

Servokupplungen I Allgemein

Definition - Servokupplung:

Servokupplungen sind Ausgleichkupplungen zur spielfreien, winkelgetreuen Übertragung von Drehmomenten mit einer möglichst hohen Verdrehsteifigkeit (Torsionssteife) und einem möglichst niedrigem Massenträgheitsmoment. Gemäß diesem Anspruch können die JAKOB Metallbalgkupplungen als Ideallösung betrachtet werden. Sie haben sich bereits seit über 30 Jahren in tausenden von Servoantrieben hervorragend bewährt. Aber auch die Elastomerkupplungen mit einem flexiblen Polyurethanstern können aufgrund ihrer produktspezifischen Vorteile für viele

Anwendungen eine sinnvolle Alternative darstellen. Allen JAKOB Servokupplungen gemeinsam ist die absolute Spielfreiheit (auch Welle-Nabe-Verbindung) und die Flexibilität zum Ausgleich von Wellenversatz. Aufgrund der jeweiligen Alleinstellungsmerkmale der einzelnen Baureihen wird es dem Konstrukteur immer gelingen eine optimale Lösung aus dem umfangreichen JAKOB Kupplungsprogramm zu finden. Die Einsatzgebiete reichen von hochdynamischen Vorschubachsen von Werkzeugmaschinen bis zu anspruchsvollen Antrieben im allgemeinen Maschinenbau.

Leistungsmerkmale - JAKOB Servokupplungen:

- /// absolut spielfreie, exakte Drehmomentübertragung
- /// niedrige Massenträgheitsmomente
- /// hervorragendes Betriebsverhalten
- /// Ausgleich von Fluchtungsfehlern
- /// kraftschlüssige, montagefreundliche Welle-Nabe-Verbindung
- /// Metallbalg: maximale Torsionssteife, verschleißfrei, bis 350°C
- /// Elastomerstern: steckbar, schwingungsdämpfend, bis 120°C
- /// kompakte Abmessungen, flexible Anwendungsmöglichkeiten
- /// umfangreiche Typen- und Größenauswahl (Systembaukasten)
- /// präzise Teilefertigung
- /// hohe Wuchtgüte
- /// hohe Drehzahlen
- /// geringe Rückstellkräfte
- /// beste Produktqualität
- /// lange Lebensdauer

Der JAKOB-System-Baukasten:

Als flexible Ausgleichselemente werden Edelstahlbälge mit diversen Bauformen, Polyurethansterne mit verschiedenen Shore-Härten, Kreuzschiebeteile aus Polyacetal, sowie Edelstahl-Membrannaben eingesetzt. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Verbindungsart zwischen den Abtriebswellen bzw. Antriebswellen und den Kupplungsnaven. Es stehen mehrere spielfreie, kraftschlüssige Klemmnaben- oder Konusnaben-

versionen zur Wahl. Aus den zahllosen Kombinationsmöglichkeiten von Ausgleichselementen und Nabenbauarten werden die wichtigsten und gängigsten Varianten bzw. Baureihen in diesem Katalog nachfolgend dargestellt. Ein ausgeklügeltes Baukastensystem mit der Mehrfachnutzung vieler Bauteile ermöglichen eine Fertigung in kostengünstigen Losgrößen und sehr kurze Lieferzeiten.

Das JAKOB Kupplungsprogramm ist in folgende vier Hauptgruppen gegliedert:

- /// Metallbalgkupplungen
- /// Elastomerkupplungen
- /// Miniaturkupplungen
- /// Distanzkupplungen

Das Herzstück des JAKOB-Kupplungsprogramms ist seit Jahrzehnten ein vielfältiges Angebot an verschiedenen Metallbalgkupplungstypen.



Servokupplungen I Auslegung

Technische Daten - Definition/Erläuterungen:

Kupplungs-Nennmoment: T_{KN} - [Nm]

Das Nennmoment der Kupplungen gibt die Grenzbelastung der Dauerwechselfestigkeit an. Wird im Normalbetrieb T_{KN} nicht überschritten können unendlich viele Arbeitszyklen ausgeführt werden. (Siehe auch d) Lebensdauer der Kupplung)

Massenträgheitsmoment: J_k - [10^{-3} kgm²]

Die Kupplungswerte für das Massenträgheitsmoment gelten für mittlere Nabenbohrungen im angegebenen Durchmesserbereich D_{min}/D_{max} . Umrechnung: [kgcm²] = [10^{-4} kgm²]

Torsionssteifigkeit: C_{TK} - [Nm/arc min]

Bei der Angabe der spezifischen Torsionssteifewerte (Verdrehsteifigkeit) aller Kupplungsbaureihen wurde eine Umstellung von der bisherigen Einheitsangabe [10^3 Nm/rad] auf die Einheit „Newtonmeter pro Winkelminute“ vorgenommen. Dadurch wird dem Konstrukteur recht einfach ermöglicht anhand des Betriebsdrehmomentes die entsprechenden Verdrehwinkelfehler zu ermitteln (siehe b unten). 60 Winkelminuten (bzw. Bogenminuten) entsprechen einem Winkelgrad. Hieraus ergibt sich der Umrechnungsfaktor $1 \text{ rad} = 57,3^\circ = 3438 \text{ arcmin}$.

