderrollenlager (3)-Baureihen N10 und NN30 sowie die Schrägkugellager-Baureihe M (6). Diese steht in drei Performance-Klassen zur Auswahl, die leistungsfähigste Variante HCM mit dem pulvermetallurgisch hergestellten Wälzlagerstahl Vacrodur und mit Keramik-Wälzkörpern. Mehr zu unseren X-life-Produkten auf den Seiten 10 bis 15.

#### Mit smarten Komponenten zur Werkzeugmaschine 4.0

Unsere „gläserne Werkzeugmaschine“ (11) macht alle Aspekte der Vernetzung von Komponenten und Subsystemen transparent: sinnvolle Messstellen und Messgrößen; was wir unter smarten Komponenten verstehen und die Regelkreise, mit denen die letzten Reserven aus den Komponenten herausgeholt werden können. Zur Demonstration haben wir zwei

außergewöhnliche Highlights mitgebracht: Zum einen die neue Generation unserer automatisierten und zustandsorientierten Nachschmierung von Profilschienenführungen (9) für Vorschubachsen. Das System kann nun Signale von insgesamt sechs Laufwagen auswerten. Zum zweiten stellen wir erstmals der Öffentlichkeit unser innovatives Sensorsystem für Spindellager (10) vor. Dieses System ermittelt und überwacht die mechanische Belastung des vorderen Spindellagers. Welche enormen Fortschritte und Produktivitätssteigerungen mit der Überwachung der Spindellagerlast und mit der automatisierten Nachschmierung von Linearachsen erreicht werden können, lesen Sie auf den Seiten 20 und 21.

Außerdem stellen wir ein neues Mehrkanal-Condition Monitoring System speziell für Werkzeugmaschinen vor. Über die IEP-Schnittstelle können Sensoren beliebiger Hersteller und Subsysteme in das CMS implementiert werden.

An einem Terminal demonstrieren wir unsere digitalen Services und die neue PrecisionDesk-App (12), mit der unter anderem Messprotokolle von Hochgenauigkeitslagern abgerufen werden können. Weitere Details erfahren Sie auf den Seiten 22 bis 27. ◀



# EINE NEUE LEISTUNGSKLASSE

Die weiterentwickelten sechsreihigen KUSE-Kugelumlaufeinheiten in X-life-Qualität zählen am Markt zu den steifsten und tragfähigsten Profilschienenführungen auf Kugelbasis. Nicht nur der konzeptionelle Aufbau, sondern auch eine optimierte Innenkonstruktion sorgen für höchste Belastbarkeit und außergewöhnliche Laufruhe.

**S**echs anstatt der üblichen vier Kugelreihen nehmen bei den KUSE-X-life-Linearführungen die Lasten auf: Kräfte in Druckrichtung übertragen vier Kugelreihen mit einem Druckwinkel von 45°. Die Zugkräfte werden von zwei zusätzlichen Kugelreihen übertragen. Um deren Tragfähigkeit zu erhöhen, verfügen diese beiden Kugelreihen über einen steileren Druckwinkel von 60°. Seitliche Kräfte nehmen jeweils drei Kugelreihen auf. Diese spezielle Anordnung der Kugelreihen in kombinierter X- und O-Anordnung prädestiniert die KUSE-X-life-Baureihe vor allem für kombinierte Belastungsrichtungen. Im Vergleich zu vierreihigen Kugelumlaufeinheiten lässt sich die kombinierte Steifigkeit um durchschnittlich 15 % steigern.

## Bis zu 44 % höhere Tragzahlen und etwa dreifache Lebensdauer

Bei Wälzkörperumlauführungen zählen die Einlaufzonen – also der Bereich, in dem die Wälzkörper bis zur vollständigen Belastung in den Tragkörper laufen – zu den Performance begrenzenden Stellen. Sie limitieren in der Regel die Lebensdauer und Tragfähigkeit der Führungen. Die Einlaufzonen sollen dafür sorgen, dass die Belastung der Wälzkörper nicht schlagartig, sondern sanft erfolgt. Durch eine neu optimierte Gestaltung dieser Einlaufzonen an den Laufwagen und wesentlich weiterentwickelte Fertigungsmöglichkeiten konnte die INA Lineartechnik die Tragzahlen der sechsreihigen Kugelumlauführungen je nach Baugröße und Bauform um

bis zu 44 % erhöhen. Die Lebensdauer verlängert sich im Vergleich zur bisherigen Ausführung um etwa das Dreifache. Aufgrund der signifikanten Performance-Steigerung erhält die überarbeitete KUSE-Baureihe das bekannte X-life-Premiumsiegel.

## Um mehr als 86 % reduzierte Pulsationsamplitude

Der Umlauf der Wälzkörper bedingt weiterhin, dass sich in der Tragzone des Laufwagens nie eine konstante Anzahl an volltragenden Wälzkörpern befindet. Je nach effektiver Anzahl an tragenden Wälzkörpern in der Lastzone federt der Führungswagen entlang des Hubes mal mehr und mal weniger ein. Es entsteht eine geringe pulsierende Ausgleichsbewegung in Lastrichtung des Führungswagens. Diese Bewegung wird Hubpulsation genannt. Bezogen auf eine einzelne Kugel sind Pulsationsamplituden von bis zu 0,75 µm (Peak to Peak bei Baugröße 35) durchaus keine Seltenheit. Bei der neuen Generation der KUSE X-Life-Führungen konnte die Kontur der Einlaufzone so optimiert werden, dass die Hubpulsation vor allem bei höheren Lasten weniger als 0,1 µm beträgt. Dies entspricht einer Reduzierung von über 86 %. Eine extreme Laufruhe, höchste Präzision und Tragfähigkeit zeichnet die neue KUSE-X-life-Serie somit aus. Sie sind in allen Hochpräzisionsanwendungen wie z. B. in der Elektronikfertigung, dem Formenbau, der Mikroskopie und in der Optik ausgezeichnet einsetzbar. Sogar der Einsatz in Messmaschinen ist nun möglich. ◀

# ENABLER FÜR MEHR SPINDEL-PERFORMANCE

Die Testergebnisse auf den Prüfständen in Schweinfurt belegen es eindrucksvoll: Das X-life-Design der Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager N10 und NN30 bietet im Benchmark die geringste Wärmeentwicklung, die niedrigsten Lauftemperaturen und die höchsten Grenzdrehzahlen am Markt.

# S

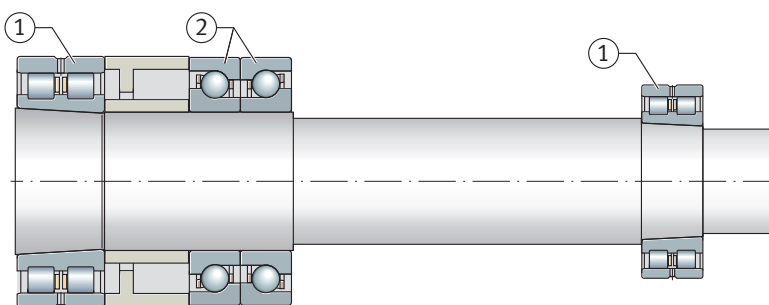
chaeffler hat seine bewährten einreihigen N10- und zweireihigen NN30-Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager im Bereich der Bohrungsdurchmesser von 30 bis 120mm erheblich verbessert. Ein komplett neues

Design, optimierte Fertigungsmethoden und ein neu entwickelter Fensterkäfig aus dem Hochleistungskunststoff PPA (Polyphthalamid) verringern die Reibung und Wärmeentwicklung im Lager deutlich. Im Vergleich zu den bisher eingesetzten Messingkäfigen wurden auf den Prüfständen in Schweinfurt bis zu 12 Grad niedrigere Lauftemperaturen und gegenüber den Kunststoffkäfig-Varianten der Wettbewerber bis zu 5 Grad niedrigere Lauftemperaturen ermittelt.

## 35 % höhere Grenzdrehzahlen und 19 % größere dynamische Tragzahlen

Die geringere Reibung ermöglicht bei fett- und ölgeschmierten Lagern im Vergleich zur Vorgängerserie bis zu 35 % höhere Grenzdrehzahlen. Der Schmierstoff wird weniger beansprucht und die Fettgebrauchsdauer steigt deutlich. Bei Ölminalschmierung sind Drehzahlkennwerte von fast einer Million mm/min möglich. Gleichzeitig konnten die dynamischen Tragzahlen um bis zu 19 % im Vergleich zur Vorgängerserie angehoben werden. Mit diesen Kenngrößen stellt Schaeffler im Bereich der Präzisionszylinderrollenlager den Benchmark dar. Endkunden nehmen das

Die Kombination macht's: Die Grenzdrehzahlen von FAG X-life-Zylinderrollenlager N10 bzw. NN30 und FAG BAX-Axiallagern sind aufeinander abgestimmt.



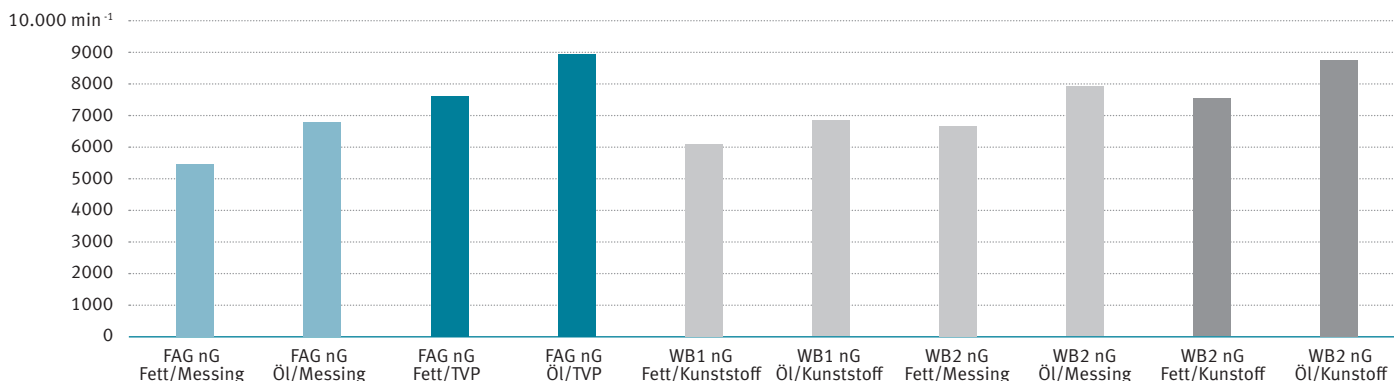
Höhere Spindelleistung bei Lagerkombination bei einer Drehspindel:  
1. FAG X-Life-Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager 2. FAG BAX-Axiallager

Laufgeräusch von schnelldrehenden Spindeln mit N10- und NN30-Lagern als besonders ruhig und angenehm war.

Durch die höheren Grenzdrehzahlen ermöglichen die X-life-Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager deutlich leistungsgesteigerte Konstruktionen. Dies gilt speziell in der Kombination mit den schnelldrehenden Axiallagern der Baureihe BAX. Die Axial-Schräggugellager BAX entsprechen in ihren Durchmessern den Lagern der Baugröße 70 und sind somit an die Durchmesser der Zylinderrollenlager N10 und NN30 angepasst. FAG BAX-Lager und N10 bzw. NN30-Lager werden häufig als Fest-Loslager-Kombination in hochdrehenden Spindeln eingesetzt. Bislang lagen die

Grenzdrehzahlen der N10- und NN30-Lager unter den Grenzdrehzahlen der BAX-Lager und deren Drehzahlgrenze konnte nicht ganz ausgenutzt werden. Mit den neuen X-life-Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlagern steigt die Drehzahlgrenze der kompletten Lagerung nun um fast 20 % auf das Niveau der FAG BAX-Lager. In Verbindung mit der höheren Tragfähigkeit bedeutet das in Summe mehr Zerspanleistung, längere Lebensdauer und geringere Schmierstoffbeanspruchung. Die Kombination macht's: Die Grenzdrehzahlen von FAG X-life-Zylinderrollenlager N10 bzw. NN30 und FAG BAX-Axiallagern sind aufeinander abgestimmt. Ein höhere Spindelleistung und mehr Zerspanleistung sind nun realisierbar. ◀

## HÖCHSTE DREHZAHLEN AM MARKT MIT FAG X-LIFE ZYLINDERROLLENLAGERN.



FAG X-life-Zylinderrollenlager NN3018 im Vergleich mit dem Wettbewerb.



