

3.4 Kugelgewindetrieb

Mit dem Kugelgewindetrieb wird die drehende Bewegung der Vorschubmotorwelle in die Längsbewegung des Maschinenschlittens umgesetzt. Der Kugelgewindetrieb besteht aus der Spindelwelle und dem Mutternsystem mit Kugelrückführung und Kugeln (Abb. 3.14).

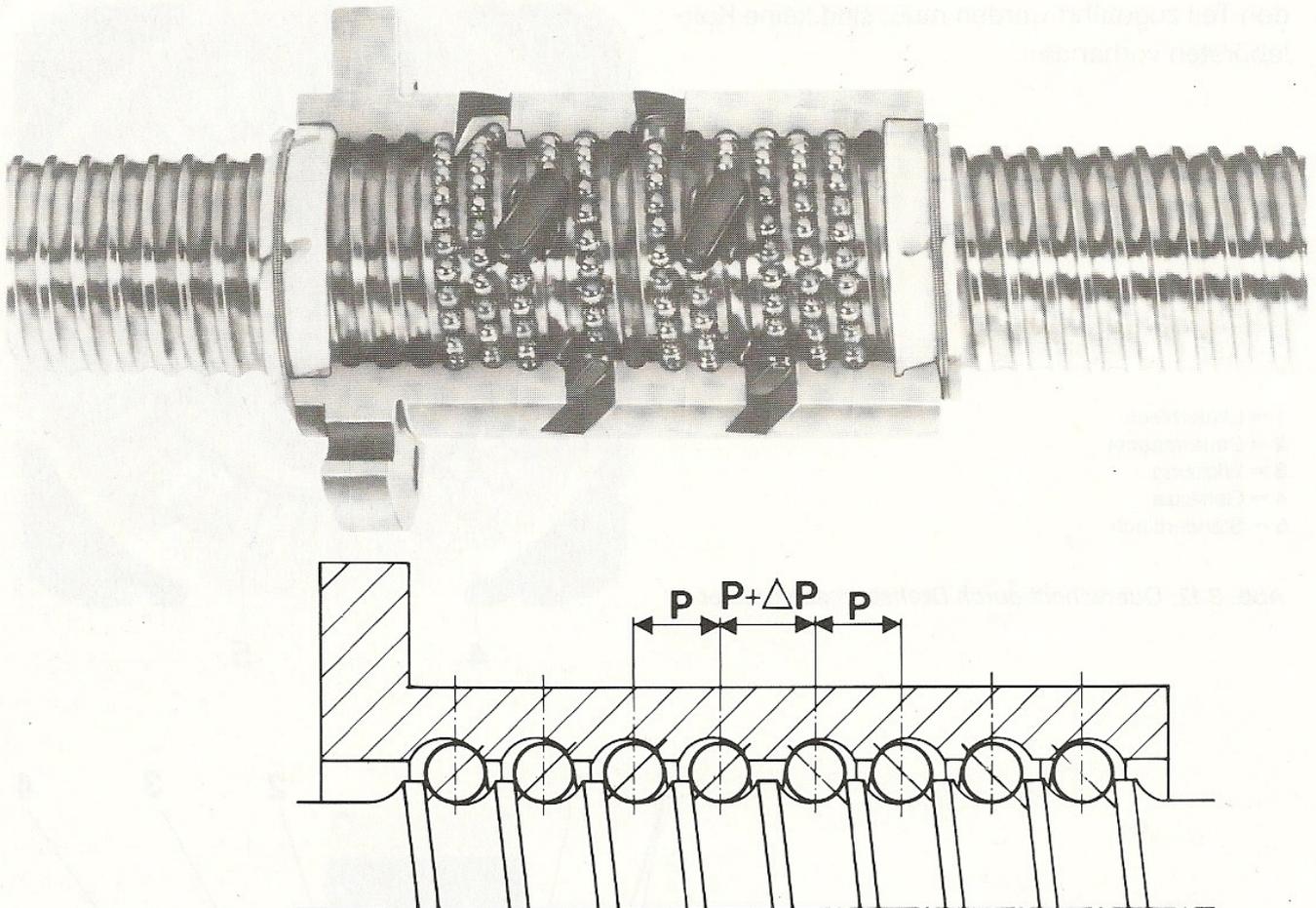


Abb. 3.14: Kugelgewindetrieb mit vorgespannter Einzelmutter

Der Kugelgewindetrieb ist ein aufwendiges Bauelement, aber für den Einsatz in der NC-Maschine geradezu ideal. Die besonders bei großen Schlittenhüben aus Kostengründen auch zum Einsatz kommenden Zahnstangensysteme verringern dagegen trotz Vorspannmaßnahmen Qualität und Leistungsfähigkeit der numerisch gesteuerten Maschine.

Anforderungen

Die wichtigsten Anforderungen an den Kugelgewindetrieb – die auch nur von diesem alle erfüllt werden können – sind:

- hohe Steifigkeit, Spielfreiheit und Genauigkeit
- hohe Belastbarkeit
- gute, stick-slip-freie Laufeigenschaften
- geringe Reibung und Wartung
- unveränderlich hohe Präzision und lange Lebensdauer
- hohe Verfahrgeschwindigkeiten.

Das bei sehr langsamen Bewegungen durch dauernden Wechsel zwischen Haftreibung und Gleitreibung auftretende „Rucken“ nennt man stick-slip. Dazu kommt es, weil der Reibungswiderstand im Stillstand größer ist als bei der Bewegung.

Die axiale Steifigkeit wird durch entsprechende Vorspannung zwischen Spindelwelle und Mutternsystem erreicht. Entweder werden dazu zwei Muttern gegeneinander verspannt (Doppelmutter) oder es wird eine Mutter verwendet, bei der die Gewindegänge auf Vorspannung geschliffen sind (Einzelmutter, siehe Abb. 3.14).

Mit der Vorspannung wird gleichzeitig das Umkehrspiel vernachlässigbar klein gehalten. Hohe Vorspannung verringert die Lebensdauer des Gewindetriebs. Durch die Anzahl der gleichzeitig tragenden Gewindegänge kann die Lebensdauer andererseits günstig beeinflusst werden.

