

Lagertyp

Radialbelastning

Lagertypernas viktigaste kännetecken finns samlade i översikten sid 20 - 23. Denna utgör dock bara en grov riktlinje. I det slutgiltiga avgörandet för en lagertyp måste ofta flera kriterier vägas mot varandra. Speciellt spårkullager uppfyller många krav. De kan överföra medelstora radial- och axialbelastningar, är lämpliga för höga varvtal och har en låg ljudnivå. Spårkullager finns även med olika tätningar. Eftersom de dessutom är mycket prisvärda, är spårkullagren de mest använda.

Exaktare uppgifter över de olika lagertyperna finns framför respektive katalogavsnitt.

Radialbelastning

Lager för övervägande radialbelastningar betecknas som radiallager. De har en nominell kontaktvinkel $\alpha_0 \leq 45^\circ$. Rullager kan generellt överföra högre radialbelastningar än kullager.

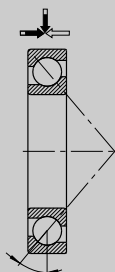
Cylindriska rullager N och NU kan endast belastas radiellt. Övriga radiallager kan överföra såväl radiella som axiella belastningar.

▼ Radiallager med nominell kontaktvinkel $\alpha_0 \leq 45^\circ$ för övervägande radiell belastning
a = spårkullager, b = vinkelkontaktkullager, c = cylindriska rullager, d = koniska rullager, e = sfäriska rullager



$\alpha_0 = 0^\circ$

a



$\alpha_0 \leq 45^\circ$

b



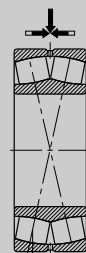
$\alpha_0 = 0^\circ$

c



$\alpha_0 \leq 45^\circ$

d



$\alpha_0 \leq 45^\circ$

e

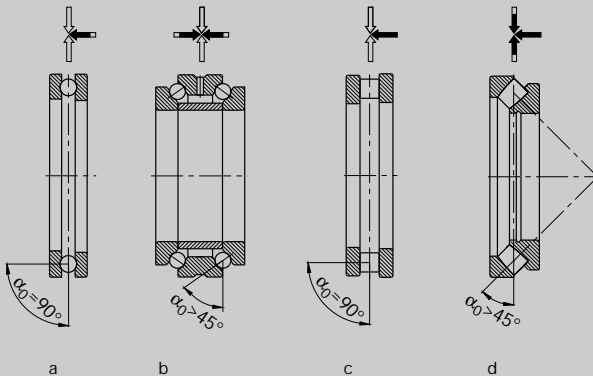
Lagertyp

Axialbelastning

Axialbelastning

Lager för övervägande axialbelastning (axiallager) har en nominell kontaktvinkel $\alpha_0 > 45^\circ$.
Axialspårkullager och axial-vinkelkontaktkullager kan, beroende på utförande, överföra axialkrafter i den ena eller båda riktningarna. Vid höga axialbelastningar föredrar man cylindriska axialrullager eller sfäriska axialrullager.
Sfäriska axialrullager och enkelverkande axial-vinkelkontaktkullager kan överföra kombinerade axial- och radiallyster. Övriga axiallager är lämpliga för enbart axiallast.

▼ Axiallager med nominell kontaktvinkel $\alpha_0 > 45^\circ$ för övervägande axiell belastning
a = axialspårkullager, b = axial-vinkelkontaktkullager, c = cylindriska axialrullager, d = sfäriska axialrullager



Lagertyp

Axiell förskjutning

Axiell förskjutning inom lagret

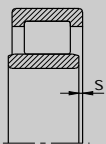
För att lagra en axel använder man i regel ett styr- och ett frigående lager. Det frigående lagret kompenserar för axiella längdtoleranser och värmeutvidgning. De ideala frigående lagren är cylindriska rullager NU och N. Hos dessa lager sker den axiella kompensationen inom lagret.

Lager-ringarna kan passas hårt.

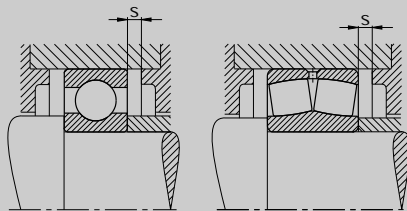
Axiell förskjutning genom lös passning

Även ej isärtagbara lager, som spårkullager och sfäriska rullager, kan användas som frigående lager. Den ena lagerringen får då en lös passning och får ej låsas axiellt, för att kunna förskjuta sig på eller i lagersätet.