# NEUES OPTIMIERUNGSPOTENZIAL

Eine neue High-Speed-Spindellager-Baureihe bietet großes Potenzial, die Belastbarkeit von Motorspindeln hinsichtlich maximaler Drehzahlen, großer Bearbeitungskräfte und hoher Temperaturen weiter zu steigern. Werkzeugmaschinen werden so noch produktiver.



Im Spindellagermarkt haben sich im Wesentlichen drei Spindellager-Designs etabliert, die man durch die Größe der Wälzkörper kategorisieren kann: großkugelige Baureihen, kleinkugelige Baureihen und Designs mit mittelgroßen Kugeln. Mit den neuen X-life High-Speed-Spindellagern der Baureihen M, HCM und VCM kombiniert Schaeffler durch die gezielte Abstimmung von Kugelgröße, Schmiegung und Radialluft in vorteilhafter Weise die kinematische Drehzahleignung der bisherigen kleinkugeligen Hochgeschwindigkeitsbaureihen mit der Robustheit und Tragfähigkeit großkugeliger Lager. Wichtige Entwicklungsziele der X-life High-Speed-Baureihe waren außerdem eine besonders reibungsoptimierte Innenkonstruktion sowie eine große Toleranz gegenüber schnell wechselnden thermischen Betriebszuständen, wie sie in Motorspindeln häufig auftreten. Diese optimierte Konstruktion bewirkt einen deutlich geringeren Anstieg der Lagervorspannung durch Einflüsse, wie z.B. die Überdeckung von Bohrung und Lager, hohe Drehzahlen und große Temperaturgradienten zwischen Welle und Gehäuse. Hintergrund: Die Zunahme der Vorspannung ist nur in gewissen Grenzen erwünscht, da mit dieser unter anderem die Reibung und Wärmeentwicklung im Wälzkontakt deutlich steigt und so die maximal zulässige Drehzahl limitiert wird.

## M-Variante – wirtschaftlich und robust

Die Kugeln und Ringe der X-life High-Speed Spindellager der Baureihe M sind aus dem bewährten Wälzlagerstahl 100Cr6 gefertigt. Diese Variante stellt eine leistungsfähige und wirtschaftliche Lagerlösung für Motorspindeln dar.

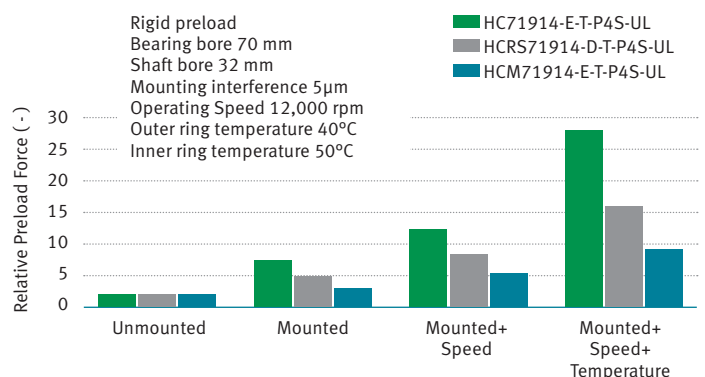
## HCM-Variante – größere Drehzahlen und höher belastbar

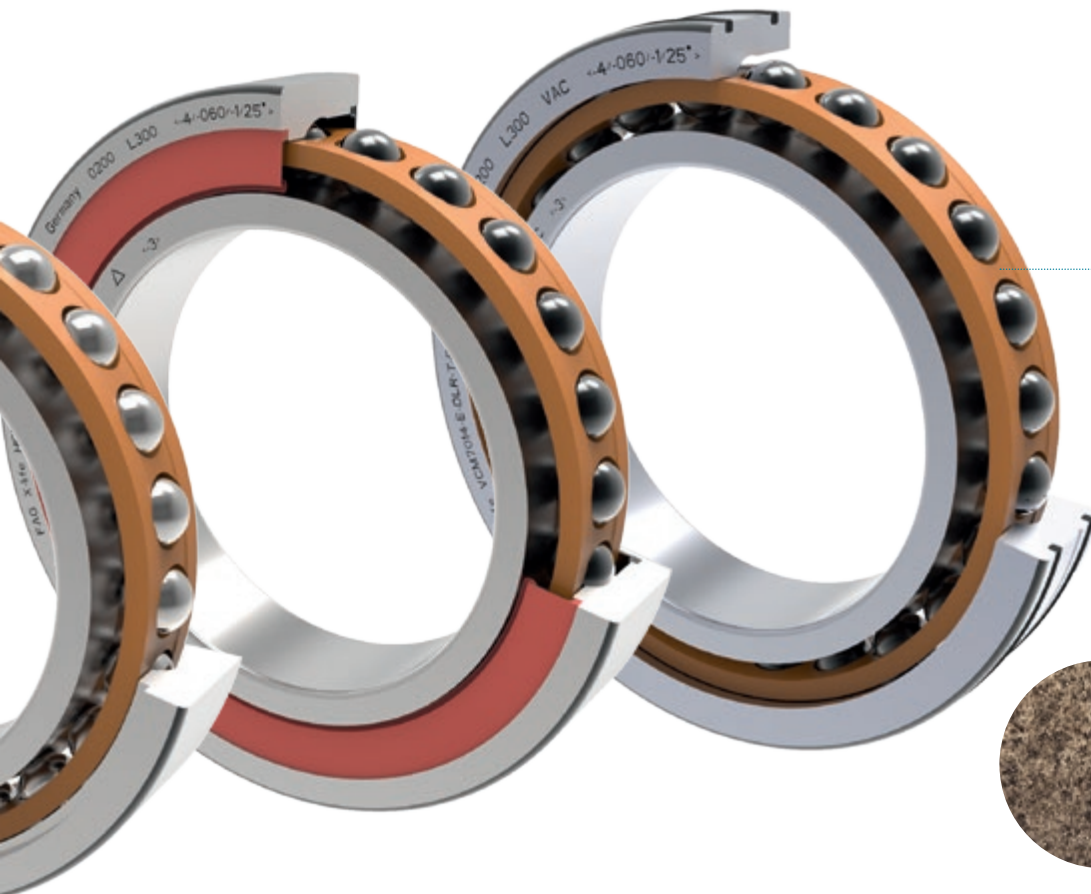
X-life High-Speed Spindellager des Typs HCM sind mit Kugeln aus Keramik bestückt, während die Ringe aus Wälzlagerstahl 100Cr6 bestehen. Durch die sehr hohe Drehzahleignung und Leistungsfähigkeit bieten die HCM-Spindellager die Möglichkeit, die Performance von Motorspindeln weiter zu steigern.

## VCM-Variante – neue konstruktive Freiheiten im Bereich Motorspindel

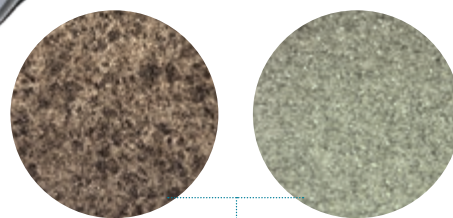
Die Kugeln der X-life High-Speed-Spindellager VCM sind ebenfalls aus Keramik, die Lagerringe jedoch aus dem neu entwickelten Hochleistungswerkstoff Vacrodur gefertigt. Speziell die Variante VCM bietet in der Motorspindelkonstruktion neue konstruktive Freiheiten im Vergleich zu konventionellen Spindellagern, wie z. B. im Satz gepaarte Lagerungen durch ein Lager zu ersetzen. Die Spindel kann so um eine oder zwei Lagerbreiten verkürzt werden, der deutlich geringere Montageaufwand reduziert die Kosten und der Wärmeeintrag durch die Lagerung in die Spindel wird reduziert. Die VCM-Lager zeichnen sich durch eine extrem hohe Belastbarkeit, Verschleißfestigkeit und sehr hohe Temperaturbeständigkeit aus - gerade bei gestörten Schmierverhältnissen, wie beispielsweise Mangelschmierung oder Kontamination. ◀

## VERÄNDERUNG DER RELATIVEN VORSPANNKRAFT DURCH EINFLÜSSE AUS PASSUNG, KINEMATIK UND TEMPERATUR





X-life M-Baureihe  
M, VCM, HCM



Schliffbild des Standard-Wälzlagerstahls  
100Cr6 (links) und von Vacrodur

# VACRODUR – NEUER HOCHLEISTUNGSWERKSTOFF

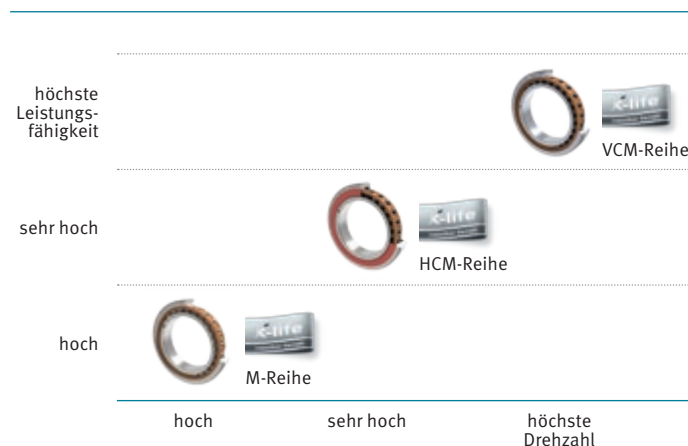
Mit dem pulvermetallurgisch hergestellten Wälzlagerstahl Vacrodur und seiner außergewöhnlich hohen mechanischen und thermischen Belastbarkeit stehen dem Werkzeugmaschinenbau neue Wege offen, die Performance und die Zuverlässigkeit von Spindeln deutlich zu steigern.

# A

Anders als bei konventionellen Wälzlagerstählen wie z. B. 100Cr6 sinkt bei Vacrodur die Härte bei Temperaturen von über 120°C nicht, sondern bleibt bis über 400°C stabil. Bis zu dieser sehr hohen Temperatur tritt bei Vacrodur keine Gefügeumwandlung auf. Spindellager aus Vacrodur bleiben daher auch bei sehr hoher thermischer Belastung, wie sie z. B. durch die Abwärme in einer Motorspindel

aber auch durch Mangelschmierung entsteht, sehr hoch belastbar und extrem lang maß- und formstabil. Vacrodur verfügt über ein sehr homogenes Gefüge mit einem hohen Anteil an sehr fein verteilten Karbiden. Die Karbide sind für die außergewöhnliche Beständigkeit von Vacrodur gegen abrasiven Verschleiß verantwortlich. Eine mehrstufige Wärmebehandlung des speziell legierten Werkstoffs erzeugt außerdem sehr hohe Härtewerte von bis zu 66 HRC und ein zähes (Grund)Gefüge. In Versuchen unter kontrollierten Verschmutzungsbedingungen konnte im Vergleich zum bisherigen Benchmark eine fast 20-fache Steigerung der Gebrauchsdauer bis zum Lagerausfall realisiert werden. Die hohe Wälzfestigkeit und Beständigkeit gegen Ermüdung durch Überrollung bei guten Schmierverhältnissen führt zu einer signifikant höheren Gebrauchsdauer von Lagern aus Vacrodur. In zertifizierten Versuchen wurde eine 2,4-fache höhere dynamische Tragfähigkeit im Vergleich zum Standardwälzlagerstahl 100Cr6 nachgewiesen. Dies entspricht einer 13-fachen Verlängerung der nominellen Lagerlebensdauer. Unter Mangelschmierungsbedingungen ergibt sich sogar eine 25-fache Verlängerung der Gebrauchsdauer. Durch die hohe Härte und die dadurch geringere Plastifizierungsneigung erreichen die Vacrodur Lager eine 40% höhere statische Tragzahl im Vergleich zu 100Cr6. <

VEREINFACHTE ÜBERSICHT ÜBER DIE PERFORMANCE UND DREHZAHLEIGNUNG DER DREI VARIANTEN X-LIFE HIGH SPEED SPINDELLAGER M, HCM UND VCM



# KOMPLETTES REDESIGN

Mit einer kompletten Überarbeitung der INA-Rundtischlager-Baureihe YRTC erreicht Schaeffler noch höhere Drehzahlen und höchste Kippsteifigkeiten. Damit stehen Betreibern von Werkzeugmaschinen neue Wege zu mehr Zerspanungsleistung bei gleichzeitig höherer Präzision offen.