Im Kugelgewindetrieb entsteht nur geringe Reibung, wie bei einem Kugellager, und die notwendige Wartung ist entsprechend gering. Der bei allen Regelvorgängen von Maschinenbewegungen ungünstige Stick-Slip-Effekt tritt nicht auf.

Wegen des auftretenden Holzstaubes ist der Einsatz von Systemen mit Fettschmierung anstelle von Ölschmierung zweckmäßig. Die Drehzahlgrenze bei Fettschmierung liegt bei üblichen Spindelauslegungen bei etwa 1000 Umdrehungen pro Minute.

Grenzen

Die für die Holz- und Kunststoffbearbeitung notwendigen hohen Verfahrgeschwindigkeiten sind problemlos möglich. Andererseits sind 1000 Umdrehungen pro Minute bei der üblichen Spindelauslegung die kritische Drehzahlgrenze für Hublängen ab ungefähr drei bis vier Metern.

Darüber werden die noch aufwendigeren Ausführungen mit stehender Spindel und drehendem Mutternsystem eingesetzt. Sonst würden Schwingungen erzeugt, die die Arbeitsgüte verschlechtern und mechanische Bauteile schädigen. Bei großen Spindellängen werden außerdem mechanische Spindelunterstützungen eingebaut, die unzulässige Schwingungen verhindern und vom „vorbeifahrenden“ Maschinenschlitten zur Seite gedrückt werden.

Verbindungselemente

Bewährte Verbindungselemente zwischen Vorschubmotor und Gewindespindel sind die verdrehsteife Kupplung und auch der einstufige Zahnriementrieb. Der Zahnriemenantrieb hat zusätzlich schwingungsdämpfende Eigenschaften, ist ein relativ steifes Übertragungselement, ist schlupffrei, dehnt sich nicht wegen der üblichen Glasfaserverstärkung und ermöglicht eine Drehzahlübersetzung. Für angetriebene Mutternsysteme kommt nur der Zahnriemen zur Anwendung. Zwischenge triebe sind nur bei Drehtischen (Rundachsen) unvermeidbar und müssen mit großem Aufwand vorgespannt werden.