Umrechnung: [10^3 Nm/rad = 0,291 Nm/arcmin] bzw. [1Nm/arcmin = 3438 Nm/rad = 3,44 kNm/rad]

Beispiel: Größe KM 170: 17,5 Nm/arcmin = 60 kNm/rad

maximaler Wellenversatz: [mm]

Größtmaß der zulässigen Fluchtungsfehler zwischen An- und Abtriebswelle resultierend aus der Dauerwechselfestigkeitsberechnung für die Ausgleichselemente. Bei Betrieb unterhalb der zulässigen Versatzwerte können unendlich viele Lastwechsel ausgeführt werden. In Ausnahmefällen (z. B. Montage) bzw. bei reduzierten Lastwechselzahlen dürfen die Versatzwerte nach Absprache zum Teil deutlich höher liegen.

- /// Axialversatz: meist unproblematisch (Wärmeausdehnung)
- /// Winkelversatz: meist unproblematisch – zulässiger Maximalwert ist 1 bis 2 Grad
- /// Lateral- bzw. Parallelversatz: Bei deutlicher Überschreitung des zulässigen Versatzwertes können Dauerbrüche an den Balgwellen bzw. übermäßiger Verschleiß des Elastomersterns auftreten. Dies ist vor allem bei der Montage zu beachten!

Federsteife – axial/lateral: [N/mm]

Rückstellkräfte des Metallbalges bzw. des Elastomersterns, resultierend aus den Fluchtungsfehlern.

Kupplungsauslegung

a) nach dem Drehmoment:

In der Regel wird die Kupplungsgröße aufgrund des Drehmoments ausgewählt. Zur exakten Bestimmung des erforderlichen Antriebsmoments sind meistens aufwendige Berechnungen durchzuführen (siehe Formelsammlung). Ist die Baugröße des Motors festgelegt, kann das erforderliche Kupplungsnennmoment T_{KN} überschlägig wie folgt ermittelt werden:

$$T_{KN} > 1,25 \cdot T_A \max \cdot i$$

$T_A \max$ = Spitzendrehmoment des Motors

i = Über- bzw. Untersetzung des Zahnriementriebs bzw. Stirnradgetriebes

b) nach der Torsionssteife:

Bei hohen Genauigkeitsansprüchen (Positionierung, Gebersystem) können Übertragungsfehler durch eine zu große elastische Verformung der Kupplung ein Auswahlkriterium darstellen. Der aus der Drehmomentbelastung resultierende Verdrehwinkel αT läßt sich wie folgt berechnen:

$$\alpha T = \frac{T_A}{C_{TK}}$$

[Bogenminuten] mit T_A =Antriebsmoment [Nm]/ C_{TK} =Torsionssteife der Kupplung [Nm/arcmin]

In Ausnahmefällen können bei Metallbalgkupplungen Resonanzerscheinungen auftreten (z.B. Pfeif- oder Brummton). Hier sollte ein Kupplungstyp mit deutlich höherer Torsionssteife oder schwingungsdämpfende Elastomerkupplungen zum Einsatz kommen.

Servokupplungen I Auslegung

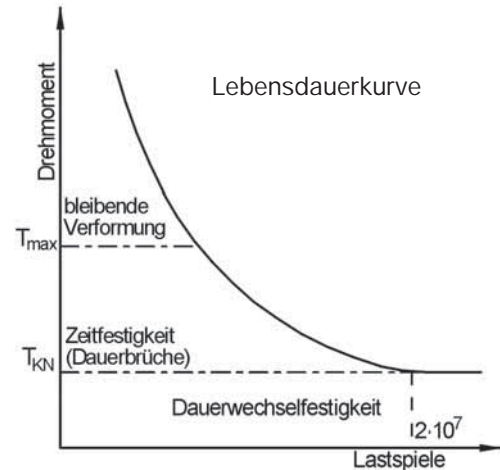
c) nach dem Wellendurchmesser:

Grundsätzlich sollte nach der Festlegung des Kupplungstypes eine Überprüfung der vorgegebenen Wellendurchmesser mit dem zulässigen Durchmesserbereich (D_{min}/D_{max}) der Nabenbohrung stattfinden. Falls der Wellendurchmesser in Relation zum Drehmoment überdimensioniert, d. h. größer als D_{max} der Nabe ist, muss eine andere Kupplungstypen oder Baugröße gewählt werden.