Rundtischlager-  
Baureihe  
YRTC325

YRTC **325**  
IN X-LIFE-QUALITÄT

**Z**ur EMO präsentiert Schaeffler die INA-Rundtischlagereinheit YRTC jetzt in X-life Qualität. Dies betrifft die bisher im Markt eingeführten YRTC-Lager der Abmessungen 580 bis 1030 mm ebenso, wie die ab der EMO 2017 schrittweise neu verfügbaren YRTC-Größen im Bereich von 100 bis 460 mm.

Im Rahmen einer kompletten Neuauslegung der Lagerreihe YRTC im Größenbereich von 100 bis 460 mm konnte Schaeffler das bisherige Leistungsspektrum hinsichtlich Steifigkeit und Drehzahlen nochmals deutlich übertreffen. Das neue Design der YRTC-Lager bietet um 50% reduzierte und sehr gleichmäßige Reibmomente. Dadurch ließen sich die Grenzdrehzahlen teilweise um bis zu 80% anheben. Gleichzeitig konnten die Kippsteifigkeiten um bis zu 20% gesteigert werden. Mit diesen Leistungsmerkmalen erhält die Baureihe

nun auch das X-life-Premiumsiegel. Technische Merkmale der neuen YRTC-Lager sind Kunststoff-Käfigsegmente mit speziellem Fettreservoir, ein massiverer Lagerring, sowie eine optimierte Wälzkörpergeometrie. Außerdem verfügen die Lager über exzellente Plan- und Rundlaufgenauigkeiten. Optional stehen für die Baureihe YRTC auch lagerintegrierte Messsysteme zur Verfügung. Die X-life YRTC-Lager eignen sich besonders für den Einsatz in Wälzfräsmaschinen sowie in hochbelasteten Positionier- und Schwenkachsen für die Ultrapräzisionsbearbeitung.

#### Baureihe YRTC im Vergleich zu den Baureihen YRTS und ZKLDF

Schaeffler verfügt mit den drei INA-Baureihen YRTC, YRTS und ZKLDF über eine außergewöhnlich große Auswahl an Rundtischlagern für jeweils bevorzugte Bearbeitungsverfahren, Achstypen, Baugrößen, Last- und Drehzahlbereiche. Für Anwendungen mit

sehr hohen Drehzahlen sowie erhöhten Anforderungen an die Kippsteifigkeit bietet Schaeffler neben den YRTC- auch noch die YRTS-Rundtischlager (S=Speed) an. Sie kommen z.B. in ultrapräzisen Fräs-, Schleif- und Verzahnungsmaschinen und in Rundtischen mit sehr hohen Drehzahlen zum Einsatz. Bei höchsten Drehzahlenanforderungen stehen die zweireihigen Axial-Schräggugellager der ZKLDF-Baureihe zur Verfügung. Ihr bevorzugter Einsatzbereich sind unter anderem Lagerungen mit hoher Einschaltdauer in Rundtischen mit Hauptspindelfunktion. Alle Baureihen können mit integrierten Winkelmesssystemen ausgerüstet werden. Darüber hinaus bietet Schaeffler als Neuheit auch einbaufertige Kombinationen aus Rundtischlagern der genannten Baureihen und IDAM-Torque-motoren an. ◀

# LINEARAKTOR MIT HÖCHSTER KRAFTDICHTE

Mit dem Planetenwältzgewindtrieb PWG bietet die INA Lineartechnik einen kleinen Spindeltrieb mit höchster Kraftdichte bei einem attraktiven Preis-Leistungsverhältnis.



Gewindtrieb für kompakt bauende elektromechanische Linearaktoren

»» **Wir besetzen mit dem Planetenwältzgewindtrieb PWG gezielt eine Marktlücke im Bereich kleiner Durchmesser. Die in den letzten zwei Jahren realisierten Projekte belegen deutlich, dass elektromechanische Antriebe, bestehend aus Motor, PWG und Axiallagerung extrem wenig Bauraum benötigen und einen hohen Kundennutzen bieten. In der Regel können auch deutliche Gewichtseinsparungen im Vergleich zu heute am Markt etablierten Lösungen realisiert werden.** <<<

Dipl. Wirtschaftsingenieur (FH)  
Wolfram Hau,  
Produktmanager PWG

**D**urch den inneren Aufbau des Planetengewindtriebes sind kleinste Steigungen ab 0,72 mm und damit sehr große Übersetzungen realisierbar. Ohne Getriebe und mit relativ kleinen Drehmomenten lassen sich so große axiale Kräfte erzeugen. Die Kraftübertragung erfolgt über die Flanken der Spindel, Rollen und Mutter. Durch die große Anzahl an Kontaktstellen ergibt sich eine sehr hohe axiale Tragfähigkeit und Steifigkeit. Mit den Planetenwältzgewindtrieben PWG der INA Lineartechnik lassen sich daher nicht nur elektromotorische Linearaktoren mit sehr hoher Leistungsdichte entwickeln, sondern gleichzeitig auch kostengünstige Motoren einsetzen. Die Integration des Planetenwältzgewindtriebes PWG in die Kundenanwendung kann sehr einfach über eine Passfederverbindung am Außendurchmesser der Spindelmutter realisiert werden, die Anbindung des Motors erfolgt dann an das Spindelende.

#### Wirtschaftlicher Baukasten durch Spanlos-Technologie

Spindel und Planeten des PWG sind spanlos hergestellt. Die Umformung sorgt für eine hohe Verdichtung des Materials und für einen optimalen Faserverlauf. Neben einer wirtschaftlichen Fertigung werden so auch höchste Festigkeiten und eine um 15% höhere Tragzahl gegenüber spanender Technologie erzielt. Die Planetengewindtriebe PWG

sind aus einem Baukasten mit Durchmessern von 5 bis 25 mm und mit Steigungen von 0,7 bis 3 mm lieferbar. Die dynamischen Tragfähigkeiten reichen von 8 kN bei 5 mm Spindeldurchmesser bis typisch 40 kN bei 25 mm Spindeldurchmesser.

#### Lager-KITs passend zum PWG

Abgestimmt auf den jeweiligen Lagersitz und auf die Tragfähigkeit der Planetenwältzgewindtriebe liefert INA auch passende Loslager- und Festlager-KITs. Als Festlager kommen zwei Schrägkugellager in Tandemausführung zum Einsatz, als Loslager Rillenkugellager. Mittels Buchsen werden die Lager-KITs an die Spindelenden adaptiert. Auch kundenspezifische Lagerungen sind möglich. Mit einer entsprechend ausgewählten Distanzscheibe zwischen den Spindelmuttermhälften können sowohl spielfreie als auch vorgespannte Einheiten geliefert werden. Auch beim PWG ist es konstruktiv möglich, entweder die Spindelmutter oder die Spindel anzutreiben.

#### Applikationen in den verschiedensten Branchen und Maschinen

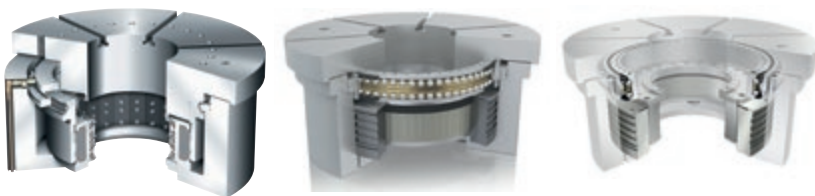
Anwendungsgebiete des PWG eröffnen sich zum Beispiel in Radialpresswerkzeugen, in Servo-Tischpressen und Nietmaschinen, in der Schweißtechnik, der Spanntechnik bei modernen Werkzeugmaschinen, der Gebäude- und Prozessautomation und in der Steuerung maritimer Antriebseinheiten. Ein erstes Pilotprojekt findet sich in der Medizintechnik. Auch einen Plug-and-Play-fertigen Linearaktor bestehend aus PWG, Motor und Axiallagerung realisierten die Spezialisten des Bereiches Systemlösungen für einen Kunden. Alle weiteren Details über die Konstruktion von Linearaktoren mit Planetenwältzgewindtrieben PWG sind in der Schaeffler-Druckschrift TPI 254 zusammengefasst. ◀

# INNOVATIONEN AUS DEM BAUKASTEN

Ob High-Speed, High-Performance oder High-Precision – Schaeffler-Kunden können aus einem hochspezialisierten und fein granulierten Baukasten die genau passenden Komponenten für ihre Rundtische und Rundachsen auswählen.



Rundtschlager ZKLDF – Marktführer bei Rundtischen mit höchsten Drehzahlen



In kaum einem anderen elektrischen Antrieb beeinflussen sich Motor und Lagerung gegenseitig so sehr wie in angetriebenen Präzisions-Rundtischen und -Rundachsen: Durch die sehr kompakte Bauweise liegen die drei Wärmequellen Rotor, Stator und Lager sehr nahe aneinander. Für eine optimale Funktion müssen daher die Wärmeübergänge und die Wärmeabfuhr für jede Applikation spezifisch ausgelegt werden. Die Steifigkeit der Lagerung und die Bearbeitungskräfte beeinflussen außerdem direkt den Luftspalt zwischen Stator und Rotor. Diese engen funktionalen Abhängigkeiten zwischen Motor und Lager erfordern die Entwicklung der Komponenten von Rundtischen und Rundachsen stets als System.

## Große Auswahl an Torquemotoren und Rundachslager

Damit der kundenspezifische Entwicklungsaufwand nicht zu groß wird, hält Schaeffler drei Standard-Torquemotoren-Bauweisen der INA – Drives & Mechatronics AG & Co. KG (IDAM) und drei INA Rundtisch- bzw. Rundachslager-Bauweisen bereit.

Die Torquemotoren und Lager lassen sich beliebig miteinander kombinieren, so dass für jede spanende Bearbeitung die genau passende Lösung appliziert werden kann, seien es die kombinierte Bearbeitung Weich-Drehen-Fräsen, Wälzfräsen, Verzahnungsschleifen, Schleifen und Hartdrehen, Spindel Anwendungen, Positioniertische oder Schwenkachsen für die Ultrapräzisionsbearbeitung. Die optimale Kombination der Komponenten wird von den Schaeffler Ingenieuren kundenindividuell auf die Zerspanungsaufgabe und genau auf die geforderte Präzision und Dynamik abgestimmt.