- ▼ Cylindriska rullager tillåter axiell rörelse (s) i lagret



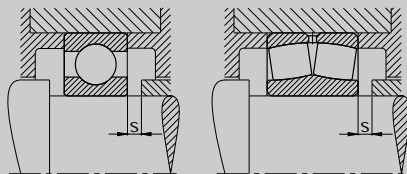
- ▼ Lös passning i huset möjliggör axiell förskjutning (s) hos spårkullagret (a) eller det sfäriska rullagret (b)



a

b

- ▼ Lös passning på axeln möjliggör axiell förskjutning (s) hos spårkullagret (a) eller det sfäriska rullagret (b)



a

b

Lagertyp

Isärtagbara lager · Noggrannhet

Isärtagbara lager

Med isärtagbara lager menar man rullningslager, vars båda ringar kan monteras separat. Vid hård passning för båda lagerringarna är detta en fördel. Isärtagbara lager är fyrpunktlager, tvåradiga vinkelkontaktkullager med delad innerring, cylindriska rullager, koniska rullager, axialspårkullager, cylindriska axialrullager och sfäriska axialrullager.

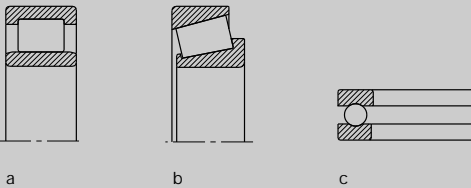
Ej isärtagbara är spårkullager, enradiga vinkelkontaktkullager, sfäriska kullager och sfäriska rullager.

Noggrannhet

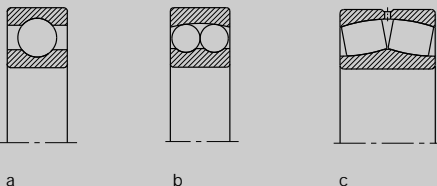
För de flesta användningsfall räcker rullningslagrens normala mått- och löpnoggrannhet (toleransklass PN). För högre krav, t. ex. verktygsmaskiner, krävs lager med förhöjd noggrannhet. Normen omfattar toleransklasserna P6, P6X, P5, P4 och P2. För några lagertyper finns dessutom toleransklasserna P4S, SP och UP enligt FAG internnorm.

FAG levererar vinkelkontaktkullager, cylindriska rullager och axial-vinkelkontaktkullager (se FAG publ. AC 41 130 "Hochgenauigkeitslager/Super Precision Bearings") med förhöjd noggrannhet. Vilka toleransklasser som finns för respektive lagertyp anges framför respektive avsnitt i tabell-delen.

▼ Isärtagbara cylindriska rullager (a), koniska rullager (b) och axialspårkullager (c)



▼ Ej isärtagbara spårkullager (a), sfäriska kullager (b) och sfäriska rullager (c)



Lagertyp

Kompensation av uppriktningfel · Varvtal · Ljudnivå

Kompensation av uppriktningfel

Vid bearbetningen av lagersätena kan man få uppriktningfel, speciellt om lagersätena inte bearbetas samtidigt. Man måste även räkna med uppriktningfel om man använder enstaka lagerhus, som t. ex. fläns- eller stålagerhus. Om axeln, beroende på driftförhållanden, utsätts för utböjning påverkas lagren på samma sätt som vid upp-riktningfel.

Lagertyperna sfäriska kullager, sfäriska rullager kan genom sin konstruktion kompensera uppriktningfel och snedställningar. Dessa lager har en konvex ytterringlöpbana, som tillåter att innerringen tillsammans med rullkroppssatsen kan snedställas. Den tillättna snedställningen varierar med lagertyp, lagerstorlek och belastning.

S-lager och axialspårkullager med underläggsbricka har en sfärisk stödyta, som vid monteringen anpassar sig till det konvexa lagersätet.

Den tillättna snedställningen anges i texten framför respektive lagertypstabell.

Varvtal

De i måttablerna angivna termiska referensvarvtalen och kinematiska gränsvartalen ger en ledtråd till hur lagret lämpar sig för höga varvtal. De högsta varvtalen när enradiga lager med speciellt låg friktion. Vid ren radialbelastning är detta spårkullager, vid kombinerad belastning vinkelkontaktkullager.

