STEHLAGEREINHEITEN FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

HOCHGENAUE UND FLEXIBLE LÖSUNGEN FÜR CNC-WERKZEUGMASCHINEN

Der Einsatz vormontierter Baugruppen beschleunigt die Montage von Maschinen. Präzise, modular aufgebaute Baugruppen als Festlager, Loslager und federvorgespannte Stehlager gleicher Mittenhöhe und Anlagebreite erlauben Entwicklern von CNC-Werkzeugmaschinen hochgenaue, flexible, montagefreundliche Lösungen von Vorschubachsen mit Kugelgewindetrieben.

Bei Werkzeugmaschinen erfolgt die Tischverstellung mit dem darauf montierten Werkstück oder die Verstellung der Bearbeitungswerkzeuge in den meisten Fällen über Kugelgewindetriebe. Kurze KGT Spindeln werden meist nur einseitig gelagert. Deren Lagerung gestaltet sich i. d. R. einfach durch abgestimmte, abgedichtete Lagersätze mit Präzisionszubehör oder einbaufertige Präzisions-Flanschlagereinheiten. Alternativ können auch Präzisions-Stehlagereinheiten der Serie BSPB mit Labyrinth-Dichtungen und integrierter, sicherbarer Präzisions-Spannmutter eingesetzt werden.

Für längere Hübe mit Kugelgewindetrieben werden diese an beiden Enden eingespannt und gelagert, um die Anregungsdrehzahl für Schwingungen zu erhöhen, siehe **Bild 02** und **03**.

KRITISCHE DREHZAHL 1. ORDNUNG

Die kritische Drehzahl 1. Ordnung n_{kr}, ab der die Kugelrollspindel infolge der Eigenfrequenz ausbeult, ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie freie Länge l_f zwischen den Lagerstellen, Spindelquerschnitt und somit dem Kerndurchmesser d_{kern} sowie der Art der Einspannung, also der Lageranordnung. Durch den Sicherheitsfaktor 0,8 wird sichergestellt, dass die zulässige Betriebsdrehzahl n_{zul} unterhalb der kritischen Drehzahl n_{kr} liegt.

Die Kennwerte lassen sich leicht durch nachfolgende Formeln berechnen:

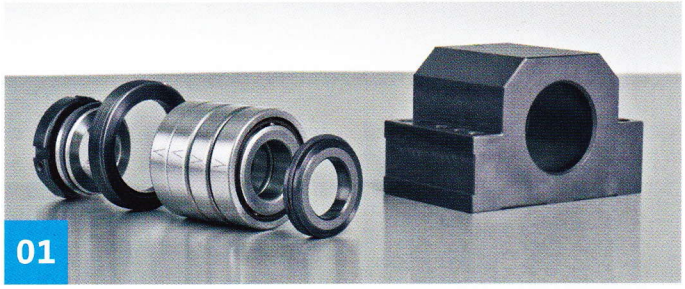
$d_{kern} = d_o - d_{wKGT}$ [mm]

$n_{kr} = k_a \times d_{kern} \times 10^6 / l_f^2$ [min^{-1}]

$n_{zul} = 0{,}8 \times n_{kr}$ [min^{-1}]

d_{kern} = Kerndurchmesser des Kugelgewindetriebes [mm]

d_o = Nenndurchmesser des Kugelgewindetriebes [mm]



01

d_{wKGT} = Kugeldurchmesser des Kugelgewindetriebes [mm]

l_f = nicht gestützte freie Spindellänge [mm]

n_{kr} = kritische Drehzahl 1. Ordnung [min^{-1}]

n_{zul} = zulässige Betriebsdrehzahl [min^{-1}]