## Torquemotoren-Baureihe RIB – mehr Produktivität und Präzision

Im Vergleich zur Vorgängerbaureihe RI können die thermisch optimierte Direktantriebe RIB je nach Betriebsstrategie bis zu 20 % mehr Maximalmoment (Auslegungsstrategie „Moment-optimierter Motor“) oder aufgrund geringerer Auslastung im gleichen Arbeitspunkt mit 30 % weniger Wärmeverlustleistung



Die neue SRV-Torquemotoren Baureihe besticht durch höchste Laufruhe.

(Auslegungsstrategie „Verlustoptimierter Motor“) betrieben werden. Die RIB-Motoren eignen sich für äußerst dynamische Bewegungen und präzise Positionierungen. Ihre idealen Einsatzgebiete liegen in Rundtischen, Achsen für Rundtischschwingen und in Fräsköpfen zum hochdynamischen und kraftvollen Fräsen, Positionieren, Takten und Schwenken.

#### Torquemotoren-Baureihe RKI – Höchste Momente und Drehzahlen bei geringer Verlustleistung

Der RKI-Motor unterscheidet sich von der Standardbaureihe RI im Wesentlichen durch den innovativen Rotoraufbau. Einerseits wird mit diesem Rotor im Luftspalt eine bis zu 30% größere Kraft und damit ein entsprechend größeres Drehmoment erzeugt. Andererseits sinken die Eisen- und Magnetverluste im RKI-Rotor sehr stark, so dass deutlich höhere Drehzahlen bis etwa Faktor 4 im Vergleich zu Standard-Torquemotoren realisiert werden können. Die Magnetkreise der RKI-Motoren sind außerdem mittels FEM-Berechnungen so optimiert, dass störende Rastmomente (Cogging) im stromlosen Zustand weitgehend eliminiert sind. RKI-Motoren



bieten eine sehr vorteilhafte Kombination aus hoher Leistungsausbeute, sehr guten Gleichlaufeigenschaften und geringer Verlustleistung. Ihre idealen Einsatzgebiete sind z.B. Rundtische mit Drehbearbeitungsoption und Rundtische für die kombinierte Bearbeitung Fräsen/Drehen/Hartdrehen oder Schleifen.

#### Neue SRV-Torquemotoren-Baureihe – Bearbeitungsgenauigkeit im Submikrometerbereich

Durch die Entwicklung einer internen Kompensation magnetischer Störkräfte erfolgt von den neuen SRV-Torquemotoren kein messbarer Eintrag pulsender Axial- und Radialkräfte in die Maschinenstruktur. Höchste Laufruhe, beste Oberflächen ohne optische Fehler und mit extremer Form- und Maßhaltigkeit sind nunmehr realisierbar. Die SRV-Motoren sind daher für den Einsatz in ultrapräzisen Fräs-, Schleif- und Verzahnungsmaschinen prädestiniert, insbesondere als Antriebe für Rundtische und Rundachsen mit sehr hohen Drehzahlen und Werkzeug- oder Werkstückspindeln (bis zu 14.000 min<sup>-1</sup>). ◀

## BEST-IN-CLASS-LAGER NOCH BESSER GEMACHT

Schaeffler verfügt mit zwei Axial-Radial-Zylinderrollenlager-Baureihen und einer zweireihigen Axialschräggugellager-Baureihe über eine außergewöhnlich große Auswahl an Rundtischlagern. Jede Baureihe hat ihre spezifischen Stärken.

Im Rahmen eines kompletten Re-Designs konnte das Leistungsspektrum der neuen Schaeffler X-life-YRTC-Rundachslager hinsichtlich Kippsteifigkeit und Drehzahlen nochmals gesteigert werden. Die neuen YRTC-Lager bieten sehr niedrige und gleichmäßige Reibmomente und damit noch höhere Grenzdrehzahlen. Sie verfügen außerdem über exzellente Plan- und Rundlaufgenauigkeiten. Die X-life-YRTC Lager eignen sich mit dieser Kombination an Eigenschaften besonders für den Einsatz in Wälzfräsmaschinen und in hochbelasteten Positionier- und Schwenkachsen für die Ultrapräzisionsbearbeitung. In Summe kann der Werkzeugmaschinenbau mit den X-life-YRTC-Rundachslagern z. B. im Bereich kombinierte Fräs- und Drehbearbeitung mit längeren Einschalt Dauern, höheren Drehzahlen und höchster Zerspanungsleistung seine internationale Wettbewerbsfähigkeit sichern.

#### Niedrigste Reibung mit YRTS-Lagern

Die Axial-Radiallager YRTS erreichen mit ihrer patentierten Laufbahngeometrie eine für vorgespannte Rollenlager unerreicht niedrige Lagerreibung. In Kombination mit der hohen

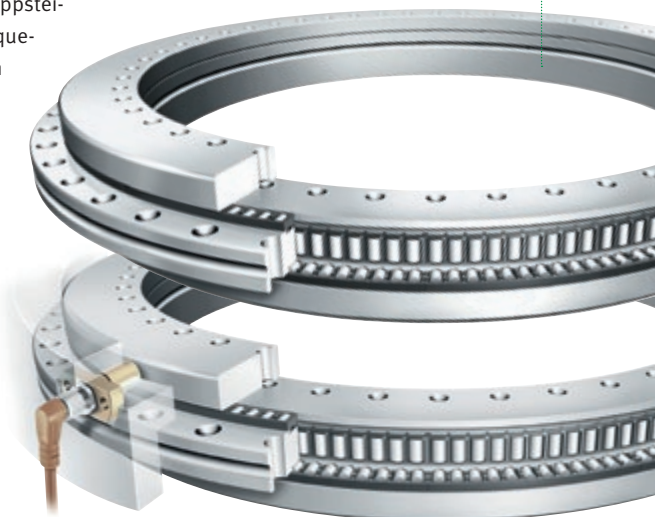
Steifigkeit resultiert daraus eine außergewöhnliche Drehzahleignung der YRTS-Lager. Einen hohen Zusatznutzen bietet das integrierte Messsystem, das optional für alle Rundtischlager zur Verfügung steht.

#### Höchste Drehzahlen mit ZKLDF...B-Lagern

Axial-Schräggugellager ZKLDF sind besonders reibungsarme Lagereinheiten für sehr hohe Drehzahlen, hohe axiale und radiale Belastungen sowie hohe Anforderungen an die Kippsteifigkeit. In Kombination mit den RKI-Torquemotoren lassen sich mit ZKLDF...B-Lagern die Drehzahlgrenzen von Rundtischen deutlich steigern. Ihre bevorzugten Einsatzbereiche sind Lagerungen mit hoher Einschaltdauer in Rundtischen mit Hauptspindelfunktion, zum Beispiel für die kombinierte Fräs- und Drehbearbeitung, Lagerungen in Fräs-, Schleif- und Honköpfen sowie in Mess- und Prüfeinrichtungen. Schaeffler liefert mit Lagerung, Antrieb und Winkelmesssystem alle Hauptkomponenten für Rundachsen und

angetriebene Rundtische. Das fein-granulierte und flexibel kombinierbare Portfolio bietet den Herstellern die Möglichkeit, mit geringem Entwicklungsaufwand Rundtische und Rundachsen mit eigenen USPs anzubieten. ◀

Für alle Rundtischlager bietet Schaeffler optional in das Lager integrierte Winkelmesssysteme an.



# PER MAUSKLIK ZUM INDIVIDUELLEN LINEARSYSTEM

**Der Weg zu maßgeschneiderten, funktionsfertigen Ein- und Mehrachs-Linearssystemen war noch nie so leicht wie heute: Der Markt bietet Linearachsen und Konfigurationstools in großer Auswahl an. Warum der Maschinenbau Linearssysteme der INA-Lineartechnik in die engere Wahl ziehen sollte, beschreibt folgender Beitrag.**

Heute spielen bei der Auswahl von Linearssystemen vier Faktoren die Hauptrolle: eine realitätsnahe Auslegung, eine optimal auf die Applikation passend konfigurierte Linearachse, ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis und eine kurze Lieferzeit. Um all diese Faktoren bestmöglich zu erfüllen, bietet die INA-Lineartechnik aus Homburg

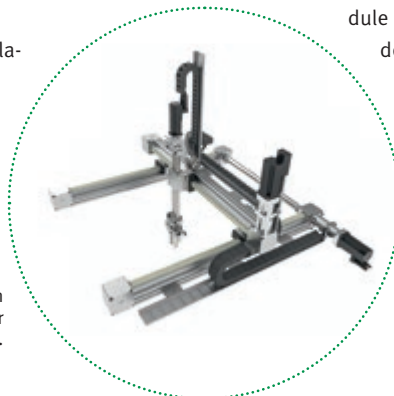
- frei verfügbare Berechnungs- und Konfigurations-Tools,
- eine sehr große Auswahl an standardisierten Einzelachsen, ergänzt durch Achsen mit Sonderfunktionen und
- ein großes Netzwerk an Antriebstechnik-Zulieferern für eine kundenspezifische Konfektionierung einschließlich frei wählbarer Hersteller bei Elektromotoren, Planetengetrieben, Steuerungen und Sensorik.

## Linearmodule realitätsnah auslegen

Mit Bearinx®-online Easy Linearsystem stellt Schaeffler seinen Kunden vom Sondermaschinenbau bis zum OEM ein kostenloses Berechnungswerkzeug zur Verfügung, das die reale Beanspruchung der Linearführungen und Linearmodule bis zum einzelnen Wälzkontakt bestimmen kann. Trotzdem ist Bearinx®-online einfach und intuitiv ohne große Vorkenntnisse zu bedienen. Der Bearinx®-Berechnungsalgorithmus berücksichtigt unter anderem

- die Anbindung aller Linearmodule für eine geschlossene Linearsystem-Berechnung und aller beschleunigten Tisch- und Maschinenbettmassen,
- das nichtlineare elastische Federverhalten der Wälzkörper,
- die Elastizität von Tragkörper und Profilschiene bei Umlaufeinheiten,
- belastungsbedingte Druckwinkelverlagerungen bei Linearkugellagern und
- die reale Kontaktpressung unter Berücksichtigung von Schiefstellungen und Profilierungen der Wälzkörper.

Typisches Mehrachssystem aus dem Portfolio der Schaeffler Systemlösungen.



## Fast grenzenlose Auswahl: Linearmodule

In Bearinx®-online Easy Linearsystem steht das gesamte INA-Linearmodulprogramm mit Querschnitten von 40x45 mm bis zu 415x200 mm zur Verfügung. Die Palette an Linearmodulen erstreckt sich vom präzisen Kompaktmodul mit niedrigem Querschnitt über Module, die Zusatzfunktionen bieten, bis hin zum hoch belastbaren Tandemmodul.

Für besonders geräusch- und vibrationsensible Applikationen wie zum Beispiel in der Medizintechnik oder in der Messtechnik können Linearmodule mit den vierreihigen Kugelumlaufeinheiten KUVE-B oder den neuen sechsreihigen Kugelumlaufeinheiten KUSE X-life ausgestattet werden. Mit den vierreihigen Kugelumlaufeinheiten KUVE-B-HS (HS=High Speed) X-life sind Geschwindigkeiten von bis zu 10 m/s möglich, so dass das Potenzial von Modulen mit Zahnriemen oder auch von Lineardirektantrieben voll ausgenutzt werden kann. Hinsichtlich der erreichbaren Geschwindigkeiten gelten folgende Grenzen: für Linearmodule mit Laufrollenführungen und Zahnriementrieb 8 m/s, für Linearmodule mit Kugelgewindetrieb generell 2,5 m/s, für Linearmodule mit Profilschieneführungen und Zahnriementrieb standardmäßig 5 m/s.