Allmänt kan sägas att högre mått- och löpnogeträkthet hos lager och omgivningsdelar, kyl-smörjning och speciella hållareutföranden och -material påverkar varvtalslämpligheten positivt.

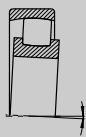
För axiallager tillåts generellt lägre varvtal än för radiallager. Närmare uppgifter se avsnittet "Lämplighet för höga varvtal" (sid 86).

Låg ljudnivå

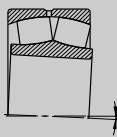
För små elmotorer, kontors- och hushållsmaskiner är en mycket låg ljudnivå önskvärd. Framförallt spårkullager har visat sig lämpliga. Dessa lager har så låg ljudnivå, att det inte krävs speciella utföranden. Lämpligt är också en axiell ansättning av lagren.

▼ Vinkelinställbara lager:

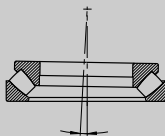
Sfäriska rullager (a och b), sfäriskt axialrullager (c) S-lager (d) och axialspårkullager med underläggsbricka (e) har en sfärisk stödyta



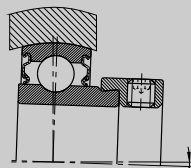
a



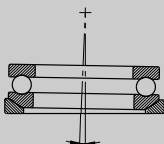
b



c



d



e

Lagertyp

Koniskt hål · Avtätade lager · Styvhet · Friktion

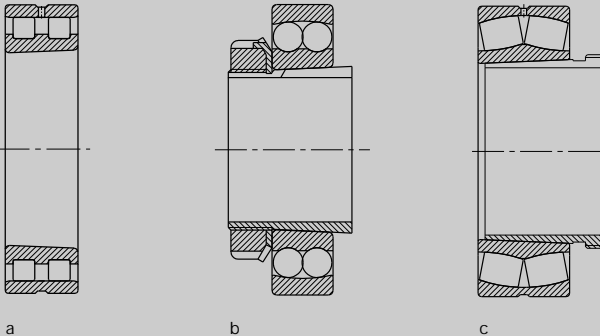
Koniskt hål

Lager med koniskt hål kan monteras direkt på koniskt lagersäte, t. ex. en- och tvåradiga cylindriska rullager i högprecisionsutförande. Vid montering av dessa lager kan ett definierat radialglapp ställas in.

som fettfylls vid tillverkningen, beskrivs i avsnittet "Försörjning av lager med fett", sid 126. De mest kända utföranden är spårkullager i utförande .2RSR (tättningsbrickor på båda sidorna) och .2ZR (skyddsplåtar på båda sidorna).

▼ Lager med koniskt hål:

a = tvåradigt cylindriskt rullager, b = sfäriskt kullager med klämhylsa c = sfäriskt rullager med avdragshylsa

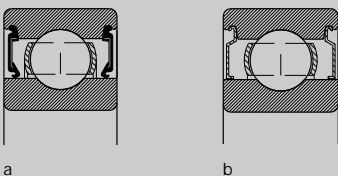


Framförallt sfäriska kul- och rullager med koniskt hål monteras med kläm- eller avdragshylsor på ett cylindriskt lagersäte. I sådana fall uppnår man inte de högsta kraven på löpoggrannhet. Däremot förenklas montering och demontering avsevärt.

Avtätade lager

FAG levererar en rad rullningslager med tätningar på en eller på båda sidorna. Sådana lager med frikterande tätningar (tättningsbrickor) eller med icke frikterande tätningar (skyddsplåtar) möjliggör enkla konstruktioner. Avtätade lager

▼ Spårkullager avtätat på båda sidor med tättningsbrickor (a) och täckplåtar (b)



Styvhet









































































Med styvhet menas den kraft som behövs för att få en definierad snedställning p.g.a. lagerfjädringen. Mycket hög systemstyvhet eftersträvas vid spindellagringar till verktygsmaskiner och vid drev. Rullager har p.g.a. kontaktförhållandet mellan rullkroppar och löpbanor högre styvhet än kullager. För att uppnå högre styvhet kan lager förspännas (se FAG publ. nr AC 41 130).