Hinweis: Nabenbohrungen kleiner D_{min} sind möglich, eine sichere Übertragung des Kupplungsnennmoments ist jedoch nicht gewährleistet, so dass eine Reduzierung des Antriebsdrehmoments erforderlich ist.

d) Lebensdauer der Kupplung:

Die Lebensdauer der JAKOB-Ausgleichskupplungen werden im wesentlichen durch die Höhe des Drehmoments und den vorhandenen Wellenversätzen bzw. Fluchtungsfehlern bestimmt. Werden die zulässigen maximalen Werte für den Axial-, Lateral- und Winkelversatz nicht überschritten und liegt gleichzeitig das Betriebsdrehmoment unterhalb des Kupplungsnennmoments T_{KN} , befindet sich die Kupplung im Bereich der Dauerwechselfestigkeit. Ein Dauerbetrieb rund um die Uhr ist möglich. Es können unendlich viele Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen ausgeführt werden, ohne dass ein betriebsbedingter Ausfall der Kupplung zu erwarten ist.

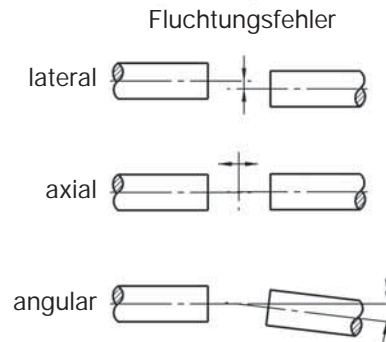


e) Maximal - Belastung:

In Ausnahmefällen können die Kupplungen (Metallbalg, Membran, Elastomerstern) kurzzeitig um maximal 100% ($2 \times T_{KN}$) überlastet werden. Die jeweilige Welle-Nabe-Verbindung sollte hierbei jedoch gesondert berechnet werden.

f) Lagerbelastung:

Durch die Flexibilität der Ausgleichskupplungen in alle Richtungen werden nennenswerte Lagerbelastungen bzw. Rückstellkräfte trotz eventueller Axial-, Lateral-, oder Winkelverlagerungen von der Antriebs- zur Abtriebswelle vermieden. Dies verhindert einen vorzeitigen Ausfall oder erhöhten Verschleiß der Wälzlagerung, wodurch aufwendige und teure Reparaturen erheblich reduziert werden.



g) Betriebstemperaturen:

Metallbalgkupplungen sind als Ganzmetallkupplung äußerst temperaturunempfindlich und können von -40°C bis $+350^{\circ}\text{C}$ ohne Einschränkungen eingesetzt werden. Die Einsatzgrenze der Elastomerkupplungen liegt bei 90°C (98 Sh-A) bzw. 120°C (72 Sh-D); hohe Betriebstemperaturen müssen bei Elastomerkupplungen durch einen entsprechenden Korrekturfaktor berücksichtigt werden.

h) Betriebsdrehzahlen - Wuchtgüte:

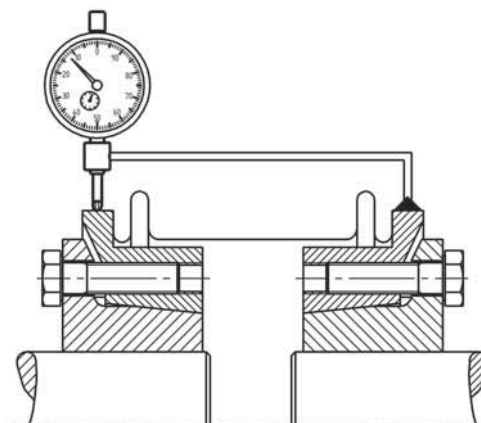
Aufgrund der präzisen Fertigung und dem rotationssymmetrischen Aufbau bzw. des zusätzlichen Wuchtstifts sind die Ausgleichskupplungen generell auch ohne Auswuchten für hohe Drehzahlen bis 20.000 min^{-1} geeignet. Die Standardwuchtgüten betragen etwa Q 6,3 bis Q 16. Kupplungstypen mit Konus- oder Spannringsnaben können zum Teil mit Drehzahlen von über 25.000 min^{-1} betrieben werden. Auch die niedrigen Trägheitsmomente wirken sich positiv aus.

i) Wartung und Verschleiß:

Die Ausgleichskupplungen sind unter normalen Bedingungen wartungs- und verschleißfrei. Die Polyurethansterne der Elastomerkupplungen sollten bei kritischen Betriebsparametern in geeigneten Intervallen erneuert werden.

