

Vorschubspindellager einfach anschrauben

Dipl.-Ing. Gerald Nonnast und Dipl.-Ing. (FH) Martin Schreiber

INA-Sonderdruck aus „KEM“
Heft Nr. 5, Mai 1999
Konradin-Verlag, Leinfelden-Echterdingen



Vorschubspindellager einfach anschrauben

Eine weitere Maßnahme zur Kostenreduzierung bei Gewindetriebelagerungen

Dipl.-Ing. Gerald Nonnast und Dipl.-Ing. (FH) Martin Schreiber

Technische Innovationen bei Vorschubspindellagern lassen das konventionelle elektromechanische Antriebskonzept nach wie vor nicht an Attraktivität verlieren. Neben der ständigen Weiterentwicklung der Lagertechnologie spielt die Steigerung der Wirtschaftlichkeit einer Lagerlösung eine immer größere Rolle. Dabei wird das gesamte Einsparungspotential nicht durch ein billiges Lager, sondern durch eine kostengünstige Gesamtlösung ausgeschöpft. Effektive Möglichkeiten sind hier vor allem mit der Senkung der Bearbeitungskosten für die Anschlusskonstruktion sowie durch eine vereinfachte Montage gegeben. Gleichzeitig werden auch noch technische Vorteile gegenüber anderen konventionellen Konstruktionslösungen von Vorschubspindellagerungen erzielt.

1. Einführung

Neben linearen Direktantrieben hat das elektromechanische Antriebskonzept für Maschinenachsen nicht zuletzt seit den vergangenen Werkzeugmaschinen-Messen seine Leistungsfähigkeit bewiesen.

Hier sind Lösungsansätze, z. B. für fest-fest-gelagerte Gewindespindeln zu nennen. Neben der Fest-Fest-Lagerung von rotierenden Spindeln gehen die neuesten Weiterentwicklungen aber auch in die Richtung der angetriebenen Gewindetriebmutter. Diese Technologien besitzen auf Grund der möglichen höheren Vorschubkräfte im Vergleich zum Linearmotor Vorteile bei höheren bewegten Massen und höheren Prozesskräften. Aber die schon bedeutend geringeren Kosten elektromechanischer Antriebe lassen sich durch den Einsatz innovativer Lager für Gewindetriebe weiter optimieren.

Bei entsprechender Abstimmung der Komponenten bieten beispielsweise Servoantriebe in Verbindung mit Gewindetrieben neben dem technischen Leistungspotenzial vor allem Ansatzpunkte zur weiteren Kostenreduzierung – z. B. bei der Vorschubspindellagerung.

Dabei spielen insbesondere intelligente Lager-Lösungen in Verbindung mit der Anschlusskonstruktion eine zentrale Rolle. Aus solchen Trends ergeben sich nicht nur technische Verbesserungen, sondern sie werden eben auch den steigenden Anforderungen zur Kostenreduzierung der Gesamtlösung gerecht.

Mit anflanschbaren Lagern stehen einbaufertige Einheiten zur Verfügung, mit denen sich Vorschubspindellagerungen nach dem neuesten Stand der Technik verwirklichen lassen.

2. Zeitgemäße Lager

Axial-Schräggugellager der Baureihe ZKLF sind einbaufertige, selbsthaltende Komponenten (Bild 1). Damit ist eine direkte Anbindung des Lagers an die Anschlusskonstruktion ohne Zusatzbauteile möglich. Diese Tatsache beeinflusst weiterhin die Steifigkeit und Genauigkeit des gesamten Vorschubsystems positiv. Im Vergleich zu Lösungen mit Einzellagerpaketen ist die Anzahl der Spalte auf ein Minimum reduziert.

Die Abdichtung ist ebenfalls in das Lager integriert. Zusätzliche Bauteile sind hierzu in der Umgebungsstruktur nicht erforderlich. Für den Großteil der Anwendungen werden diese Lager auf Gebrauchsdauer be fettet geliefert.

Für hohe Belastungen bei gleichzeitig hoher Drehzahl steht die Baureihe ZKLF auch in gepaarter Ausführung zur Verfügung.