3.5 Vorschubführungen

Die Linearachsen X, Y und Z haben Vorschubschlitten, die durch Vorschubmotoren über Kugelgewindetriebe angetrieben werden. Für die Längsbewegung dieser Vorschubschlitten sind Geradführungen erforderlich (Abb. 3.15).

Außer hydrostatischen (flüssigkeitsgetragenen) und aerostatischen (gasgetragenen) Führungen sind Gleitführungen und Wälzführungen als Linearführungen einsetzbar.

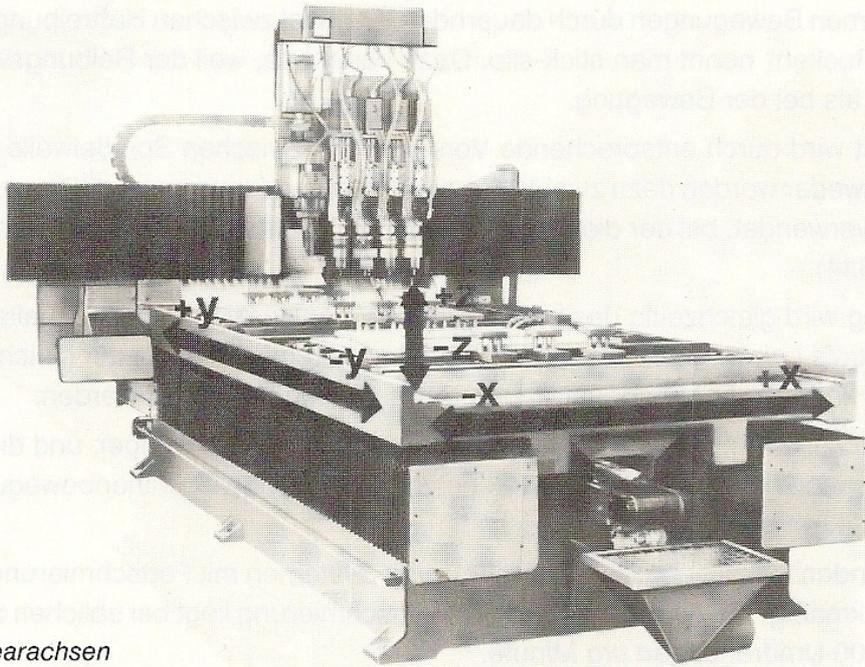


Abb. 3.15: Linearachsen

Bei den hydrostatischen und aerostatischen Führungen ist eine völlige Körpertrennung der Gleitpartner vorhanden. Sie scheiden aber neben anderen Gründen insbesondere wegen hoher Betriebs- und Wartungskosten aus.

Bei den möglichen verschiedenartigen Gleitführungen tritt, je nach Führungsprinzip, der eine oder andere Nachteil besonders hervor. Zum Beispiel:

- kleiner werdende Vorspannung und Genauigkeit durch Verschleiß
- Stick-Slip-Erscheinungen
- Schmierstoffvermischung mit Holzstaub
- Luftbelastung durch Öldämpfe.

Aus diesen Gründen werden in der Holz- und Kunststoffbearbeitung fast nur Wälzführungen eingesetzt. Diese sind insbesondere bekannt als Kugelhülsen für oberflächengehärtete Wellen (Abb. 3.16) und als Rollenumlaufschuhe für voll durchgehärtete Schienen aus Werkzeugstahl (Abb. 3.17 und Abb. 3.18).