Friktion

För en lagrings drifttemperatur är förutom värmefrån- och -tillförsel, lagerfriktionen avgörande. Särskilt låg friktion har spårkullager, enradiga vinkelkontaktkullager och cylindriska rullager med hållare vid ren radiell belastning. Högre friktion har lager med frikterande tätningar, fullrulliga lager och sfäriska axialrullager.

Lagertyp

Översikt: Lagertyper och deras kännetecken

		användbar för:			
		Radialbelastning	Axialbelastning i båda riktningarna	Axiell kompensations inom lagret	Axiell kompensations genom skjutpassning
 Lämplighet mycket god	 med reservation				
 god	 ej lämplig/faller bort				
 normal/tillåten					
Lagertyp					
Spärkullager					
Vinkelkontaktkullager					
Vinkelkontaktkullager, tvåradigt					
Vinkelkontaktkullager, högprecisionsutförande	  				
Fyrpunktlager					
Sfäriskt kullager					
Cylindriskt rullager NU, N	 				
NJ, NU + HJ	 				
NUP, NJ + HJ	 				
NN					
NCF, NJ23VH	 				
NNC, NNF	 				

← Singellager och lager i tandemordning i en riktning

a) vid parvis montering

	Isättagbara lager	Kompensation för uppriktningssfel	Förhöjd noggrannhet	Lämplig för höga varvtal	Låg ljudnivå	Koniskt hål	Tätning på en eller på båda sidorna	Hög styvhet	Låg friktion	Styrlager	Frigående lager

b) vid ringa axialbelastning

c) mindre lämpligt vid parvis montering

d) även med kläm- eller avdragshylsa

Lagertyp

Översikt: Lagertyper och deras kännetecken

		användbar för:			
Lagertyp		Radialbelastning	Axialbelastning i båda riktningarna	Axiell kompensation inom lagret	Axiell kompensation genom skjutpassning
<p>● mycket god</p> <p>◐ god</p> <p>◑ normal/tillåten</p>	<p>◐ med reservation</p> <p>○ ej lämplig/faller bort</p>				
Koniskt rullager		●	● ←	○	◐ ^a
Sfäriskt rullager, enradigt		●	◐	○	◐
Sfäriskt rullager, tväradigt		●	◐	○	◐
Axialspärkullager		○	◐ ←	○	○
		○	◐	○	○
Axialvinkelkontaktkullager		◐	◐ ←	○	○
		○	◐	○	○
Cylindriskt axialrullager		○	● ←	○	○
Sfäriskt axialrullager		◐	● ←	○	○
S-lager		◐	◐	◐	◐

← Singellager och lager i tandemordning i en riktning

a) vid parvis montering

c) mindre lämpligt vid parvis montering

d) även med kläm- eller avdragshylsa

Isärtagbara lager	Kompensation för uppriktningsfel	Förhöjd noggrannhet	Lämplig för höga varvtal	Låg ljudnivå	Koniskt hål	Tätning på en eller på båda sidorna	Hög styvhet	Låg friktion	Styrlager	Frigående lager
			c				a		a	a
					d					
					d					
	e									
	e									
			c				a		a	
	e									

e) S-lager och axialspårkullager med underläggsbrickor kompenserar uppriktningsfel vid monteringen.

Lageranordning

Styr-frigående lager

Val av lageranordning

För att stödja och styra en roterande axel erfordras i regel två lager monterade på visst avstånd från varandra. Beroende på användningsområde väljer man mellan en lagring med styr- och frigående lager, en ansatt lagring eller en flytande lagring.

Styr-frigående lager

Hos en axel som stöds med två radiallager finns oftast, beroende på tillverkningstoleranser, små avvikelser i avståndet mellan lagersätena i hus och på axel. Även uppvärmning under drift påverkar dessa avstånd. Avståndsskillnaden måste kompenseras i ett frigående lager.

Cylindriska rullager utförande N och NU utgör ideala frigående lager. Rullkroppssatsen kan förskjuta sig fritt inom vissa gränser på den flänslösa lagerringen.

Alla övriga lagertyper, t. ex. spärkullager och sfäriska rullager, kan bara fungera som frigående lager om en av lagerringarna passas så att den kan förskjuta sig på eller i lagersätet. Den lagerring som har punktlast, vilket oftast är ytterringen, passas löst.