Ausrichten der Welle:

Axial- und Winkelversatz sind meist unproblematisch und außerdem einfach zu messen. Um den Lateralversatz zu ermitteln, empfiehlt es sich folgendermaßen zu verfahren: Eine Meßuhr mit entsprechender Halterung an einem Wellenzapfen oder an der einen Nabe der Kupplung befestigen und mit dem Taster auf den zweiten Wellenzapfen oder auf die zweite Kupplungshälfte aufsetzen (siehe Zeichnung). Jetzt die Wellen mit der Messuhr verdrehen und den Ausschlag ablesen. Der existente Parallelversatz ist die Hälfte des Gesamtausschlages. Die zulässigen Maximalwerte für die Wellenversätze können den technischen Datenblättern der entsprechenden Baureihen entnommen werden.



Welle-Nabe-Verbindung

Die Kupplungen werden in der Regel mit Fertigbohrungen, in Ausnahmefällen auch vorgebohrt geliefert. Die Passung Welle-Nabe ist als Übergangspassung (Beispiel: Nabenbohrungsdurchmesser 28 G6/Welldurchmesser 28 k6) zu wählen. Bei der Montage von Konusnaben sind die Konusflächen leicht einzuölen, um Passungsrost zu vermeiden. Generell ist dafür zu sorgen, dass die Oberfläche der Welle und der Nabenbohrung öl- und fettfrei sowie von Schmutzpartikeln gesäubert ist. Durch eine vorhandene Paßfedernut in der Welle wird die Funktion der kraftschlüssigen Verbindung nicht beeinträchtigt (evtl. ist eine halbe Paßfeder einzulegen).

a) radiale Klemmnabe

Zulässiges Passungsspiel Welle-Nabe: **min. 0,01 mm/max. 0,04 mm**. Die Montage ist durch Anziehen nur einer radial angeordneter Klemmschraube (DIN 912) sehr einfach durchzuführen. Die Werte für die entsprechenden Anzugsmomente sind den Datenblättern zu entnehmen. Zum Anziehen der Klemmschraube (siehe auch EASY-Klemmnabe) ist eine Bohrung in der Anbauglocke völlig ausreichend.

b) Konusnabe/Spannringnabe

Zulässiges Passungsspiel Welle-Nabe: **max. 0,02 mm**. Das Einpressen der Konusbuchse bzw. Aufziehen des Konusspannrings ist durch mehrere, konzentrisch angeordneten Befestigungsschrauben (in der Regel DIN 933) möglich. Eine Seite der Kupplung wird durch gleichmäßiges Anziehen der Befestigungsschrauben über Kreuz (Plan-schlagvermeidung) auf den Wellenzapfen montiert. Der An- oder Abtrieb wird jetzt einige Umdrehungen verdreht, so dass sich der Wellenzapfen in der zweiten Nabe durchdreht und diese sich auf der Welle zur axialen Entspannung des Metallbalgs verschieben kann. Jetzt werden auch die 6 Schrauben der zweiten Nabe gleichmäßig angezogen.

c) Halbschalennabe

Zulässiges Passungsspiel Welle-Nabe: **min. 0,01 mm/max. 0,04 mm**. Die Naben sind geteilt und bestehen aus einer festen und einer losen Hälfte. Das feste Halbschalenteil kann auf die ausgerichteten Wellen aufgelegt werden. Jetzt sind zwei (bzw. vier) Klemmschrauben (DIN 912) gleichmäßig im Wechsel beider Seiten anzuziehen. Während dessen muß der Spalt kontrolliert und die vorgeschriebenen Anzugsmomente beachtet werden. In der Anbauglocke sollte gegebenenfalls zur Montage eine größere Öffnung vorgesehen werden.

d) Demontage

Zur Demontage der Konusnaben werden die 6 Befestigungsschrauben gelockert. Danach kann die Klemmbuchse bzw. der Spannring mittels mehrerer Abdrückgewinde gelöst werden. Bei axial engen Platzverhältnissen ist es ratsam, die Abdrückschrauben schon vor der Montage einzudrehen und zu sichern. Um das Konus-Klemmstück durch einen Axialschlag zu lösen, muß die zentrale Klemmschraube bei der Konusspreiznabe einige Gewindengänge zurückgedreht werden (Lösevorgang der radialen Klemmnabe siehe EASY-Clamp-System/Seite 9).

e) Hinweise

- /// Da die Metallbälge aus dünnem Edelstahlblech bestehen, ist besondere Sorgfalt bei der Montage und Demontage erforderlich. Beschädigungen am Balg können die Kupplungen unbrauchbar machen.
- /// **Nabenbohrungen kleiner als D_{min}** sind möglich, eine sichere Übertragung des Nennmoments ist jedoch nicht mehr sicher gewährleistet.
- /// Bei kleinen Wellendurchmessern werden die Konusnaben (größere Wanddicke) zusätzlich geschlitzt.
- /// Weitere typenbezogene technische Einzelheiten sind den technischen Datenblättern zu entnehmen.