

Standardisierungs- Konzept für



Kugelgewindetriebe

Den Bedürfnissen des Marktes nach innovativen Produkten in immer kürzer werdenden Entwicklungszyklen zu begegnen, ist eine ständige Herausforderung für Maschinenhersteller. Oft führt die damit verbundene Innovationsfreude im Laufe der Zeit zu einer beträchtlichen Erhöhung der Anzahl der zu fertigenden, zu beschaffenden oder zu lagernden Einzelteile und Baugruppen. Dadurch steigen im Laufe der Zeit kontinuierlich administrativer Aufwand, Lagerbestände und gebundenes Kapital an. Diese Entwicklung hat – neben diesen innerbetrieblichen Folgen – zunehmenden Einfluss auf Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsposition von Unternehmen. Standardisierungsbemühungen – im richtigen Umfang eingesetzt – sind das geeignete Mittel, die Marktposition von Maschinenherstellern langfristig zu sichern und gleichzeitig Innovationen im geforderten Maße auf wirtschaftliche Weise zu ermöglichen. – Von Dr. Ralf Wohlbrück¹

Durch Maßnahmen zur Standardisierung legt ein Unternehmen Richtlinien und Verfahrensweisen fest, die – ganz nüchtern betrachtet – eine Einschränkung der Entscheidungsfreiheit der handelnden Personen darstellen. Insofern ist es ratsam, den betreffenden Personenkreis möglichst frühzeitig in den Standardisierungsprozess einzubeziehen. Dies nicht nur wegen der fachlichen Begleitung und Absicherung der Maßnahmen, sondern auch wegen der Möglichkeit, Mitarbeiter in diesen mittel- bis langfristig angelegten Prozess aktiv einzubeziehen.

Die Zielvorstellung ist, dass Maschinenhersteller für sich selbst definieren, was sie unter Standardisierung verstehen und welche Regeln sie zur Umsetzung sich selbst auferlegen möchten.

Durch Variantenreduzierung und Steigerung von Mehrfachverwendungen steigen die Bedarfsmengen pro Einzelteil. Dies führt beim Hersteller von Kugelgewindetrieben zur Erhöhung von Losgrößen in der Produk-

tion und zur Verminderung von Herstellkosten pro Stück. Da sich Wälzlager, Antriebs-elemente, Motoren usw. ebenfalls in dieser Standardisierungskette befinden – gewissermaßen vom Standardisierungsprozess „mitgenommen“ werden – lässt sich auch bei diesen Komponenten ein positiver Losgrößeneffekt erreichen. Dies sind Gründe genug, sich eingehend mit dem Thema Standardisierung als Daueraufgabe auseinanderzusetzen.

Aufgabenstellung zur Standardisierung von Kugelgewindetrieben

Im Rahmen von Standardisierungsprojekten werden meist alle bei einem Maschinenhersteller zum Neubau von Maschinen verwendeten Ausführungen an Kugelgewindetrieben ermittelt und deren (Teile-) Verwendung untersucht. Anschließend wird nach Ansätzen gesucht, nachträglich Varianten zusammenzufassen und auf diese Weise zu standardisieren. Die Umsetzung dieser Rückwärts-Strategie erweist sich häufig als zu aufwändig und wird, nachdem diese Erkenntnis gewonnen wurde, wieder verworfen. Damit ist deutlich, dass es erfolgverspre-

1: AM-Kugelgewindetrieb

chender ist, bereits bei Neuentwicklungen klar strukturierte Standardisierungsregeln festzulegen. Dieser Konzeptvorschlag beschränkt sich deshalb auf Kugelgewindetriebe für neu zu entwickelnde Maschinen und auf die konstruktive Überarbeitung bestehender Maschinen. Die Gedanken zu dieser Vorwärts-Strategie werden in ihren Grundzügen dargestellt, um Ideen zu liefern für verbindliche Entscheidungs- und Konstruktionsrichtlinien.

Geometrische Parameter von Kugelgewindetrieben

Die geometrischen Parameter eines Kugelgewindetriebs werden im Wesentlichen bestimmt durch Mutterform und Abmessungen, Nenndurchmesser, Nennsteigung, Kugeldurchmesser, Spindellänge, Gewindelänge und Spindelendengeometrie. Diese Parameter werden nachfolgend im Einzelnen behandelt.