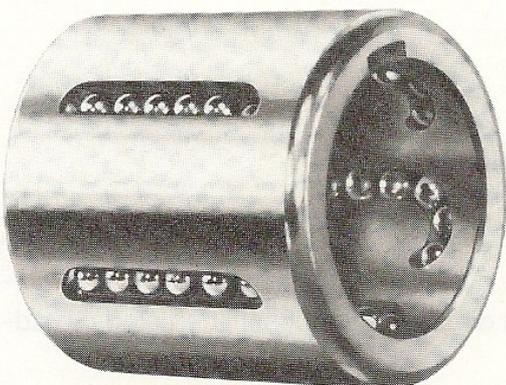


Abb. 3.16: Kugelhüchse

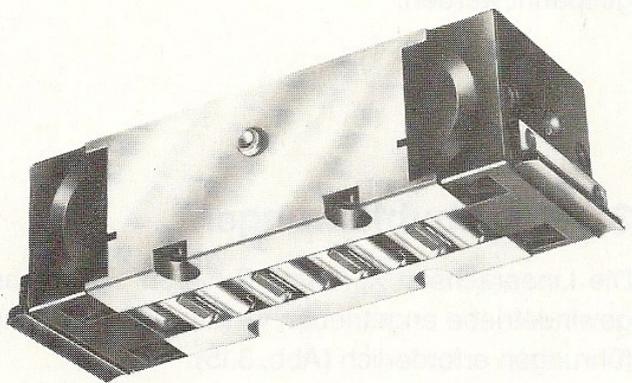


Abb. 3.17: Rollenumlaufschuh

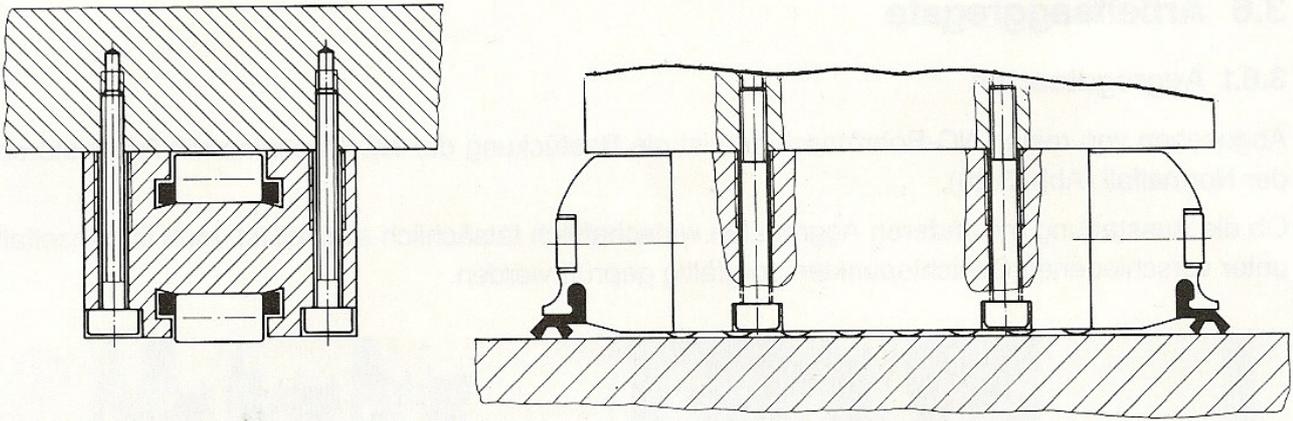
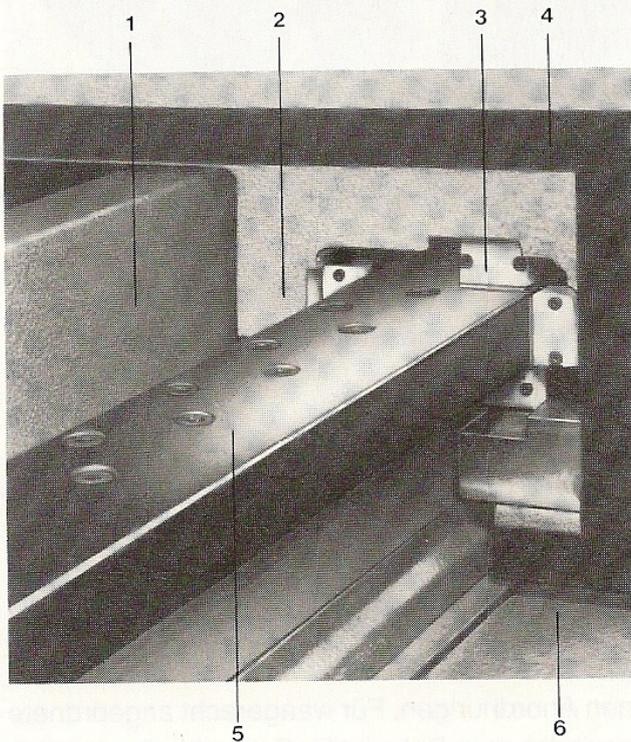