## INA-Tandemmodule: Mehr Präzision und Sicherheit

INA-Tandemmodule verfügen über einen Laufwagen, der auf zwei parallelen Kugelumlaufeinheiten gelagert ist. Als Antrieb kann man zwischen Zahnriemen (Ausführung MDKUVE..-3ZR) und Kugelgewindetrieb (Ausführung MDKUVE..-KGT) wählen. Mit dem großen Profilquerschnitt und der daraus resultierenden hohen Steifigkeit eignen sich diese Linearmodule besonders als freitragende Querachsen in der Montage- und Handhabungstechnik, als steife Querachsen in Messmaschinen oder auch für Fügeprozesse und Bearbeitungsmaschinen. Sie können besonders hohe Momente um alle drei Achsen aufnehmen. Die Ausführung -3ZR wird stets von drei parallelen Zahnriemen angetrieben. Aufgrund der Redundanz im Antrieb finden diese Tandemmodule auch als Vertikalachse bevorzugt Einsatz.



Innovatives Teleskopmodul MTKUSE  
in Verbindung mit einem Tandemmodul  
MDKUVE-KGT

### INA-Teleskopmodul MTKUSE: mehr Freiraum

Teleskopachsen bieten im Vergleich zu Standard-Linearachsen den großen Vorteil, dass ihr Verfahrweg über den Bauraum des eingefahrenen Trägerprofils hinausgeht. Dadurch kann der Arbeitsraum für andere Maschinen und Prozesse freigegeben werden. So ermöglicht die Teleskopfunktion beispielsweise die Übergabe in Bereiche hinter Schutzwänden oder in getrennte Arbeitsräume. Speziell für solche Nebenachsen, wie z. B. Pick-and-Place-Anwendungen oder die Werkzeugübergabe entwickelten die Schaeffler-Ingenieure der INA-Lineartechnik das Teleskopmodul MTKUSE. In diesem Teleskopmodul sind drei Präzisions-Kugelumlaufeinheiten so übereinander angeordnet, dass der mögliche Verfahrweg mehr als doppelt so lang ist wie das Basismodul selbst.

### Klemmmodul MKKUVE: fixieren, zentrieren und klemmen

Eine weitere interessante Lösung aus dem INA-Standard-Programm stellen die Klemmmodule dar. Zwei Laufwagen werden mechanisch über den integrierten Zahnriemen gegenläufig angetrieben. Mit Klemmmodulen lassen sich auf einfachste Weise Funktionen wie Fixieren, Ausrichten, Zentrieren und Klemmen in der Handhabungs- und Montagetechnik sowie in der Verpackungstechnik z. B. das Palettieren realisieren.

### Lineartische: präzise und besonders flach bauend

Die zweite Hauptproduktgruppe stellen die INA-Lineartische dar. Sie sind mit Wellen- oder mit Profilschienenführung als Linearpräzisionstische (LTE, LTS und LTP) verfügbar. Präzisionslineartische LTP kommen zum Einsatz, wenn Positionieraufgaben mit großer Wiederholgenauigkeit gefordert sind. Der Antrieb erfolgt stets über einen Kugelgewindetrieb. Um je nach Kundenwunsch Servomotoren verschiedener Hersteller montieren zu können, wurde ein Kupplungsgehäuse KGEH als offene Schnittstelle entwickelt. Das Kupplungsgehäuse KGEH ist für die gesamte Palette an Linearmodulen und Lineartischen einsetzbar.



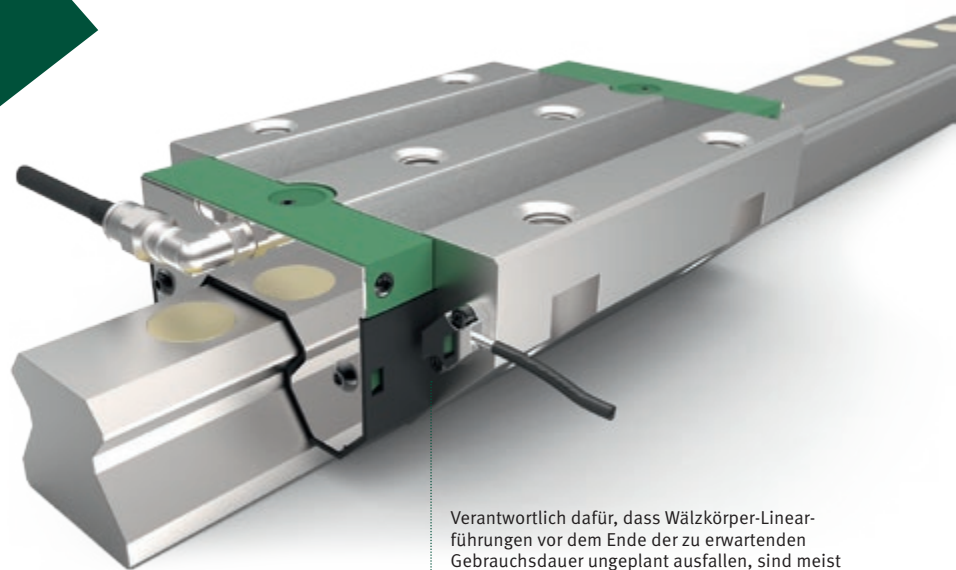
Nur ein kleiner Ausschnitt aus dem Katalog Angetriebene Lineareinheiten AL1 (von links): Lineartisch mit offener Wellenführung, Linearmodul mit Profilschienenführung und Kugelgewindetrieb und Linearmodul mit außenliegender Laufrollenführung und Zahnriemenantrieb

### Linearsysteme auslegen, konfigurieren und bestellen

In Bearinx® Online-Easy Linearsystem kombiniert man Module mit Servomotoren und Planetengetrieben zu angetriebenen Ein- oder Mehrachssystemen und legt diese als System aus. Dem User wird die Auswahl der passenden Motor-Getriebekombination zum jeweiligen Modul mit angezeigten Vorzugsreihen ganz wesentlich erleichtert. So ist sichergestellt, dass die Belastbarkeit von Führung, Zahnriemen- oder Kugelgewindetrieb mit der Motor-Getriebe-Kombination aufeinander abgestimmt ist. Am Ende der Berechnung besteht die Möglichkeit, eine Angebotsanfrage mit einer automatisch generierten Stückliste zu erstellen. ◀

Antriebs-element	Linearmodule mit Profilschienenführung				
	Linearmodul	Tandemmodul	Klemmmodul	Kompaktmodul	Teleskopmodul
Zahnriemen	✓	✓	✓		
Kugelgewinde	✓	✓	✓	✓	
Zahnstange					✓
Verwendung/Funktion	Handling, Positionieren, Bearbeiten	als freitragende Querachse, biegesteife Achsen, Messaufgaben, Bearbeiten	Ausrichten, Spannen, Fixieren, Zentrieren	Positionieren, Handling, Bearbeiten	Handling, Übergabe, Freigabe von Arbeitsräumen

Variantenvielfalt der  
INA-Linearmodule mit  
Profilschienenführung



Verantwortlich dafür, dass Wälzkörper-Linearführungen vor dem Ende der zu erwartenden Gebrauchsdauer ungeplant ausfallen, sind meist Mangelschmierung und Verschmutzung. Die Lösung von Schaeffler: eine intelligente, d. h. bedarfsgerechte und automatisierte Nachschmierung von Wälzkörperumlaufungen.

# KEINE ÜBER- RASCHUNGEN MEHR!

**Der praktische Betrieb von Werkzeugmaschinen verläuft mitunter nicht so ideal: die Schmierintervalle wurden nicht optimal gewählt, Mangelschmierung entsteht. Auch Fremdkörper bzw. Kühlschmierstoffe können in den Laufwagen von Linearführungen eindringen. Spitzenlasten durch Kollisionen und längerfristige Überlastung beim Schruppen oder bei der HSC-Bearbeitung sind keine Seltenheit und belasten besonders das vordere Spindellager.**

Die genannten Faktoren Mangelschmierung, Kontamination und Überlast können Initialschädigungen an den Laufbahnen von Wälzlagern und Wälzkörper-Linearführungen verursachen, die sich im laufenden Betrieb vergrößern und sich durch Verschleiß oder Vibrationen bemerkbar machen.

Die Folge: Abgesehen von schlechteren Oberflächenqualitäten und schnellerem Schneidenschleiß ist der vorzeitige Totalausfall der Achse oder Spindel nun vorprogrammiert. Der ungeplante Ausfall der Werkzeugmaschine ist das ärgerliche und sehr teure Ende einer länger andauernden und unentdeckten Schadensentwicklung. Speziell für Rollenumlaufeinheiten und Spindellager hat Schaeffler innovative Gegenmittel entwickelt.

## Überwachung des Schmierzustandes von Rollenumlaufeinheiten

Das innovative System nutzt den Effekt, dass mit alterndem Schmierstoff, kleiner werdender Schmierstoffmenge oder auch durch die Kontamination mit Kühlschmierstoff die Dämpfungswirkung des Schmierstoffs im Wälzkontakt abnimmt. Die Wälzkörper induzieren dann mehr Schwingungsenergie in den Tragkörper. Die Schwingungsenergie wird von einem Messsystem am Laufwagen gemessen und von einer Auswerteelektronik in einem kleinen Gehäuse ermittelt. Die Auswerteelektronik ermöglicht die

Überwachung von bis zu sechs Laufwagen pro Achse. Bei Überschreitung eines aus dem Neuzustand generierten Schwellenwertes, dem sogenannten Schmierindikator, löst das System automatisch einen Nachschmierimpuls an einem Schmierstoffgeber, z. B. dem FAG Concept8 aus.

## Vorteile bedarfsgerechter und automatischer Nachschmierimpulse

Erfährt eine Achse relativ wenig Wegstrecke und geringe Bearbeitungskräfte, wird das System seltener einen Schmierimpuls auslösen, bei starker Beanspruchung entsprechend häufiger. Dringen durch Verschmutzung Fremdkörper in den Laufwagen ein oder wird der Laufwagen mit Kühlschmierstoff kontaminiert, wird dies über den Körperschall sofort detektiert, bewertet und ein Schmierimpuls ausgelöst. Solange der emittierte Körperschall über dem Schwellenwert liegt, werden die Schmierimpulse wiederholt. Sinken nach den Schmierimpulsen die Kennwerte wieder auf das normale Niveau, haben die Laufbahnen und Wälzkörper die Kontamination unbeschadet überstanden. Ohne diese Innovation würde die Linearführung bis zum nächsten geplanten Schmierintervall mit dieser Verschmutzung im Wälzkontakt weiter betrieben werden und einen entsprechenden Initialschaden davontragen. Ein vorzeitiger Totalausfall der Linearachse wäre dann unvermeidbar.



## Benefit für Maschinenhersteller und Betreiber

Das innovative System ermöglicht Maschinenherstellern und Betreibern folgende Wettbewerbsvorteile:

- Durch die Überwachung und Aufrechterhaltung des optimalen Schmierzustandes in der Linearführung wird die Gebrauchsdauer deutlich verlängert und in Folge eine konstant hohe Fertigungsqualität aufrechterhalten.
- Bei geringer Beanspruchung der Linearführung wird im Vergleich zu statischen Schmierintervallen, die stets auf den Worst-Case-Fall ausgelegt sind, der Schmierstoffbedarf um bis zu 30 % reduziert.
- Bei einer Kontamination des Laufwageninneren werden durch den Ausspüleffekt Beschädigungen an der Linearführung von vornherein verhindert.
- Als Folge sinkt die Zahl der Maschinenausfälle und die Verfügbarkeit der Werkzeugmaschine steigt.