Mutterform und Abmessungen

Es ist zu empfehlen, vorzugsweise Mutterformen und Abmessungen entsprechend DIN 69051-5 zu verwenden. Der Kostendruck zwingt Ingenieure, an vielen Stellen zu sparen. Daher werden auch des Öfteren vorschnell die Abmessungen des preiswertesten Einzelmutternsystems gewählt. Dies führt häufig zu fatalen Konsequenzen, da gerade bei hochwertigen Maschinenachsen der Kugelgewindetrieb mit Einzelmutter zwar billig, aber viel schlechter ist als ein Kugelgewindetrieb mit Doppelmutternsystem. Bei Neukonstruktionen sollte der

¹ Der Autor ist Verkaufingenieur bei der Firma A. Mannesmann Maschinenfabrik GmbH in Remscheid

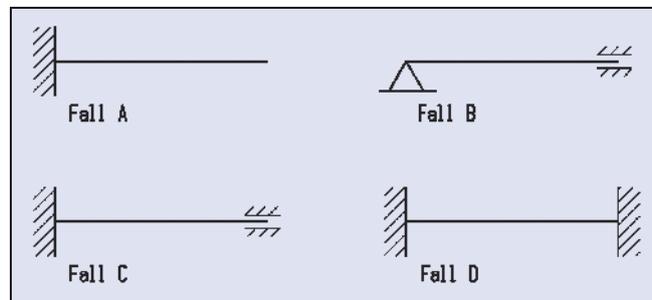
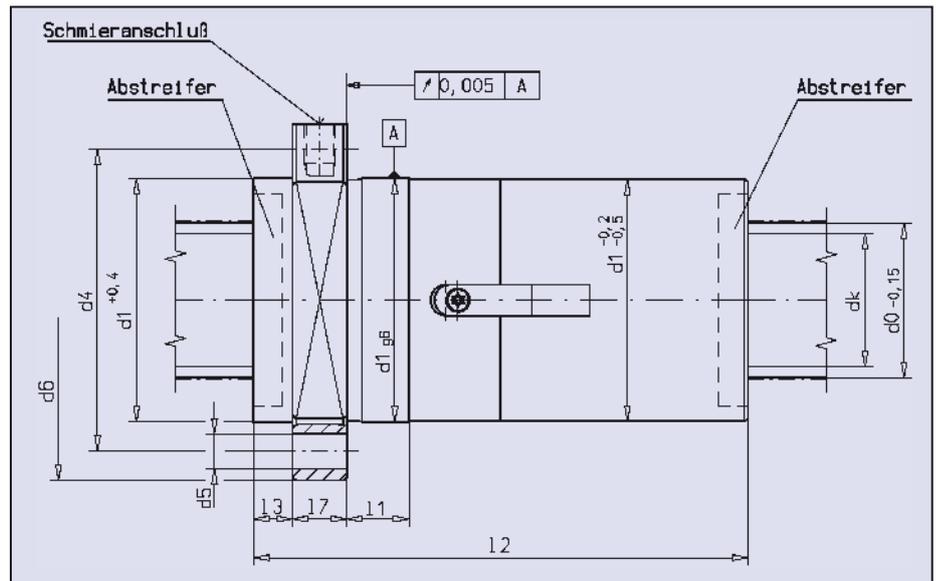
Platz für eine normgemäße vorgespannte Doppelmutter vorgesehen werden, um diese ggf. auch nachträglich im Bedarfsfall einsetzen zu können. Gründe hierfür sind Beschaffungsgesichtspunkte, Qualitätsfragen und steigende technische Anforderungen.

Nenndurchmesser und Nennsteigung

Vorzugsweise sollten Nenndurchmesser und Nennsteigungen entsprechend DIN 69051-2 verwendet werden.

Kugeldurchmesser

Zur Auslegung des Kugelgewindetriebs ist es notwendig, die nominelle rechnerische Lebensdauer nachzuweisen, um eine ausreichende Sicherheit gegen Materialermüdung und als deren Folge Pitting-Bildung zu bekommen. Die Größe des Kugeldurchmessers bestimmt wesentlich die Höhe der – für die Bemessung der nominellen rechnerischen Tragzahl des Kugelgewindetriebs. Viele Anwender von Kugelgewindrieben gehen als bewährtes Auslegungskriterium von einer erforderlichen nominellen rechnerischen Lebensdauer von 10000 ...15000 ... (20000) Betriebsstunden aus. In aller Regel werden mit dieser Auslegung im praktischen Betrieb keine Materialermüdungen und Pitting-Bildungen beobachtet. Die tatsächliche Gebrauchsdauer eines Kugelgewindetriebs ist davon abhängig, wie lange die – auf die wirksamen Betriebskräfte abgestimmte und eingestellte – Mutternvorspannung erhalten bleibt und das Auftreten von Umkehrspiel verhindert. Dies ist wiederum abhängig von der konstruktiven Ausgestaltung aller Einzelkomponenten, der Materialauswahl, der Oberflächenhärte und der Präzisi-