Styrlagret däremot styr axeln axiellt och överför yttre axialbelastningar. För att undvika axiell förspänning utformar man även på axlar med mer än två lager bara ett lager som styrlager.

Vilken lagertyp som väljs som styrlager beror på hur stora axialkrafterna är och hur noggrant axeln skall styras axiellt. Ett tväradigt vinkelkontaktlager styr t. ex. snävare än ett spärkullager eller ett sfäriskt rullager. Även ett par spegelvänt anordnade vinkelkontaktkullager eller koniska rullager möjliggör en snäv axiell styrning som styrlager.

Särskilt fördelaktigt är det att använda vinkelkontaktkullager i universalutförande. Lagren kan utan passbrickor paras godtyckligt i X- eller O-anordning. Vinkelkontaktkullager i universalutförande är så avpassade, att de vid montering i X- eller O-anordning får ett ringa axialglapp (utförande UA), blir glappfria (U \bar{O}) eller får en lätt förspänning (UL).

Högprecisionslager i universalutförande UL får vid montering i X- eller O-anordning en lätt förspänning (utförande med hårdare förspänning på förfrågan).

Även parade koniska rullager som styrlager (utförande N11) underlättar monteringen. Deras axialglapp har avpassats så, att ytterligare anställnings- eller passningsåtgärder inte erfordras.

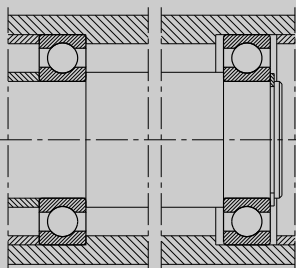
I transmissioner monteras ibland ett fyrpunkt-lager omedelbart bredvid ett cylindriskt rullager, så att man får en styrlagring. Fyrpunktlagret, vars ytterring inte stöds radiellt, kan endast överföra axiella belastningar. Det cylindriska rullagret däremot överför radialbelastningen.

Vid låg axialbelastning kan man även använda ett cylindriskt rullager NUP som styrlager.

Lageranordning

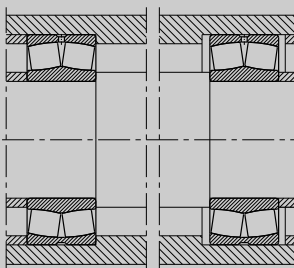
Styr-frigående lager

▼ Exempel på styrlager-frigående lager



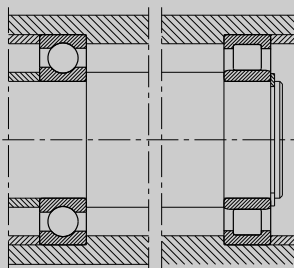
a. Styrlager:
spår-
kullager

Frigående lager:
spår-
kullager



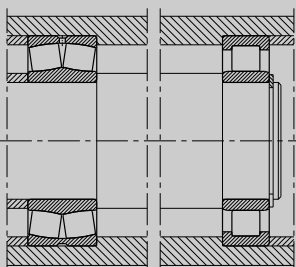
b. Styrlager:
sfäriskt
rullager

Frigående lager:
sfäriskt
rullager



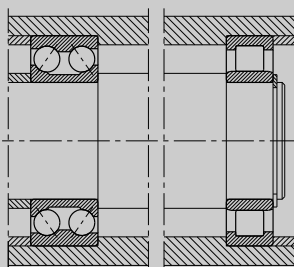
c. Styrlager:
spår-
kullager

Frigående lager:
cylindriskt
rullager NU



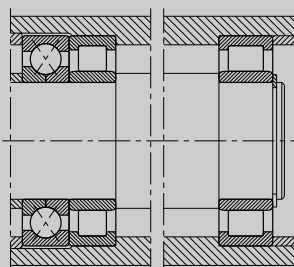
d. Styrlager:
sfäriskt
rullager

Frigående lager:
cylindriskt
rullager NU



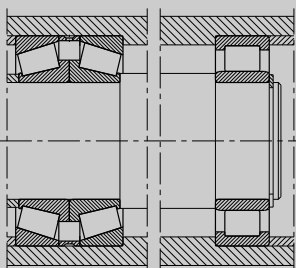
e. Styrlager:
tvåradigt
vinkel-
kontakt--
kullager