Die Lager der Baureihe DKLF A wurden speziell für fest-fest-gelagerte Antriebs-spindeln entwickelt (Bild 2). Zum Ausgleich von Wärmedehnungen im Betrieb sind diese Spindeln axial vorgespannt. Man spricht dann von einer gereckten Spindel. Bei diesem Konstruktionsprinzip werden die Lager auf Grund der Reckkraft in der Spindel in einer Richtung permanent höher belastet. Dieser Tatsache trägt das Lager mit einer dritten Kugelreihe Rechnung, welche eine einseitige Aufnahme höherer axialer Belastungen

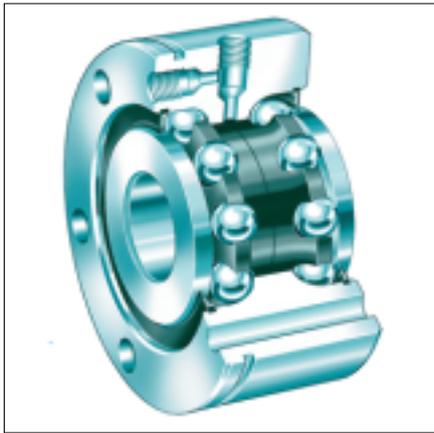


Bild 1 Lager der Baureihe ZKLF

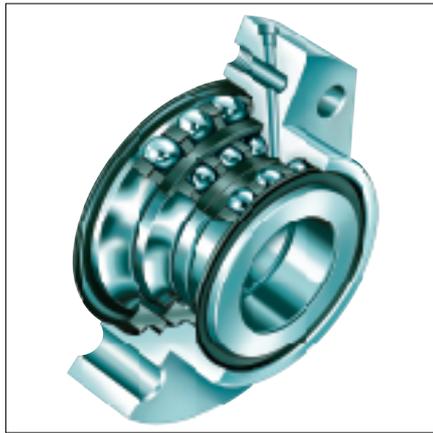


Bild 2 Lager der Baureihe DKLFA

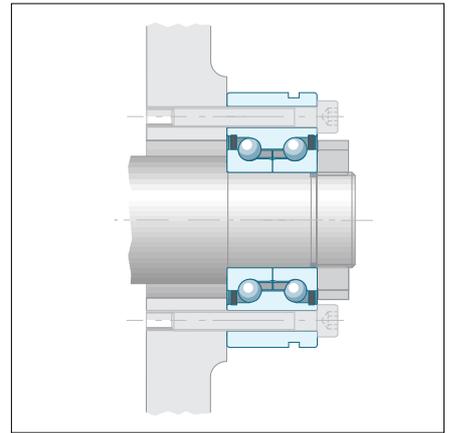


Bild 3 Axialschrägkugellager der Baureihe ZKLF, angeschraubt an eine plangefräste Fläche

ermöglicht. Genauso gut eignet sich das Lager daher für die Vertikalachse einer Werkzeugmaschine, bei der das Lager dauernd durch die Schlittenmasse belastet wird.

Nebenbei bietet das DKLFA die gleichen wirtschaftlichen Vorteile wie die Lager der Baureihe ZKLF. Zusätzlich ist der Lageraußenring des DKLFA zweiseitig abgeflacht, was extrem niedrig bauende Lösungen ermöglicht.

Zur Berechnung dieser komplexen, mechanisch überbestimmten Anordnungen stehen dem INA-Ingenieurdienst praxisorientierte Berechnungsmittel zur Verfügung. So können neben den Tragfähigkeitswerten alle relevanten Einstelldaten für die Montage ermittelt werden.

3. Plan angeschraubt

Eine besondere Möglichkeit, die dem Konstrukteur mit anflanschbaren Lagerarten zur Verfügung steht, ist das direkte Anschrauben an eine ebene Fläche. Eine zusätzliche radiale Fixierung kann entfallen.

Sowohl die Lager der Baureihe ZKLF als auch die Lager der Baureihe DKLFA eignen sich für das Anschrauben an eine plangefräste Fläche (Bild 3). Dieses konstruktive Merkmal eröffnet völlig neue Perspektiven für eine wirtschaftliche und zugleich technologisch fortschrittliche Ausführung einer Vorschubspindel-lagerung.

4. Die kostengünstigste Lösung

Neben der Auswahl anhand von technischen Leistungsmerkmalen spielt die Wirtschaftlichkeit der Gesamtlösung eine immer größere Rolle. Hier darf nicht nur der Lagereinkaufspreis im Vordergrund stehen, wie die Kostengegenüberstellung verschiedener Lagerungsvarianten zeigt.

Die Gesamtkosten setzen sich im Wesentlichen zusammen aus:

- Einkaufspreis für das Lager
- Kosten für Zusatzbauteile wie Lagerdeckel, Dichtungen, Hülsen usw.
- Bearbeitungskosten für die Anschlusskonstruktion
- Montagekosten.