□ 2: Normgemäße vorgespannte Doppelmutter

□ 3: Möglichkeiten zur Lagerung der Spindeln von Kugelgewindrieben

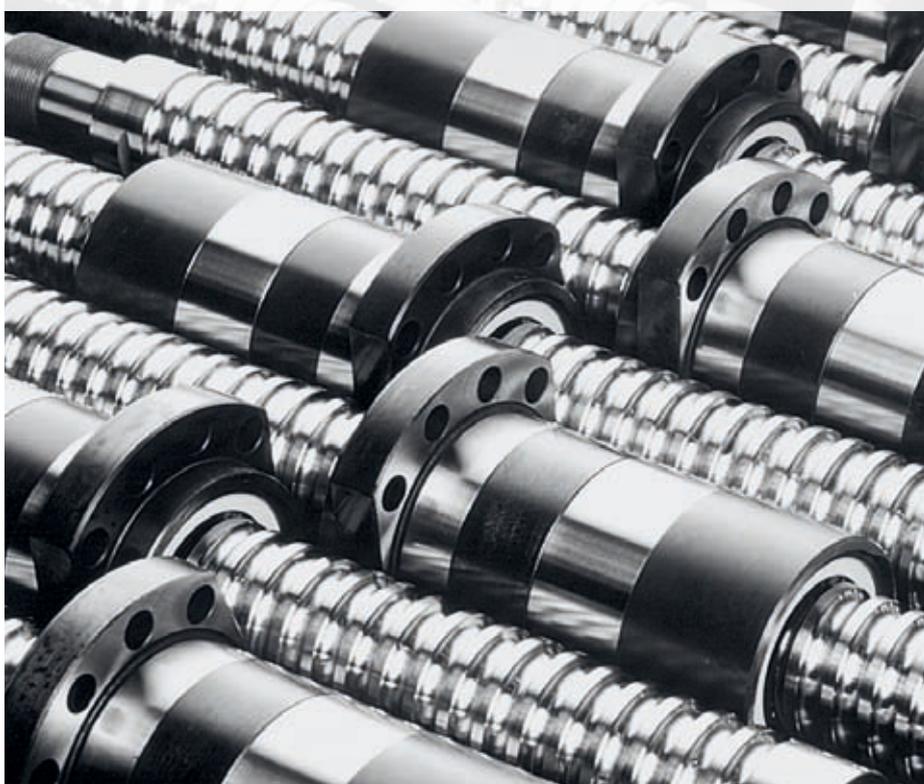
on bei der Herstellung. Die tief nitriergehärtete und geschliffene Spindel von A .Manesmann mit einer Oberflächenhärte > 900 HV = 67 HRC bietet hier entscheidende Vorteile. Es ist zu empfehlen, die erforderliche nominelle rechnerische Lebensdauer unternehmensweit verbindlich festzulegen. Dabei empfiehlt sich zu prüfen, ob mehrere Festlegungen, differenziert nach verschiedenen funktionellen Achsen oder Maschinentypen, vorgenommen werden sollten. Es lässt sich damit nicht nur die Variantenzahl reduzieren, sondern man gewinnt darüber hinaus Vorteile beim hochdynamischen Be-

trieb von Kugelgewindrieben. Es gilt der Grundsatz, soviel Tragzahl wie nötig. Kleine bis mittlere Kugeldurchmesser haben zwar kleinere Tragzahlen zur Folge, bieten aber Vorteile, was Reibung, Wärmeentwicklung sowie verschleißbedingten Abrieb und damit Vorspannungsabbau betrifft.

Spindellänge, Gewindelänge und Spindelengeometrie

Aus dem zu erreichenden Achshub, der Mutternlänge und der Lagerung der Spindel ergeben sich die geometrischen Abmes-

sungen der Spindel. Hier bietet sich dem Konstrukteur von Maschinen ein weites Feld an Standardisierungsmöglichkeiten. Entwickler sind an Pflichtenhefte gebunden und müssen Zielfunktionen möglichst punktgenau erreichen. Dies läuft mitunter Standardisierungsbemühungen zuwider. Während die funktionalen Zielsetzungen – um die naturgemäß kein Weg herumführt – von Anfang an ständig im Blickpunkt stehen und auch Herstellkostenziele regelmäßig überprüft werden, rückt die standardisierte Konstruktion der Spindel oft gar nicht oder erst in einer späten Phase des Entwicklungsprozesses in den Vordergrund.