Abb. 3.18: Rollenumlaufschuh

Die Kugelbüchse hat im Vergleich zum Rollenumlaufschuh eine geringere Steifigkeit, ist viel weniger vorspannbar und belastbar, und die notwendige Geradheit der Führungswellen ist nicht ohne weiteres gegeben.

Unter Berücksichtigung aller wichtigen Gesichtspunkte kann der Rollenumlaufschuh als das optimale Bauelement angesehen werden.

Die Vorspannung kann für jedes einzelne Element bis zu mehreren Tonnen betragen. Sie ist für die Steifigkeit des Führungssystems wichtig, und sie wird durch geschliffene Vorspannkeile oder geschliffene Paßplatten erzielt (Abb. 3.19).



- 1 = Faltenbalgabstützung/Trennblech zur Kugelgewindespindel
- 2 = Lagerbock für Rollenumlaufschuhe
- 3 = Rollenumlaufschuh
- 4 = Faltenbalganschluß
- 5 = gehärtete Führungsschiene
- 6 = Maschinenbett

Abb. 3.19: Führung für Rollenumlaufschuhe

3.8.3 Winkel an der Werkzeugschneide

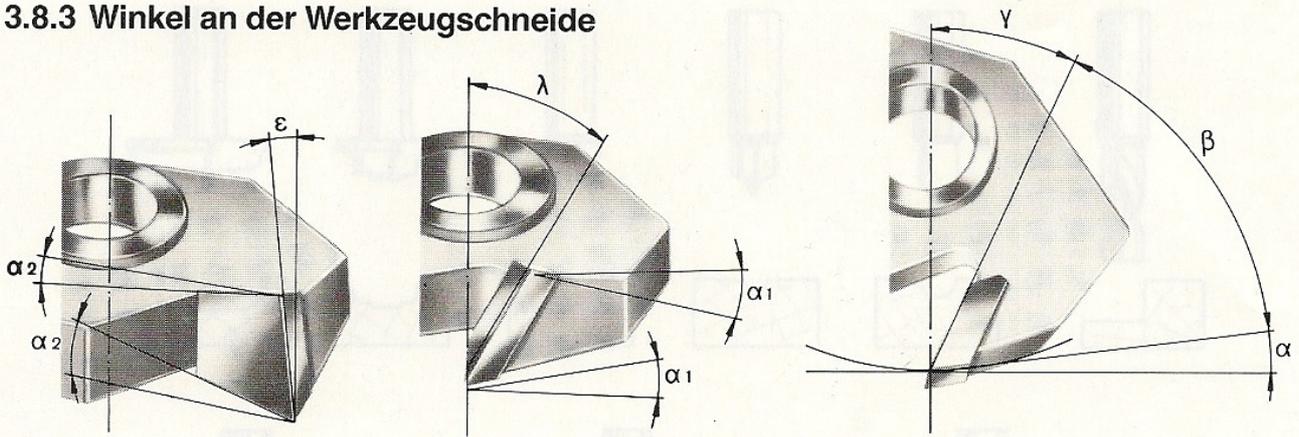


Abb. 3.61: Lage der Winkel am Fräser

Kurzzeichen des Winkels	Bezeichnung des Winkels	Mittelwert für Holzbearbeitung	Funktion
α	Freiwinkel (am Zahnrückén)	15 Grad	Schneidenkante muß mit möglichst wenig Reibung gut ins Holz eindringen können.
$\alpha_n (= \alpha_1)$	Seitlicher Freiwinkel (tangential)	5 bis 15 Grad	Schneidenkanten müssen mit möglichst wenig Reibung saubere Schnittflächen erzeugen.
$\alpha_r (= \alpha_2)$	Radialer Freiwinkel	0 bis 3 Grad	Verringert je nach Möglichkeit und Bedarf zusätzlich die Reibung der seitlichen Schneidenkanten.
β	Keilwinkel	40 bis 60 Grad	Ergibt sich aus Span- und Freiwinkel. Der kleinstmögliche Keilwinkel hängt von Qualität und Härte der Schneiden ab.
γ	Spanwinkel	10 bis 35 Grad	Bestimmt im wesentlichen die Schnittqualität (härtere Holzwerkstoffe = Winkel kleiner, weichere Holzwerkstoffe = Winkel größer).