In den Bildern 4 und 5 ist das Einsparungspotential für die Lösung mit einem Lager der Baureihe ZKLF anschaulich dargestellt. Vergleicht man den

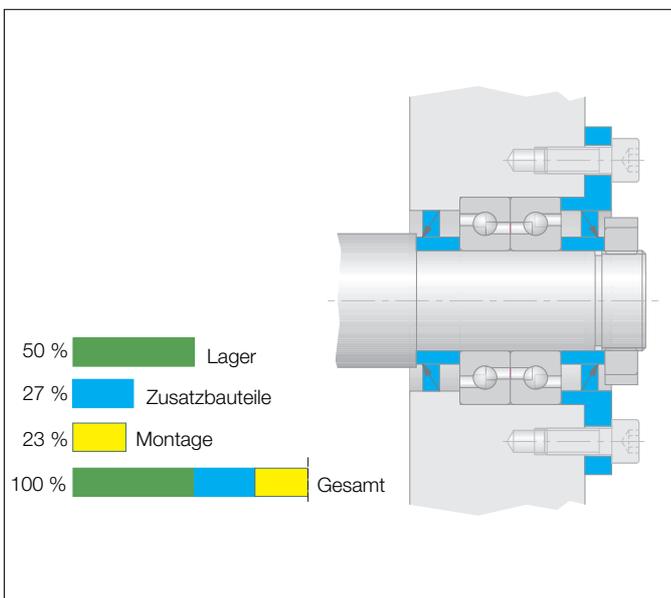


Bild 4 Kostensituation einer Lagerlösung mit Einzellagern

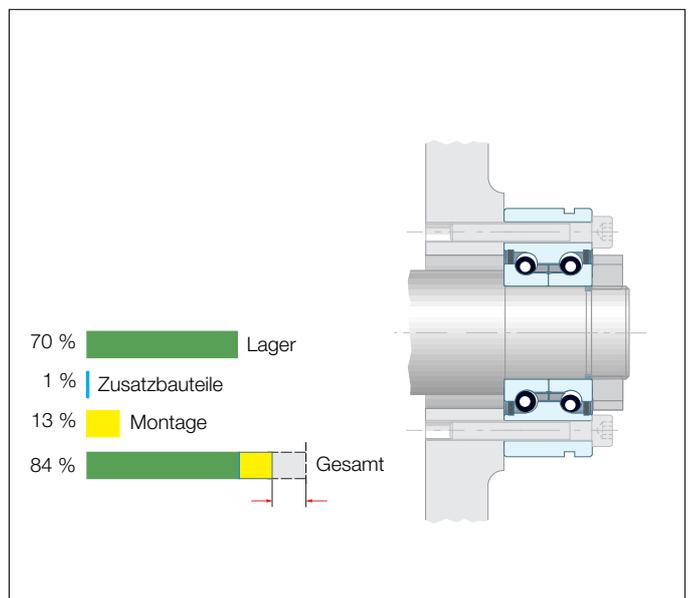


Bild 5 Einsparungspotenzial einer Lagerlösung mit einem plan angeschraubten Lager ZKLF

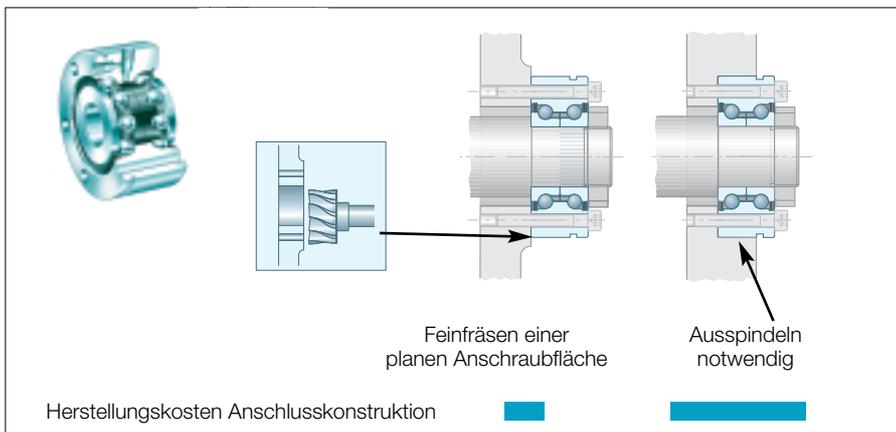


Bild 6 Reduzierung der Fertigungskosten für die Anschlusskonstruktion durch Anschrauben des Lagers an eine plane Fläche

konventionellen Ansatz mit einer modernen Konstruktion, so zeigt sich Folgendes: Durch den niedrigeren Lagerpreis bei der herkömmlichen Lagerlösung werden die höheren Kostenanteile für Zusatzbauteile und Montage nicht ausgeglichen. Für eine Lösung nach dem neuesten Stand der Technik wird der höhere Lagerpreis dagegen nicht nur kompensiert, sondern echte Einsparungspotenziale werden so erst möglich.