Zu diesem Zeitpunkt wird dann häufig die Standardisierung nicht mehr in Betracht gezogen, weil dies beispielsweise aus terminlichen Gründen nicht mehr möglich ist. Insofern lohnt es sich, im Vorfeld eigene Lösungsstandards zu ermitteln und zu vereinbaren. Für deren Diskussion sollen einige Anregungen gegeben werden, damit möglichst viele Anwendungsfälle unter Zuhilfenahme dieser Festlegungen gelöst werden können und die Spindelvielfalt in möglichst kleinen Grenzen gehalten wird.

Kugelgewindetriebe mit angetriebener Spindel

Die angetriebene Spindel wird in aller Regel mittels Wälzlager gelagert. Aus der Art der Lagerung ergibt sich die Auswahl ent-

sprechender Wälzlagerarten und die geometrische Ausgestaltung der Spindelenenden. Die Art der Lagerung wird im Wesentlichen in Abhängigkeit vom Verhältnis Längen zu Nenn-Durchmesser der Spindel L/d_0 gewählt. In Abb. 3 sind vier Möglichkeiten für die Spindellagerung dargestellt. Bei relativ kurzen Spindeln mit kleinem L/d_0 -Verhältnis könnte beispielsweise eine fliegende Lagerung gemäß Fall A als Standard festgelegt werden. Bei großem L/d_0 -Verhältnis sind vier Gesichtspunkte zu beachten: statische Durchsenkung der Spindel bei Horizontalachsen, erste biegekritische Drehzahl, Knicklast und Spindel-Axialsteifigkeit.

Konstruktiv günstig ist in jedem Fall, bei langen Spindeln die Lagerart entsprechend Fall D vorzusehen, weil hierbei die geringste statische Durchsenkung, höchste biegekritische Drehzahl, höchste Knicklast und größte Spindel-Axialsteifigkeit erreicht werden.

Ein Vorschlag wäre, in Abhängigkeit vom L/d_0 -Verhältnis zwei unterschiedliche Lagerfälle festzulegen, danach in Abhängigkeit vom Nenn-Durchmesser der Spindel entsprechende Wälzlagerarten sowie die geometrischen Ausprägungen der Spindelenenden verbindlich vorzuschreiben. Bei Anwendungsfällen mit $L/d_0 > 40$ muss überprüft werden, ob Maßnahmen für eine zusätzliche Spindelunterstützung erforderlich sind. Ab $L/d_0 > 50$ ist eine Spindelun-

terstützung in jedem Fall vorzusehen. Zur Auslegung und konstruktiven Ausgestaltung unterbreiten die Ingenieure von A. Mannesmann gerne Vorschläge.

Kugelgewindetriebe mit angetriebener Mutter

Bei Systemen mit angetriebener Mutter wäre die gleiche Vorgehensweise wie in Abschnitt „Kugelgewindetriebe mit angetriebener Spindel“ dargestellt zu empfehlen, wobei in der Praxis häufig für die Spindellagerung der Fall D zur Anwendung kommt. Zur Auswahl der Wälzlagerung für die Mut-

4: AM-Kugelgewindetriebe mit normgemäßer vorgespannter Doppelmutter

ter unterbreiten die Wälzlagerhersteller gerne entsprechende Vorschläge. Die Auswahl der Wälzlagerarten sollte standardisiert und verbindlich festgelegt werden. In der Vereinheitlichung der Mutterlagerungen liegt ein erhebliches Standardisierungspotenzial.

Sonderlösungen zur Standardisierung

Bei vielen Kundenprojekten hat es sich gezeigt, dass es vorteilhaft sein kann, Sonderlösungen zu entwickeln und diese als Standardelemente einzuführen. Oft geben technische oder funktionelle Gründe Anlass zu dieser Vorgehensweise. Mit Sonderlösungen lassen sich darüber hinaus auch Teile- und Variantenreduktionen erreichen. Dabei ergeben sich für den Maschinenhersteller nicht nur Vorteile betreffend Beschaffung und Logistik. Die Ingenieure von A. Mannesmann helfen mit, Maschinenkonstruktionen in der Funktion und unter Berücksichtigung der Fertigungs-, Montage- und Lebenszykluskosten zu optimieren. Das steigert die Prozesssicherheit beim Bau der Maschinen beim Hersteller und sichert nachhaltig über viele Jahre die Zuverlässigkeit der Maschinen während des Betriebs beim Endkunden. A. Mannesmann erarbeitet für Maschinenhersteller vorteilhafte individuelle Lösungen – in enger Zusammenarbeit mit Kunden und auf vertraulicher Basis.

📍 A. Mannesmann Maschinenfabrik,
Remscheid
Tel.: 02191/989-0
www.amannesmann.de