k_a = Konstante der Anordnung für richtungsstabile Einspannungen

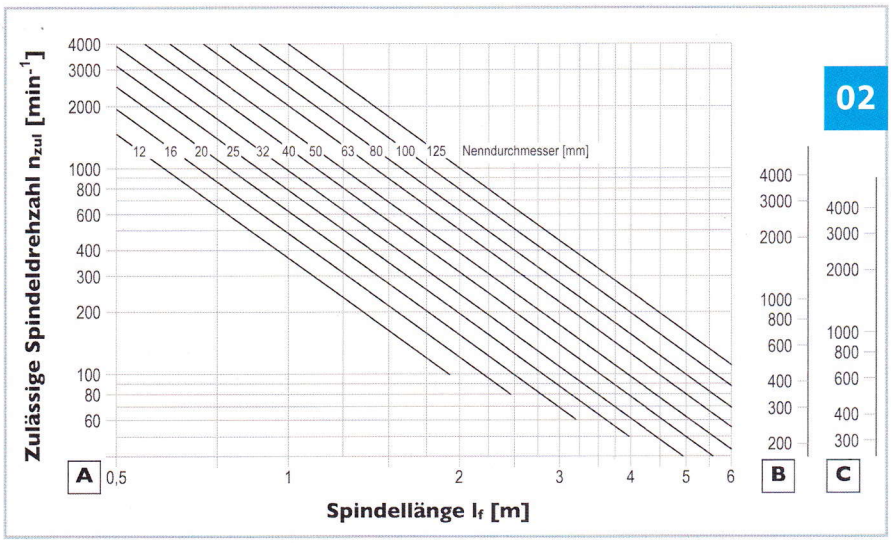
Errechnung der Drehzahl n aus Verfahrgeschwindigkeit v [m/min] und Steigung p [mm]:

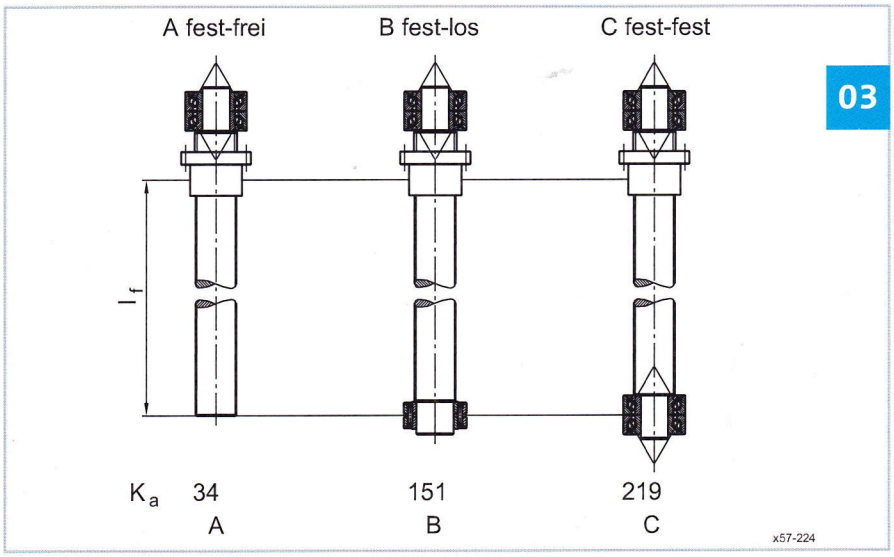
$n = 1\,000 \times v/p$ [min^{-1}]

DREHZAHL, VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

Je nach Einspannsituation der Kugelrollspindel können unterschiedlich hohe Drehzahlen erreicht werden. Wir unterscheiden

Dipl.-Ing. Helmut Gorr *ist Leiter Technische Anwendungen bei der IBC Wälzlager GmbH in Solms*





01 **Präzisions-Stehlagereinheit mit Präzisions-Spannmuttern, Präzisions-60°-Axial-Schrägkugellagern (BS) und Präzisions-Labyrinth-Dichtung**

02 **Zulässige Spindeldrehzahl in Abhängigkeit von Spindellänge, dem Nenndurchmesser und der Lagerung A fest-frei; B fest-los; C fest-fest; der Sicherheitsfaktor 0,8 ist im Diagramm enthalten**

03 **Konstante der Lageranordnung K_a für verschiedene Einspannungen: A fest-frei; B fest-los; C fest-fest**

bei beidseitiger Lagerung neben dem Festlager ein einfaches Loslager, ein federvorgespanntes Loslager oder eine Fest-Fest-Lageranordnung.