Schließt man weiterhin die Herstellkosten für die Anschlusskonstruktion in die Analyse ein, ergibt sich eine kostenoptimierte Lösung für eine Vorschubspindellagerung auf technisch höchstem Niveau.

In Bild 6 ist die Einsparungsmöglichkeit bei plan angeschraubtem ZKLF relativ zu dem in einer Zentrierbohrung montierten ZKLF angegeben. Die Schleifbearbeitung des Lagersitzes kann entfallen. Lediglich eine Feinfräsbearbeitung der Anschlussfläche ist notwendig.

5. Montage

Aufgrund der Möglichkeit, die Vorschubspindellager an eine plane Fläche anzuschrauben, lässt sich die Montage enorm vereinfachen. Für ein exaktes Ausrichten der Lager ist lediglich das Verfahren der Gewindetriebmutter in ihre Extrempositionen notwendig.

Eine Problemstellung in der Konstruktionsphase ist das radiale Ausrichten der Gewindespindellager zu einer Referenz.

Die Montage einer Gewindespindel mit plan angeschraubtem Lager gestaltet sich denkbar einfach.

Die Lage des Gewindetriebes bildet hierbei die Referenz. Die verfahrbare Gewindetriebmutter dient direkt als Funktionselement für das Ausrichten der anflanschbaren Vorschubspindellager. Beim Ausrichtvorgang werden die Befestigungsschrauben der Lageraußenringe zunächst handfest montiert, und anschließend wird die Gewindetriebmutter

in die Endpositionen gefahren. Auf diese Weise richten sich die Spindel und die Lager gemeinsam in die optimale radiale Position aus (Bild 7). Abschließend werden die Befestigungsschrauben mit dem vorgeschriebenen Anziehdrehmoment angezogen.

Durch diese Montagefolge wird eine Ausrichtung direkt über das Referenzglied im Vorschubstrang erreicht. Dies trägt zu einer Reduzierung von zusätzlichen Radiallasten auf Lagerung und Gewindetriebmutter bei und führt letztendlich zu einer höheren Lebensdauer.

Ein weiterer positiver Nebeneffekt bei Verwendung des kompakten ZKLF-Lagers ist die Minimierung des Fehlerrisikos. Die Handhabung von wenig Bauteilen, es sind lediglich noch das selbsthaltende Lager, die Befestigungsschrauben und die Präzisions-Nutmutter, reduziert die Montage auf das Wesentliche.