Frigående lager:
cylindriskt
rullager NU



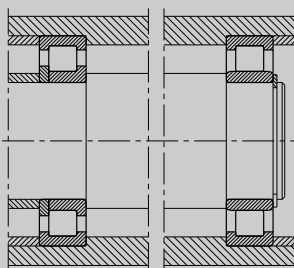
f. Styrlager:
fyrapunkt-
lager och
cylindriskt
rullager NU

Frigående lager:
cylindriskt
rullager NU



g. Styrlager:
två
koniska
rullager

Frigående lager:
cylindriskt
rullager NU



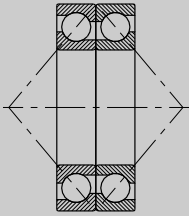
h. Styrlager:
Cylindriskt
rullager
NUP

Frigående lager:
Cylindriskt
rullager NU

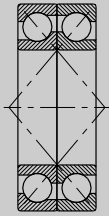
Lageranordning

Styr-frigående lager

▼ Vinkelkontaktkullagerpar i universalutförande som styrlager
a = O-anordning, b = X-anordning

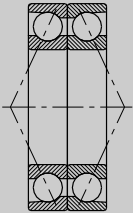


a

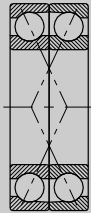


b

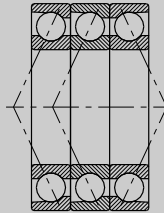
▼ Vinkelkontaktkullager i högprecisions- och universalutförande som styrlager
a = O-anordning, b = X-anordning, c = Tandem-O-anordning



a

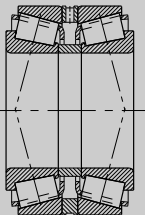


b

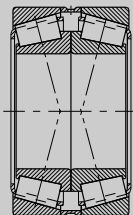


c

▼ Koniskt rullagerpar som styrlager
a = O-anordning, b = X-anordning



a



b

Lageranordning

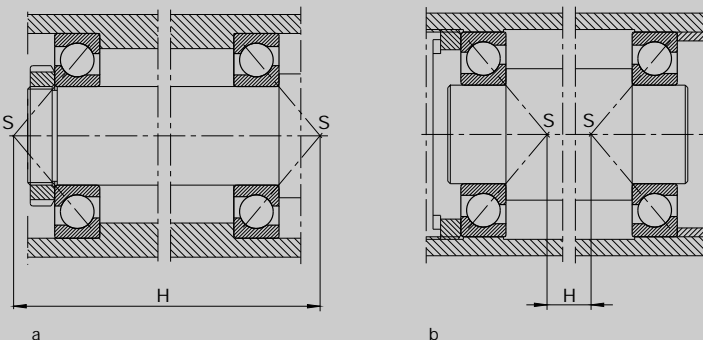
Ansatt lagring

Ansatta lager

En ansatt lagring består i regel av två spegelvänt anordnade vinkelkontaktkullager eller koniska rullager. Vid montering förskjuts en lagerring så långt på sitt lagersäte tills lagringen erhåller det önskade glappet eller den nödvändiga förspänningen. P.g.a. denna inställningsmöjlighet är den ansatta lagringen speciellt lämplig i fall där man kräver en snäv styrning, t. ex. vid drev med spiralskurna kugghjul samt för arbetsspindlar i verktygsmaskiner. Principiellt kan man välja mellan O- eller X-anordning för lagren.

Vid O-anordning pekar spetsen S, som bildas av kontaktvinkellinjen, utåt och vid X-anordning inåt. Stödbasen H, d.v.s. avståndet mellan kontaktvinkelspetsarna är hos O-anordningen betydligt större än hos X-anordningen. O-anordningen ger därför en styvare lagring.

▼ Ansatt lagring med vinkelkontaktkullager i O-anordning (a)
Ansatt lagring med vinkelkontaktkullager i X-anordning (b)