### Überwachung der Spindellagerverlagerung

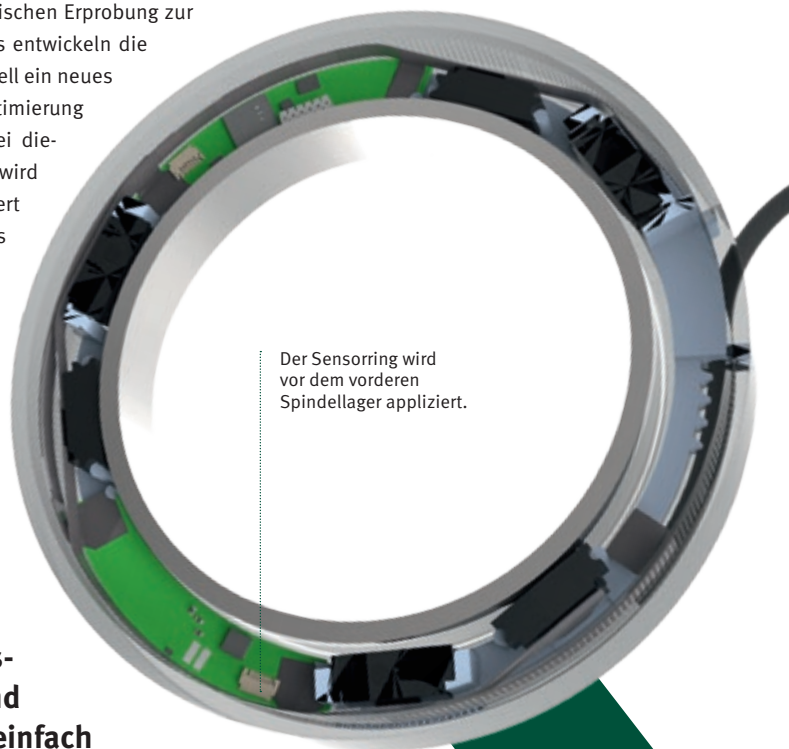
Dauerhafte Überlastung und sehr hohe Spitzenlasten z.B. durch Kollisionen bedeuten früher oder später das Aus für die gesamte Werkzeugmaschine. Will man die Überlasten verhindern, müssen diese zunächst sicher detektiert werden können. Für die Spindellager sind hier weniger die Kräfte maßgebend, sondern die Verformungen und Einfederungen im Wälzkontakt. Aus den räumlichen Einfederungen der Wälzkontakte im Lager resultiert eine Verlagerung des Lagerinnenrings. Die Verlagerung des Innenrings repräsentiert also den Spannungszustand im Werkstoff des Spindellagers. Das war auch der Lösungsansatz der Schaeffler-Ingenieure, die eigens für dieses innovative Konzept einer Spindellastüberwachung einen neuartigen Sensorring entwickelten. Das Sensorsystem misst mit einer sehr hohen Auflösung die Verlagerung am vorderen Spindellager unter Last in fünf Raumrichtungen – drei translatorisch und zwei rotatorisch. Daraus sind mit dem entsprechenden Wälzlager-Know-how die kinematischen Bedingungen im Lager und die betriebsrelevanten Größen wie Pressung, Bohr-Roll-Verhältnis und Käfigtaschenspiel eindeutig berechenbar. Übersteigen die gemessenen Einfederungen an den Wälzkörpern eine spezifische Schwelle, wird vom Sensorring ein elektrisches Warnsignal an die Maschinensteuerung ausgegeben. Die Schwelle wird für jeden Spindel- und Maschinentyp individuell festgelegt. Eine Besonderheit in Zeiten des Cloud-Computing: Die gesamte Software und alle erforderlichen Algorithmen sind in die Sensorik integriert. Das System ist lokal funktionsfähig und gibt ein individualisiertes Warnsignal an die Maschinensteuerung aus, das folgende Einsatzzwecke ermöglicht:

- Detektion eines Crashes (Kollision): Die Sensorik ist in der Lage innerhalb von 2ms eine Überlastung an einem digitalen Ausgang anzuzeigen. Durch eine schnelle Abschaltung des Antriebes können so schwere Folgeschäden minimiert oder gar verhindert werden.
- Langzeitschutz für die Werkzeugmaschinen-spindel: Löst das System ein Warnsignal aus, kann der Betreiber das Bearbeitungsprogramm schon nach Teil 1 modifizieren oder die Spindelbelastung durch ein neues Werkzeug oder auch durch einen besser geeigneten Werkzeugtyp reduzieren. Er erreicht damit geringere Spitzenlasten, reduziert deren Häufigkeit und profitiert so von einer längeren Gebrauchsdauer der Spindel. Am Ende bedeutet das für den Betreiber mehr Produktionszeit und weniger Reparaturkosten.

Die Verlagerungsmessung mittels Sensorring und integrierter Belastungsüberwachung hat das Vorserienstadium erreicht. Eine erste Baugröße steht für Kunden zur praktischen Erprobung zur Verfügung. Darüber hinaus entwickeln die Schaeffler-Ingenieure aktuell ein neues Analyse-Tool für die Optimierung der Spindelauslastung. Bei diesem erweiterten System wird nicht nur ein Schwellenwert ausgegeben, sondern das beim Bearbeitungsprozess vom Sensorring



gemessene Einfederungs-Kollektiv über der Zeitachse visualisiert. Erstmals wird der Maschinenbetreiber mit sehr hoher Genauigkeit wissen, mit wieviel Prozent er seine Spindel bei welcher Bearbeitung mechanisch auslastet. Er kann nun noch gezielter den Bearbeitungsprozess der Maschine hinsichtlich Auslastung und Gebrauchsdauer optimieren. Trotz hoher Spindelbelastung werden schädliche Überlastungen vermieden. Der Betreiber erhöht durch den sichereren Betrieb im Grenzbereich nicht nur seine Produktivität, sondern er profitiert gleichzeitig von einer längeren Gebrauchsdauer der Spindel bei einer geringeren Anzahl von Maschinenausfällen. ◀



Der Sensorring wird vor dem vorderen Spindellager appliziert.

**»» Erstmals in der Geschichte erhalten  
 Betreiber von Werkzeugmaschinen mit der bedarfsgerechten Nachschmierung von Linearachsen und der Spindellastüberwachung sehr wirksame und einfach handhabbare Instrumente zum Schutz und zur Gebrauchsdauerverlängerung der wichtigsten Subsysteme in Werkzeugmaschinen. ◀◀**

# BLICK IN DIE ZUKUNFT

**Mit einem neuen Mehrkanal-Condition Monitoring System (CMS) speziell für Werkzeugmaschinen verfolgt Schaeffler zwei Ziele: Zum Einen die Zustandsüberwachung und Zustandsprognose von mehreren Schlüssel-Komponenten in der Werkzeugmaschine mit einem einzigen CMS; zum Zweiten die flexible Integration von Sensoren beliebiger Hersteller in das CMS.**

Die Zustandsüberwachung von Werkzeugmaschinen stellt komplexe Anforderungen an ein Condition Monitoring System hinsichtlich des zur Verfügung stehenden Bauraums und der Anzahl der zu überwachenden Antriebskomponenten. Hinzu kommt, dass Subsystemhersteller und die Lieferanten der Nebenaggregate eigene Messsysteme in die Maschinen integrieren. Ein CMS für Werkzeugmaschinen muss daher Sensoren beliebiger Hersteller betreiben können.

Auf der EMO 2017 in Hannover stellt Schaeffler einen funktionsfähigen Prototyp eines Mehrkanal-CMS für Werkzeugmaschinen vor. An das CMS sind zum einen die hauseigenen Systeme und Sensoren anschließbar, wie z. B. piezoelektrische Schwingungssensoren. Zum anderen können auch piezoelektrische Schwingungs-, Kraft- und Drucksensoren anderer Hersteller über die IEPE-Schnittstelle in das CMS integriert werden. Das bietet den großen Vorteil, dass für jede Messstelle und Messaufgabe die bereits vorhandene bzw. jeweils geeignete Sensorik eingesetzt werden kann. Der Prototyp ist derzeit mit sechs Messkanälen ausgestattet. Das System ist so konzipiert, dass in Zukunft z. B. die elektronische Überwachung des Schmierzustandes von Rollenumlaufeinheiten mit integriert werden kann.

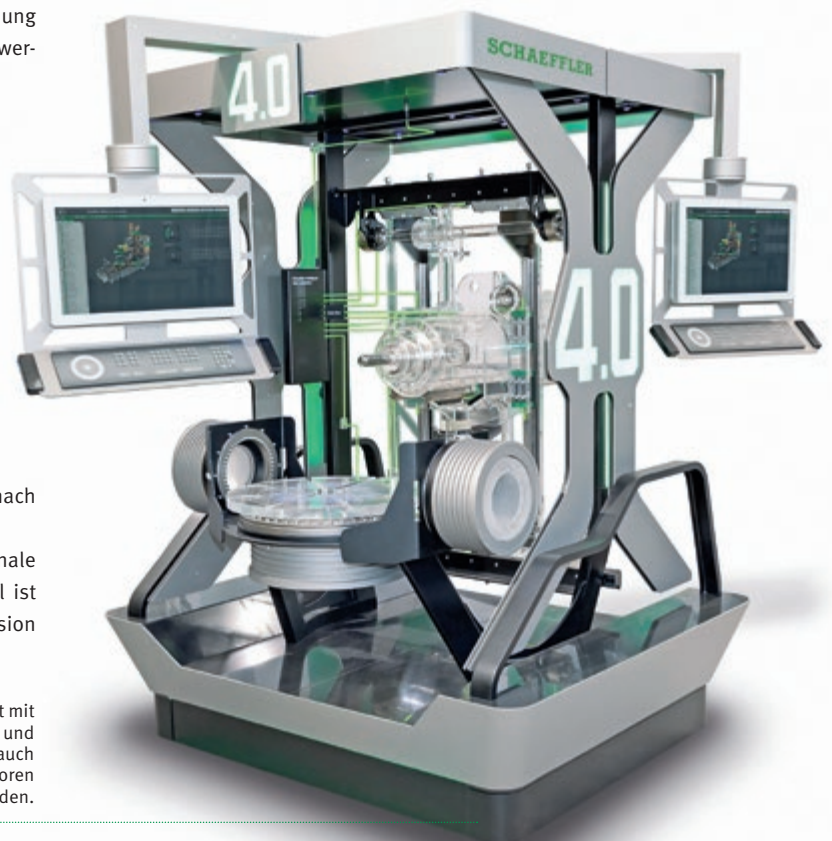
## Software-Intelligenz und Cloud-Anbindung aus anderen Entwicklungen portiert

Die Software des vorgestellten Prototyps ist bereits sehr ausgereift, da die meisten Funktionen, Algorithmen und auch die optionale Anbindung an die Schaeffler-Cloud von anderen Projekten mit geringem Aufwand portiert werden konnten. Durch die Anbindung an die Schaeffler-Cloud sind schon im Prototypen-Stadium des CMS alle digitalen Services von Schaeffler zur Überwachung und Schadensdetektion von Wälzlagern verfügbar. Als lokale Lösung ermöglicht das Mehrkanal-CMS die Überwachung sowohl von FAG-Wälzlagern über den integrierten Lagerkatalog als auch von Fremdfabrikaten nach Eingabe der lagerspezifischen Daten.

Grundsätzlich neu entwickelt ist die Möglichkeit, Schwingungssignale von Kugelgewindetrieben zu interpretieren. Das Software-Modul ist noch in der Erprobung und steht nach der EMO 2017 als Beta-Version

für interessierte Kunden zur Verfügung. In Erprobung mit dem Mehrkanal-CMS befindet sich auch eine Spindellastüberwachung und ein System zur Überwachung von Rund- und Drehtischlagern.