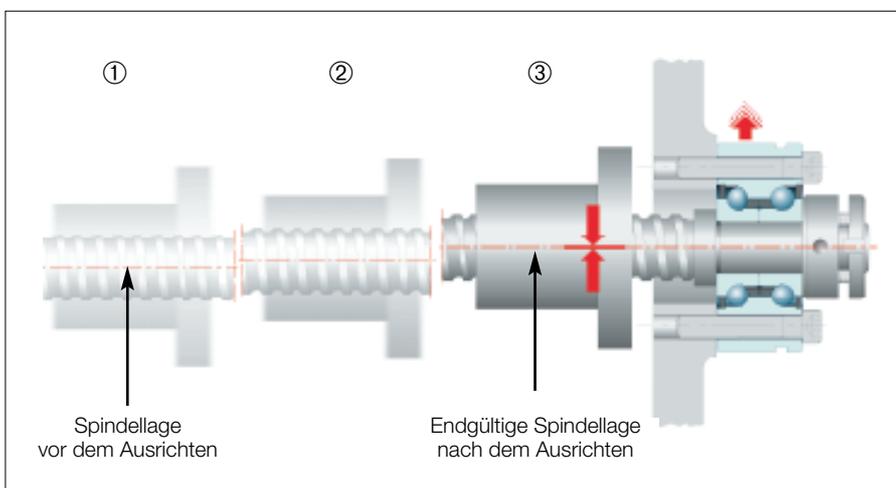


Bild 7 Ausrichten der Lager durch Verfahren der Spindelmutter

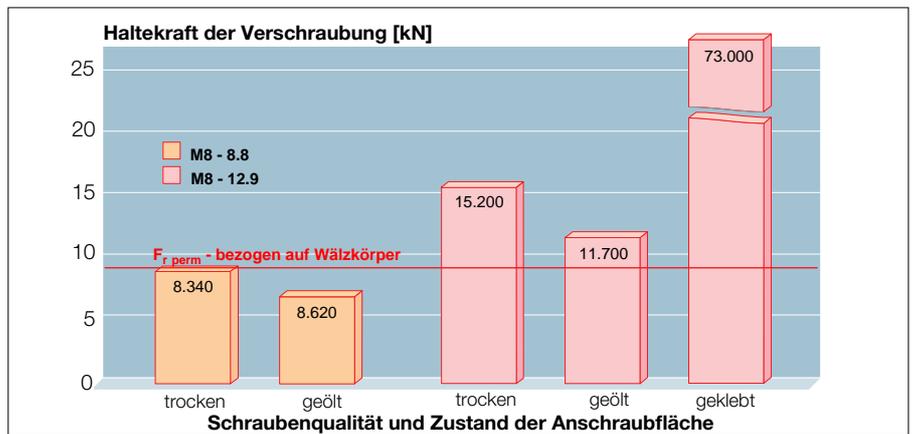


Bild 8 Radiale Haltekräfte bei plan angeschraubtem Lager ZKLF 30100.2RS

6. Kein Verrutschen

Ein wichtiges Thema bei der beschriebenen Lösung ist die Sicherheit gegen Verrutschen des Lagers. Die maximal übertragbaren Radialkräfte beispielsweise aus dem Antriebsriemen konnten durch Versuche ermittelt werden.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass ein Rutschen erst nach Erreichen bzw. Überschreiten der radialen Tragfähigkeit des Lagers $F_{r,perm}$ stattfindet. Bei Verwendung von Schrauben der Schraubenfestigkeitsklasse 8.8 entspricht die maximal übertragbare Radiallast bis zum Verrutschen des Außenrings bei trockenen Bauteilen etwa der maximal zulässigen radialen Belastung (Bild 8).

Durch Wahl einer höheren Schraubenfestigkeitsklasse (12.9) und Montage mit einem entsprechend höheren Anziehdrehmoment können Kräfte übertragen werden, die über der Lagergrenzlast in Radialrichtung liegen. Wird der Außenring zusätzlich verklebt, z. B. mit Loctite 638, kann die maximal zu übertragende Radiallast noch erheblich gesteigert werden.

Aus den Versuchsergebnissen mit den Schrauben niedriger und hoher Festigkeitsklasse ergibt sich, dass mit den zur Befestigung der ZKLF-Lager empfohlenen Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 die für die Praxis relevanten Riemenzugkräfte sicher übertragen werden.

7. Fazit

Durch konsequente Weiterentwicklung und neue Konzepte beim elektromechanischen Antrieb von Linearachsen ergeben sich neue Anforderungen an die Antriebskomponenten. Dabei konnten im Bereich der Vorschubspindellager nicht nur das Produkt selbst weiter optimiert, sondern zusätzlich innovative Ansätze in der Anwendung gefunden werden. Somit bildet eine moderne Vorschubspindellagerung nicht nur die Basis zur Steigerung der technischen Leistungsfähigkeit der Maschinen und Anlagen, es werden zusätzlich Kosteneinsparungen möglich. Innovationen für konventionelle Antriebskonzepte bieten dem Konstrukteur verschiedene Vorteile. So können etwa moderne Lösungen auf der Basis von langjährigen Erfahrungen mit elektromechanischen Antrieben realisiert werden. Der große Schritt zu einem neuen Konstruktionsprinzip mit Auswirkungen auf das gesamte Maschinenkonzept, wie etwa beim Linearmotor, entfällt. Damit gewinnt der elektromechanische Antrieb im Vergleich zu anderen Lösungsansätzen an Attraktivität.

Literaturverzeichnis

- [1] INA-Druckschrift ZAE, Lager für Gewindetriebe, Herzogenaurach 2000
- [2] INA-Druckschrift „Kompetenz für die Lagerung der Vorschubspindel“, Herzogenaurach 1996
- [3] INA-Versuchsbericht VA-67517 „Rutschlast für ZKLF“, Herzogenaurach 1995

Autorenhinweis:

Dipl.-Ing. Gerald Nonnast ist Anwendungsingenieur und Dipl.-Ing. (FH) Martin Schreiber ist Referent in der Anwendungstechnik im Branchenmanagement Produktionsmaschinen und Systeme bei der INA Wälzlager Schaeffler oHG in Herzogenaurach.



INA Wälzlager Schaeffler oHG

91072 Herzogenaurach
Telefon (0 91 32) 82-0
Telefax (0 91 32) 82-49 50
www.ina.com