Lageranordning

Ansatt lagring

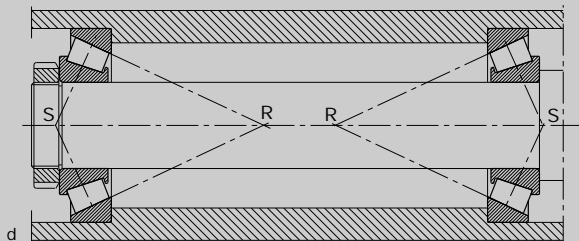
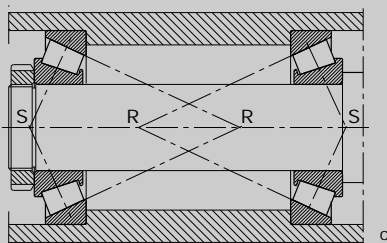
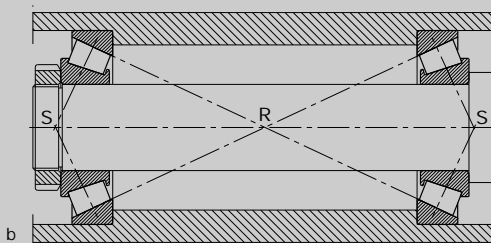
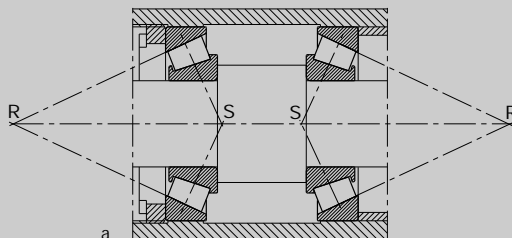
Vid inställning av axialglappet måste man ta hänsyn till värmeutvidgningen. Vid X-anordning (a) leder ett temperaturfall mellan axel och hus alltid till en glappminskning (förutsatt samma material i axel och hus, samma temperatur hos inerringen och axeln, samma temperatur i ytterringen och huset).

Vid O-anordning skiljer man däremot på tre olika fall. Skär förlängningen av ytterringlöpbanan

lageraxeln i samma punkt R (b), förändras inte lagerglappet under förut nämnda omständigheter.

Kommer däremot skärningspunkterna vid litet lageravstånd att överlappa varandra(c), kommer axialglappet att minska p.g.a. värmeutvidgningen. Ett större axialglapp erhålls däremot om skärningspunkterna vid stort lageravstånd (d) inte berör varandra.

▼ Ansatt lagring med koniska rullager i X-anordning (a) samt lagerbanornas skärningspunkt. Ansatt lagring med koniska rullager i O-anordning, där skärningspunkterna sammanfaller (b), där skärningspunkterna överlappar varandra (c), där skärningspunkterna inte överlappar varandra (d)



Lageranordning

Ansatt lagring · Flytande lagring

Ansatta lagringar erhåller man genom förspänning med fjädrar. Denna elastiska ansättnings-metod kompenserar värmeutvidgningar. Den används även om lagringen riskerar att skadas genom stilleståndsvibrationer.

Flytande lagring

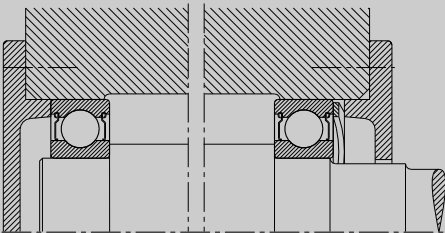
Flytande lagring är en gynnsam metod om axeln inte kräver snäv styrning. Principen liknar den ansatta lagringens. Axeln kan dock vid en flytande lagring förskjuta sig motsvarande axialglappet s i lagerhuset. Värdet för s måste bestämmas så att lagringen även under ogynnsamma termiska förhållanden inte blir axiellt förspänd.

Lämpliga lagertyper för flytande lagringar är spårkullager, sfäriska kullager och sfäriska rullager. Hos båda lagren skall den ena ringen, vanligen ytterringen, passas förskjutbart.

Flytande lagringar med cylindriska rullager NJ tillåter förskjutbarheten inom lagret. Inner- och ytterring kan därför passas hårt.

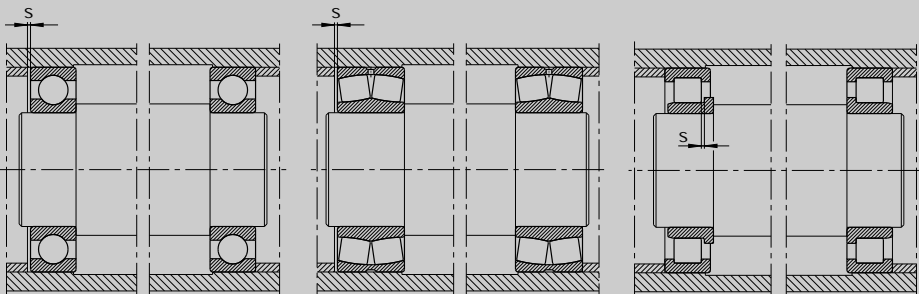
Koniska rullager och vinkelkontaktkullager är olämpliga för en flytande lagring, eftersom de kräver en anställning för att fungera klanderfritt.