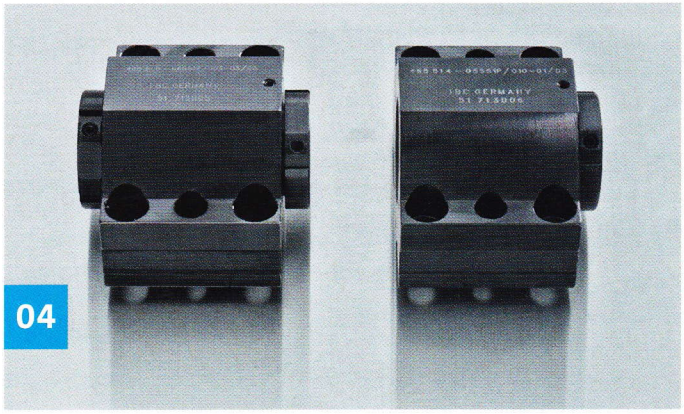
Die Drehzahl und Steifigkeit der Festlager wird durch die eingeschliffene Vorspannung und die Lageranordnung bestimmt. Es stehen katalogmäßig drei Vorspannungsklassen zur Verfügung. In einer Art Baukastensystem bietet IBC Entwicklern von Werkzeugmaschinen entsprechende Module an, die leicht miteinander kombiniert werden können.

Festlager als Stehlagereinheit (**Bild 04**) können mit den verschiedenen Gegenlagern (Fest- oder Loslager) kombiniert werden, wobei diese eine gleich hohe, sehr eng tolerierte Mittenhöhe und seitliche Anlagefläche aufweisen.

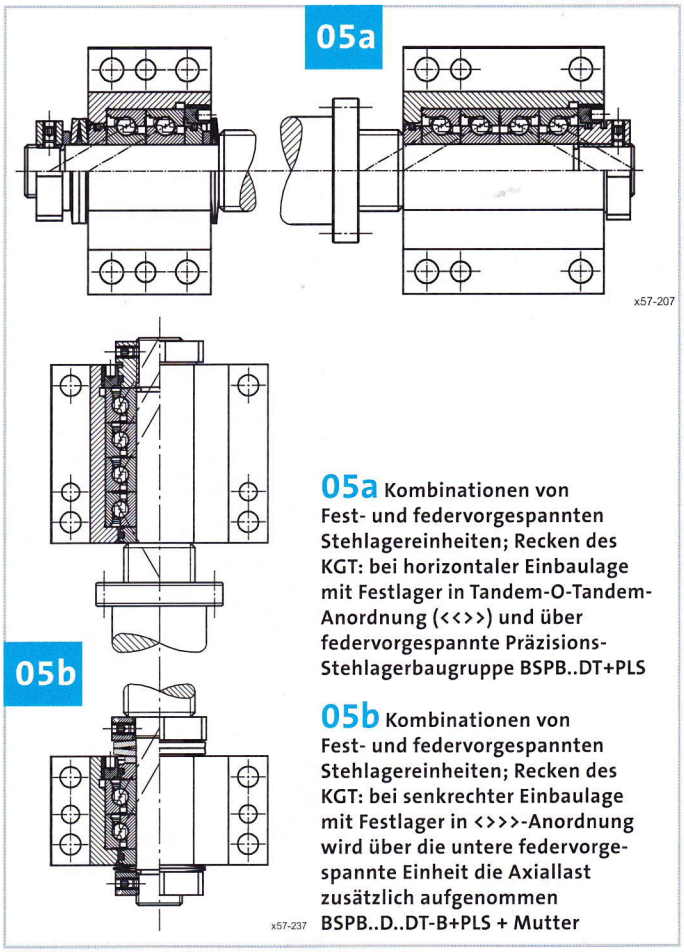
Bei gereckten Spindeln nimmt man die erwartete Längendehnung durch Erwärmung der Spindel im Betrieb so weit möglich vorweg. Dies erlaubt eine größere Steifigkeit bei Produktionsmaschinen.

Ist das zu produzierende Teilespektrum sehr unterschiedlich und die erwartete Längenänderung so hoch, dass zu große Kräfte im Sinne einer Lebensdauerberechnung entstehen, werden bevorzugt federvorgespannte Lösungen, teils mit schweren Tellerfedern eingesetzt.