Der vorgestellte Prototyp dient vornehmlich dazu, Pilotkunden die CMS-Funktionen in einem seriennahen Entwicklungsstadium zur Verfügung stellen zu können. Erste Pilotprojekte befinden sich an verschiedenen Werkzeugmaschinen-Typen in der eigenen Fertigung und bei ausgewählten Partnern in der Erprobung. Parallel dazu wird das System auch in die Werkzeugmaschine 4.0 am Schaeffler-Fertigungsstandort in Höchststadt appliziert. Dieses Bearbeitungszentrum dient Schaeffler als Technologieträger und Entwicklungsprojekt für digitalisierte Produkte im Umfeld der Werkzeugmaschinenbranche. ◀



Der Prototyp des Condition Monitoring-Systems ist mit sechs Messkanälen ausgestattet. Es können Sensoren und Systeme von Schaeffler angeschlossen werden, aber auch piezoelektrische Schwingungs-, Kraft- und Drucksensoren anderer Hersteller in das CMS integriert werden.

# SCHAEFFLER SMART ECOSYSTEM

Was vor zwei Jahren mit der Werkzeugmaschine 4.0 als Forschungsprojekt begann, ist inzwischen zu einer umfassenden Infrastruktur geworden – dem Schaeffler Smart EcoSystem. Es dient zur Mehrwertgenerierung aus der Digitalisierung von Maschinenkomponenten ...

... und ist in die drei Ebenen Mechatronics, Virtual Twins und Applications gegliedert. In der untersten Ebene Mechatronics finden sich die sogenannten smarten Komponenten – mechatronische Produkte mit sensorischen oder aktorischen Zusatzfunktionen. Sie sind die „Enabler“, die Maschinen- und Prozessdaten erfassen. Unter den mechatronischen Produkten von Schaeffler finden sich schon heute beispielsweise

- das FAG VarioSense, ein mit einem Sensorcluster bestücktes Standard-Kugellager für die Erfassung von Maschinen- und Prozessdaten (Temperatur, Drehzahl, Winkelposition, Drehrichtung und Einfederung der Lagerung im  $\mu\text{m}$ -Bereich),
  - der FAG SmartCheck für die schwingungstechnische Zustandsüberwachung und Schadensdetektion von einzelnen Lagern bis hin zu ganzen Maschinen
  - der automatische Schmierstoffgeber FAG Concept8 für bedarfsgerechte Nachschmierimpulse an Linearführungen oder auch
  - der elektrisch angetriebene Planetenwälgewindtrieb.
- Neu hinzu kommen zur EMO 2017 die automatisierte und zustandsorientierte Nachschmierung von Rollenumlaufeinheiten und ein innovatives System zur Belastungsüberwachung von Hauptspindeln.

## Mit Domain-Know-how zu Virtual Twins

Diese smarten Komponenten sind stets so konzipiert, dass Sie als Stand-alone-Lösung lokal an der Maschine betrieben werden können. Nutzt man die Schnittstelle zur nächsten Ebene Virtual Twins, eröffnen zusätzliche digitale Services weitere Wettbewerbsvorteile. Im Fall der Hauptspindelüberwachung ist dies beispielsweise die Optimierung der Fertigungsprozesse mit Hilfe einer möglichst hohen Spindelauslastung. Für die Linearführung ist dies die Prognose der Restgebrauchsdauer nach Beginn einer beginnenden und über die Sensorik erkannten Oberflächenveränderung.

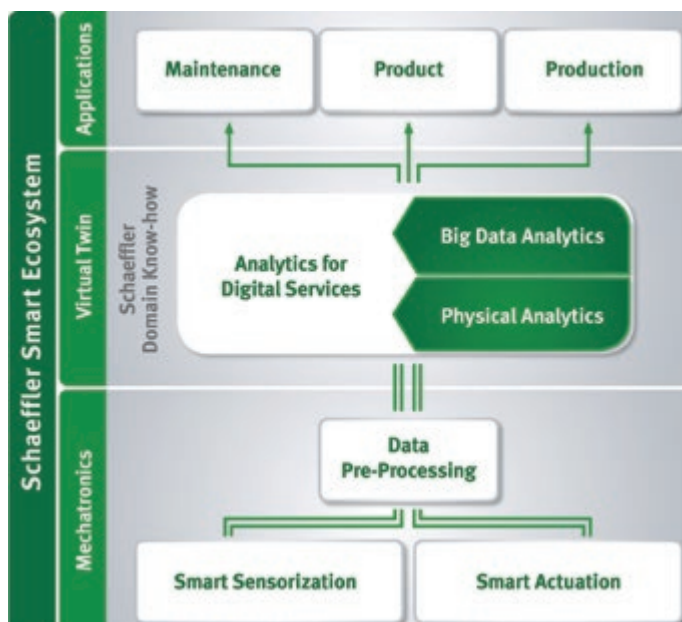
Schaeffler Smart EcoSystem: Der generierbare Kundennutzen ist Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Produkte und Services.

## Kundenzusatznutzen in drei Anwendungsfeldern

In der obersten Ebene Applications des Schaeffler Smart EcoSystems wird der Kundenzusatznutzen abgeleitet, aufgeteilt in die drei Anwendungsfelder: Maintenance, Product und Production. Im Fokus stehen abhängig vom Maschinentyp mit unterschiedlichen Schwerpunkten

- die Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit und der Produktivität,
- die Verringerung der Betriebs- und Wartungskosten,
- die Verbesserung der Prozessstabilität und –qualität und
- die Verbesserung der Produktqualität.

Diese Schwerpunkte sind stets Ausgangspunkt und Motivation für die Entwicklung der neuen Produkte und Services. Die Digitalisierung der Produkte zu smarten Komponenten ist lediglich das Mittel zur Generierung von Mehrwert für den Kunden. Beispielsweise waren Marktanalysen über die Ausfallursachen von Werkzeugmaschinen maßgebend bei der Initiierung der beiden Neuentwicklungen „Überwachung des Schmierzustandes“ und „Belastungsüberwachung der Hauptspindel durch Verlagerungsmessung“. ◀



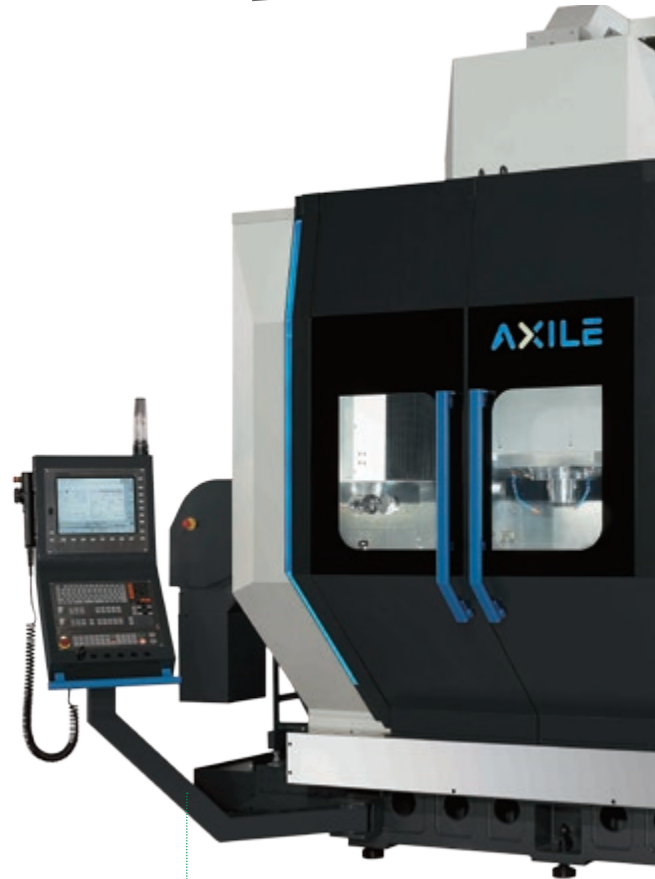
# DURCH PARTNERSCHAFT FIT FÜR INDUSTRIE 4.0

**Nur wenige Industriebranchen sind einem so hohen Kosten- und Innovationsdruck ausgesetzt wie die Werkzeugmaschinenindustrie. Nicht nur die Produktivität der Werkzeugmaschinen soll stetig steigen, sondern auch noch deren Zuverlässigkeit, Langlebigkeit und Bearbeitungsqualität. Einen Lösungsweg zeigt der Werkzeugmaschinenhersteller Buffalo mit dem ersten Industrie 4.0-tauglichen Bearbeitungszentrum aus Taiwan.**

Um die Verfügbarkeit und Lebensdauer von Werkzeugmaschinen zu optimieren, wurden bislang klassische Condition Monitoring Systeme (CMS) eingesetzt – bei Maschinenparks in der Regel als Remotesysteme. Im Vordergrund der Entwicklung dieser CMS stand eine Verlängerung der Mean Time Between Failure, also der Zeitdauer zwischen Maschinenausfällen. Diese Systeme vergleichen sensorisch den Neuzustand der Maschine mit dem aktuellen Zustand. Veränderungen und Schäden können so frühzeitig entdeckt werden. Sie liefern die Basis-Informationen für eine vorausschauende Instandhaltung. Es handelt sich jedoch um rein passive Systeme, d.h. sie haben keinen Einfluss auf die Betriebsparameter der Maschinen. Eine Erhöhung der Produktivität z.B. durch höhere Spanleistungen und die Kenntnis über deren künftige Auswirkung auf die Lebensdauer der Maschine ist mit den klassischen rein beobachtenden Systemen kaum zu erreichen.

## Intelligente Subsysteme für Werkzeugmaschinen

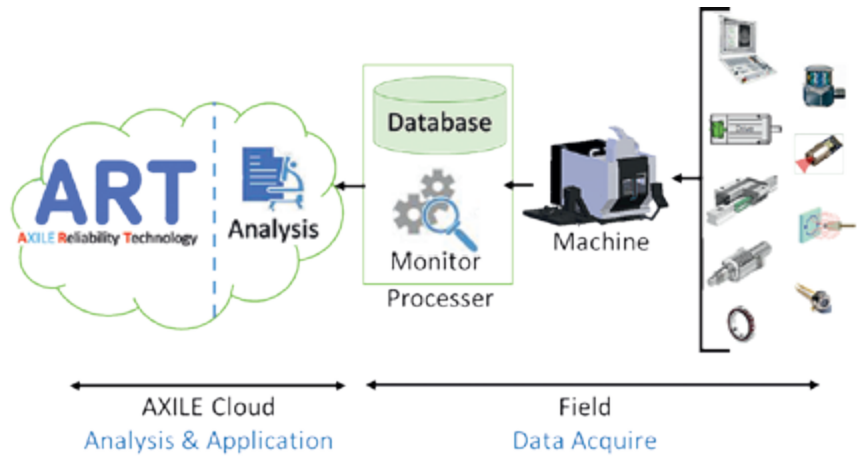
Um das Ziel von mehr Spanleistung, besserer Oberflächenqualität, höherer Präzision und mehr Verfügbarkeit zu erreichen, wird die nächste Maschinengeneration über eigene Regelkreise verfügen. Sie ermöglichen es nicht nur, den Zustand von Maschinenkomponenten zu „monitoren“, sondern den Zustand von Maschinenkomponenten und den Fertigungsprozess während der gesamten Betriebsdauer aktiv zu beeinflussen. Mit Unterstützung von Schaeffler setzt Buffalo Machinery diesen Plan an mehreren High-Tech-Maschinen in die Praxis um. Die taiwanische Buffalo Machinery Co. wurde 1979 gegründet und umfasst die zwei Produktlinien MICRO CUT und AXILE. Unter dem Label SMT (Smart Machining Technology) verbindet Buffalo schon heute Monitoring Systeme mit Kompensationsstrategien zu innovativen Regelkreisen. 2016 starteten Buffalo und Schaeffler eine Kooperation zum Thema „Industrie 4.0“ mit dem Ziel, eine erweiterte Zustandsüberwachung in Werkzeugmaschinen zu entwickeln. Hierzu wurde das 5-Achs-Bearbeitungszentrum AXILE G8 von Buffalo Machinery mit allen wichtigen Messsystemen ausgestattet und auf der TIMTOS 2017 erstmals der Weltöffentlichkeit vorgestellt. Schaeffler steuert für dieses Entwicklungsprojekt die Technologien für die Zustandsüberwachung und –prognose der Linearführungen bei. So wurden die Linearachsen des Buffalo-Bearbeitungszentrums mit den INA-Rollenumlaufeinheiten RUE 4.0 ausgerüstet. Die in die Laufwagen integrierte Sensorik erfasst permanent den Schmierzustand und löst bei Emission von Körperschallschwingungen ab einem definierten Schwellenwert einen Schmierimpuls an einem automatischen



Bearbeitungszentrum AXILE G8 des taiwanischen Herstellers Buffalo, das bevorzugt im Werkzeug- und Formenbau, in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und in der Medizintechnik eingesetzt wird.