λ	Achswinkel	10 bis 25 Grad	Ergibt einen „ziehenden“ Schnitt und verbessert meist den Schneideneffekt. Kann an verschiedenen Schneiden am selben Werkzeug entgegengesetzt gerichtet sein (wechselseitig), zum Beispiel um die Beschichtung des Werkstücks anzudrücken und nicht abzureißen.
ϵ	Fasenwinkel oder Eckwinkel	5 bis 15 Grad	Unterteilt bei wechselseitiger Anwendung die Spanbreite, zum Beispiel HM-Kreissägeblatt, verbesserter Ritzeffekt.

Griechische Kleinbuchstaben: α = Alpha β = Beta γ = Gamma λ = Lambda ϵ = Epsilon

3.8.4 Schnittgeschwindigkeit

Die Schnittgeschwindigkeit v ist abhängig vom Werkzeugdurchmesser d und von der Drehzahl n :

$$v = d \cdot \pi \cdot n.$$

Setzt man d in mm und n in U/min ein, so erhält man v in m/s über die Formel:

$$v = \frac{d \cdot 3,14 \cdot n}{1000 \cdot 60}.$$

Die in der Holzbearbeitung am häufigsten verwendeten Drehzahlen sind 18 000 und 12 000 U/min.

Richtwerte:

Werkstoff Werkstück	Werkstoff Schneide	Schnittge- schwindigkeit v (in m/s)	entspricht bei 18 000 U/min Durchmesser d (in mm)	entspricht bei 12 000 U/min Durchmesser d (in mm)
Weichhölzer	HSS, TG	50–80	55–85	80–130
Weichhölzer	HM, PKD	60–100	65–105	95–160
Harthölzer	HSS, TG	40–70	40–75	65–110
Harthölzer	HM, PKD	50–90	55–95	80–145
Unbeschichtete Platten aller Art	HM, PKD	60–90	65–95	95–145
Beschichtete Platten aller Art	HM, PKD	40–70	40–75	65–110

In der Praxis können diese Richtwerte häufig nicht erreicht werden.

Die Gründe dafür sind:

- maximal zulässige Drehzahl des Werkzeugs (auf dem Werkzeug angegeben)
- Begrenzung der maximal möglichen Spindel-drehzahl aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen
- große Materialverluste durch große Durchmesser beim Trennen
- hohe erforderliche Spindelleistung durch große Durchmesser beim Trennen
- Durchmesserunterschiede an einem Werkzeug: Bei Abb. 3.62 beträgt die Schnittgeschwindigkeit bei 18 000 U/min und einem Durchmesser von 60 mm zwischen 56 m/s (bei A) und 0 m/s (bei B).

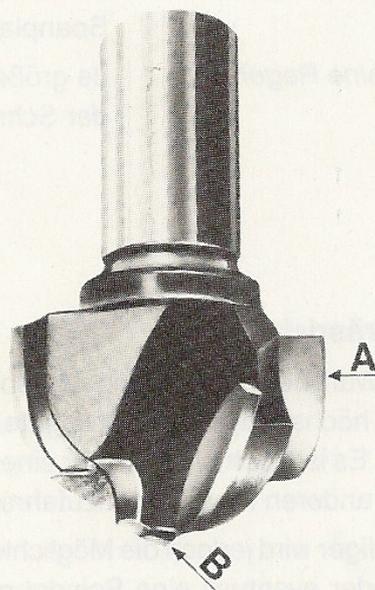


Abb. 3.62: Geschwindigkeitsunterschiede am Fräser