Sogenannte Preload Sets PLS, bestehend aus Tellerfedern, Distanzringen und sicherbaren Präzisions-Spannmuttern sind hierzu für die entsprechenden Größen erhältlich.



04 Präzisions-Sonder-Stehlagereinheiten mit integrierten Präzisions-Spannmuttern zum Recken eines Kugelgewindetriebes



05a Kombinationen von Fest- und federvorgespannten Stehlagereinheiten; Recken des KGT: bei horizontaler Einbaulage mit Festlager in Tandem-O-Tandem-Anordnung (<<>>) und über federvorgespannte Präzisions-Stehlagerbaugruppe BSPB..DT+PLS

05b Kombinationen von Fest- und federvorgespannten Stehlagereinheiten; Recken des KGT: bei senkrechter Einbaulage mit Festlager in <>>>-Anordnung wird über die untere federvorgespannte Einheit die Axiallast zusätzlich aufgenommen BSPB..D..DT-B+PLS + Mutter

SENKRECHTE ACHSEN

Für senkrechte CNC-Achsen herrscht oft eine Vorzugslastrichtung durch das schwere Eigengewicht des zu verfahrenden Tisches und das Werkstückgewicht vor. Durch eine asymmetrische Lageranordnung kann dem einfach durch Umdrehen eines Lagers von einer 2:2- zu einer 3:1-Lageranordnung Rechnung getragen werden (**Bild 05b**). Die Vorspannung der Lager sollte so gewählt werden, dass das untere Gegenlager nicht entlastet wird. Diese Anordnung ist dann montagefertig mit der gewünschten Vorspannung erhältlich.

LOSLAGER

Der Anwender hat die Wahl zwischen:

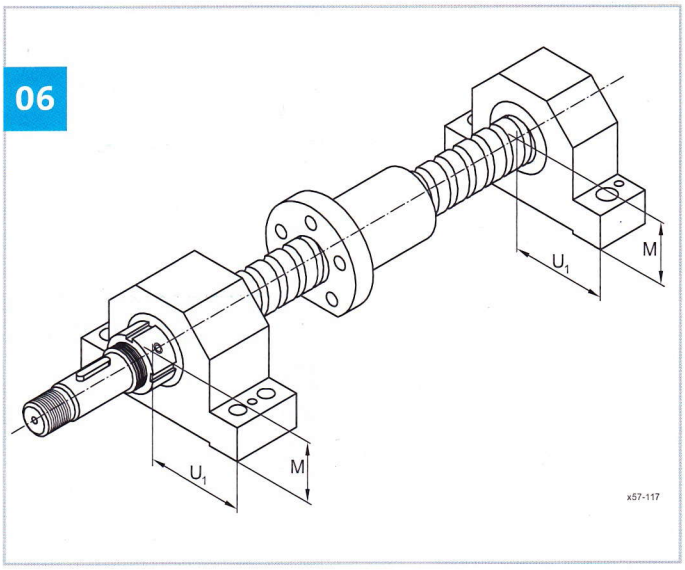
a. einfachen Loslagern, basierend auf abgedichteten Nadellagern mit reduzierter radialer Lagerluft und

b. federvorgespannten Lagereinheiten mit einem Lagersatz in Tandem-Anordnung von Präzisions-60°-Axial-Schrägkugellagern (BS...). Über massive Tellerfedern wird dabei die Spindel etwas gereckt und gleichzeitig die Lager vorgespannt, wodurch die kritische Drehzahl gegenüber dem einfacheren Anwendungsfall mit Nadellagern erhöht wird (**Bild 02, 03, 05a, 05b**).