Schmierstoffgeber aus. Die Umrüstung war sehr leicht durchzuführen: Nur die Laufwagen unterscheiden sich von der konventionellen Führung RUE. Das Maschinendesign kann unverändert bleiben. Der Regelkreis zwischen Sensorik am Laufwagen und dem Schmierstoffgeber als Akteur ermöglicht eine zustandsorientierte automatisierte Nachschmierung. Das System spült sogar eingedrungene Fremdkörper und Kühlschmierstoffe selbsttätig aus der Linearführung heraus. Am Display der Maschinensteuerung sind Informationen über den Lagerzustand der Achsen und den Schmierstoffverbrauch abrufbar. Auf diese Art und Weise kann Schmierstoff gespart und zugleich können Ausfälle aufgrund von Mangelschmierung ausgeschlossen werden. Da Mangelschmierung bzw. unzureichende Schmierung eine der Hauptursachen von vorzeitigen Ausfällen von Linearführungen darstellt, erhöht die RUE 4.0 die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der kompletten Maschine.





**Kombination von Technologien führt zu Industrie 4.0**

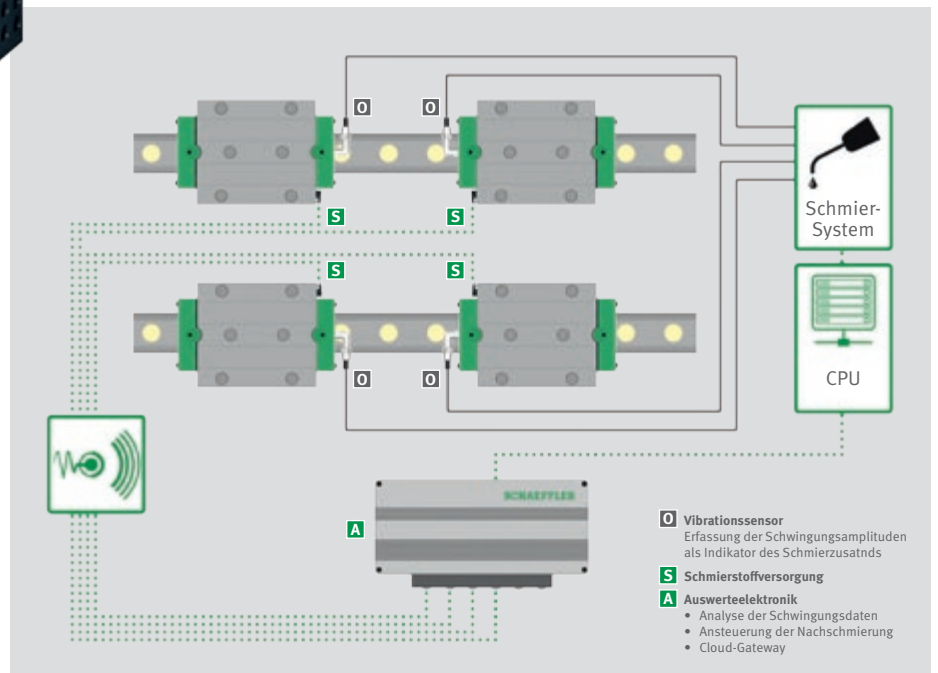
Die intelligente Kombination der Technologien von Schaeffler zur Zustandsanalyse und -prognose mit der Smart Machining Technology von Buffalo ermöglicht dem Werkzeugmaschinenhersteller die Entwicklung neuer Services. Diese sind unter dem Label AXILE Reliability Technology, kurz ART, zusammengefasst. ART verwendet zur Datenerhebung sowohl Sensoren an den Schlüsselkomponenten als auch Daten aus der Maschinensteuerung. Nach einer ersten Vorverarbeitung der Echtzeitdaten werden diese zur Analyse in die AXILE-Cloud hochgeladen. Die vorverarbeiteten Daten werden einerseits benutzt, um mit den Schaeffler-Algorithmen den Zustand der Maschinenkomponenten auf Basis der Betriebsdaten zu bestimmen. Zum anderen dienen die Daten dazu, den Fertigungsprozess mit SMT von Buffalo intelligent zu steuern und zu optimieren. Das 5-Achs-Bearbeitungszentrum AXILE G8 stellt mit dieser Kombination an Technologien die erste Werkzeugmaschine in Taiwan dar die Industrie 4.0-tauglich ist. Im Rahmen der Kooperation mit Schaeffler durchlaufen die Maschinen aktuell verschiedene Tests. Außerdem werden über einen längeren Zeitraum Betriebsdaten an den Maschinen erhoben, um die Software-Entwicklung weiter voranzutreiben. ◀



RUE 4.0 Laufwagen in der Portalachse des 5-Achs-Bearbeitungszentrums AXILE G8.

Buffalo und Schaeffler verknüpfen ihr jeweiliges Domain-Know-how und ihre Technologien, um Werkzeugmaschinen Industrie 4.0-tauglich zu machen. Die daraus entwickelten Services nennt Buffalo AXILE Reliability Technology, kurz ART.

Regelkreis für eine bedarfsgerechte und automatisierte Nachschmierung von Rollenumlaufeinheiten: piezoelektrische Sensorik am Laufwagen, Steuergerät mit Schnittstelle zur Maschinensteuerung und automatischer Schmierstoffgeber. Der aktuelle Zustand der Linearachse kann am Bildschirm des Maschinenpults visualisiert werden.



# SCHAEFFLER-APPS: INFORMATIONEN ÜBERALL VERFÜGBAR

Ob Messprotokolle von Hochgenauigkeitslagern aus der FAG-Lagerfertigung, Informationen über die korrekten Fettmengen und Fettverteilungsläufe oder Montageanweisungen – die App PrecisionDesk stellt all diese Informationen mobil zur Verfügung, sei es in der Werkstatt, in der Montage, in der Qualitätskontrolle und für Warenwirtschaftssysteme.

Zehn Apps bietet Schaeffler für die mobile Kommunikation seinen Kunden und Vertriebspartnern inzwischen an. Darunter finden sich zum Beispiel die App OriginCheck für die Überprüfung des Herstellers zum Schutz vor Plagiaten mittels Data Matrix Code (DMC), die App Technisches Taschenbuch als mobiles Nachschlagewerk, die App InfoPoint mit Katalogen und Broschüren und die App SmartCheck, die den aktuellen Status aller Schwingungsanalysen mittels FAG SmartChecks in einem lokalen WLAN-Netz anzeigt. Last but not least steht auch die Schaeffler App PrecisionDesk im Apple App Store, im Windows Store und im Android Play Store kostenlos zur Verfügung. Die kostenlose App umfasst verschiedene Informationen über FAG Rotativ- und Linearlager in Hochgenauigkeitsausführung, die speziell für Kunden, Ingenieure, Vertriebspartner und Monteure konzipiert wurden.

## Messprotokolle und die Verknüpfung mit Warenwirtschaftssystemen

Die PrecisionDesk-App ermöglicht das Auslesen der DataMatrix-Codes (DMC) auf den Lagern oder auf den Lagerverpackungen. Mit den DMC können Schaeffler-Kunden direkt über die App die lagerspezifischen Messprotokolle von Hochgenauigkeitslagern abrufen und zu Dokumentationszwecken als pdf speichern oder versenden. Die Messprotokolle von Spindellagern enthalten Angaben zur Lager-ID, Lager-Bezeichnung, das Herstellungsdatum, Istwert-Kennzahlen sowie die Breitenabweichung, den Druckwinkel und

den Überstand – Daten, die von besonderer Relevanz für die Montage, qualifizierte Beratung oder effiziente Bestandsverwaltung sind. Außerdem ist es möglich, lagerbezogene, elektronische Datensätze (.CSV) zu erzeugen und diese z. B. für ein Logistiksystem zu nutzen. Schaeffler-Kunden bietet die App damit die Möglichkeit zu einem sicheren Monitoring des eigenen Lagerbestands und zur Qualitätssteigerung in der Montage durch effizienteres Verpaaren von Lagern, Wellen und Gehäusen.

Mit zwei Klicks kommt man zudem direkt auf die aktuellen Produktinformationen in der Schaeffler-Mediathek: dort finden sich beispielsweise die notwendigen Montageanleitungen, Details zu den empfohlenen Fettmengen bzw. Fettverteilungsläufen und die zulässigen Anwärtemperaturen.

## Sicherheit in Sekundenschnelle

Die App PrecisionDesk bietet ebenso wie die App OriginCheck einen erhöhten Schutz gegen Produktpiraterie mit Hilfe der Data-Matrix-Code-Überprüfung, was insbesondere im Handel bereits sehr intensiv genutzt wird. Die App ist in deutscher und englischer Sprache verfügbar. In Zukunft wird die Einbindung der App-Funktionalitäten in das Kunden-Intranet noch leichter: Schaeffler präsentiert zur EMO eine Webbrowserbasierte Lösung, bei der mittels Handscanner alle Funktionalitäten der Schaeffler-App von einem PC aus genutzt werden können, der beispielsweise in einer Werkstatt oder Montagehalle steht. ◀



Im Handumdrehen:  
Mittels scannen des Data Matrix  
Codes Messprotokolle abrufen,  
speichern und versenden.

## IMPRESSUM

### Herausgeber:

Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Geschäftsbereich Industrial Automation /  
Lineartechnik

### Verantwortlich:

Jürgen Klein

### Anschrift:

Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Berliner Straße 134  
D-66424 Homburg/Saar  
E-Mail: [info.linear@schaeffler.com](mailto:info.linear@schaeffler.com)

### Mitglieder der Redaktion:

Ralf Moseberg  
Dr. Martin Voll  
Dietmar Rudy  
Dr. Michael Pausch  
Sebastian Mergler  
Marco Pfeiffer  
Jochen Krismeyer

### Gesamtherstellung:

trio-group, Mannheim

### Bildnachweis:

Schaeffler  
Buffalo



PrecisionDesk-App für Hochgenauigkeitslager  
in Bearbeitungsspindeln, Vorschubachsen und  
Rundtischen sowie Linearprodukten

Beitrag zur Fälschungssicherheit:  
Abfrage des Data Matrix-Codes auf  
der Verpackung oder dem Lager selbst



Verbesserte Produktdokumentation:  
Lagerindividuelle Messprotokolle für  
Spindellager und Rundschlager





## PASSION 4.0 MACHINE TOOLS

Leidenschaft ist der Antrieb bei allem, was wir tun. Und das Ergebnis finden Sie in jedem Detail unserer Lagerlösungen für Werkzeugmaschinen: Qualität und Kompetenz auf höchstem Niveau. Wir entwickeln innovative Produkt- und Lagerlösungen, mit denen die Leistungsfähigkeit der nächsten Werkzeugmaschinen-Generation deutlich gesteigert wird. Mit mehr Verfügbarkeit, höherer Produktivität und besserer Bearbeitungsqualität. Überzeugen Sie sich selbst. Wir freuen uns auf Ihren Besuch.

[www.schaeffler.de](http://www.schaeffler.de)

**SCHAEFFLER**