EINFACHE BEARBEITUNG DER MASCHINENSTÄNDER

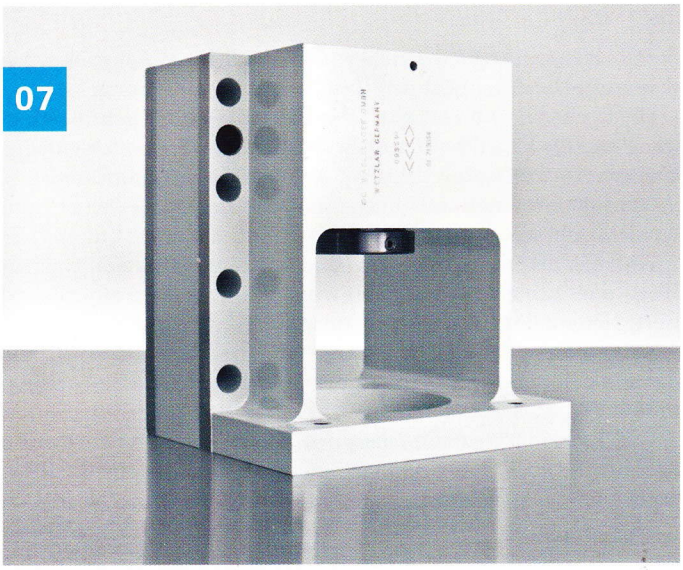
Alle Stehlagereinheiten gibt es mit gleich breiter, eng tolerierter Anlagekante und Mittenhöhe.

Die Auf- und Anlageflächen am Unterbau können so rationell zusammen bearbeitet werden. Schrauben- und Stiftverbindungen



06 Gleiche Bezugsmaße (U1, M) für Präzisions-, Fest- und Loslagereinheiten erleichtern die Montage

07 Montagfreundliche Präzisions-Sonderlagereinheit mit asymmetrischer Lageranordnung für senkrechte Achsen, Motorflansch unten integriert – Lackierung des Gehäuses optional



erlauben eine einfache und sichere Montage ohne zusätzliches Ausrichten (**Bild 06**).

Auf diesem System aufbauend können auch kundenspezifische Lösungen entwickelt werden, wobei zusätzliche Funktionen wie die koaxiale Anbindung eines Motors mit aufgenommen werden können (**Bild 07**).

Hierbei wird i. d. R. im Stehlagergehäuse an der Festlagerseite eine koaxiale Zentrierung und Anlagefläche zur Integration des Antriebsmotors oder eines Zwischengetriebes und Platz für eine verbindende Kupplung vorgesehen.

Da meist bei jedem Anwender für bestehende Maschinenreihen bereits bestimmte Motoren und Kupplungen eingesetzt werden, ist eine firmenübergreifende Standardlösung schwierig durchzusetzen. Meist will jeder Hersteller an schon von ihm eingesetzte Elemente anknüpfen. So ist bereits eine Vielzahl von kundenspezifischen Lösungen entstanden.

EMO 2019: Halle 7, Stand D58

Fotos: *IBC Wälzlager GmbH*

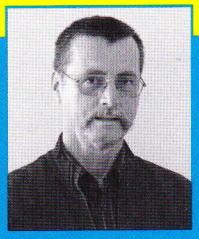
Literaturverzeichnis:

Montagefreundliche Lagerung von langen Kugelgewindetrieben bei Werkzeug- und Sondermaschinen, Dipl.-Ing. Helmut Gorr, special Antriebstechnik – S 1/2006, S. 20-24, Konstruktion, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf
Montage- und servicefreundliche Präzisions-Stehlagereinheiten für Kugelgewindetriebe, Dipl.-Ing. Helmut Gorr, Konstruktion Juni 6-2009, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf
Richtiger Halt, Kugelgewindetriebe bei unterschiedlichen Anforderungen optimal lagern, Dipl.-Ing. Helmut Gorr, KEM Sonderheft S 2.2011, S. 58/59, Konradin Mediengruppe Würzburg
IBC-Katalog: Präzisionswälzlager für Kugelgewindetriebe TI-I5010.3/D-2017; IBC Wälzlager GmbH Industrial Bearings And Components

www.ibc-waelzlager.com

DIE IDEE

„Über ein Baukastensystem können serienmäßig Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe für Werkzeugmaschinen unterschiedlicher Anforderungen optimal konfiguriert werden. Dabei werden Fest- und Loslager leicht kombinierbar, montage- und servicefreundlich gestaltet. Bei Bedarf sind zusätzliche Funktionen wie Aufnahme eines Motors oder eines Zwischengetriebes montagefreundlich zu integrieren."



Dipl.-Ing. Helmut Gorr, Leiter techn. Anwendungen, IBC Wälzlager GmbH