▼ Ansatta spårkullager förspända med fjäderbricka



▼ Exempel för flytande lagring

a = två spårkullager, b = två sfäriska rullager, c = två cylindriska rullager NJ, s = axialglapp



a

b

c

Dimensionering

Statiskt belastade lager · Dynamiskt belastade lager

Bestämning av lagerstorlek/dimensionering

Maskinens totalkonstruktion har i många fall redan bestämt lagrens håldiameter. Före det slutgiltiga fastläggandet av dimensioner och lagertyp bör man genom en dimensioneringsberäkning kontrollera att kraven på livslängd, statisk säkerhet och ekonomi har uppfyllts. Vid denna beräkning jämför man lagrens belastning med deras bärighet.

Inom rullningslagertekniken skiljer man mellan dynamisk och statisk belastning.

Vid statisk belastning står lagren stilla eller utför endast en långsam relativrörelse ($n < 10 \text{ min}^{-1}$) mellan lagerringarna. I sådana fall skall lagringens säkerhet gentemot plastisk deformation i löpbanorna kontrolleras.

De flesta lagren utsätts dock för dynamisk belastning. Därvid roterar lagerringarna mot varandra. Genom dimensioneringsberäkningen kontrolleras säkerheten mot för tidig materialutmattning i löpbanor och på rullkroppar.

Den nominella livslängden L_{10} enligt DIN ISO 281 anger bara sällan den verkligt uppnåbara livslängden. För att få bästa ekonomi i en konstruktion krävs dock att lagren utnyttjas maximalt. Ju högre utnyttjande, ju viktigare är en noggrann dimensionering av lagren. FAG:s beräkningsmetod, där man tar hänsyn till drift- och miljöförhållanden har visat sig ge bra resultat. Metoden baserar sig på DIN ISO 281 samt de 1981 av FAG publicerade rönen angående lagrens oändliga livslängd.

Under tiden har beräkningsmetoden utvecklats så att man även vid förorenat smörjmedel säkert kan dimensionera lager.

Statiskt belastade lager

Vid statisk belastning kontrolleras att rätt lager har valts genom den statiska faktorn f_s .

$$f_s = \frac{C_0}{P_0}$$

varvis

f_s statisk faktor

C_0 statisk bärighetstal [kN]

P_0 statisk ekvivalent belastning [kN]

Den statiska faktorn f_s är ett mått för säkerheten mot för stora plastiska deformationer i beröringspunkten mellan rullkroppar. För lager som skall gå mycket lätt och tyst är en hög f_s faktor nödvändig. Vid lägre krav kan man nöja sig med lägre värden. Allmänt rekommenderas:

$f_s = 1,5 \dots 2,5$ vid höga krav

$f_s = 1,0 \dots 1,5$ vid normala krav

$f_s = 0,7 \dots 1,0$ vid låga krav

Riktvärden för sfäriska axialrullager finns i tabelldelen.

I tabellerna anges det statiska bärighetstalet C_0 [kN] för varje lager. En belastning av denna storlek (hos radiallager en radiell, hos axiallager en axiell och centrisk) orsakar i centrum på den högst belastade kontaktytan mellan rullkropp och löpband ett beräknat tryck p_0 av

– 4600 N/mm² hos sfäriska kullager

– 4200 N/mm² hos alla andra kullager

– 4000 N/mm² hos alla rullager

En belastning med C_0 (motsvarar $f_s = 1$) orsakar i den högst belastade kontaktytan en plastisk totaldeformation av rullkropp och löpband på ca $1/10000$ av rullkroppsdiametern.

Dimensionering

Statisk belastade lager · Dynamiskt belastade lager

Den statiskt ekvivalenta belastningen P_0 [kN] är ett beräknat värde, nämligen en radiell belastning hos radiallager och en axiell och centrisk belastning hos axiallager. P_0 orsakar samma påkänning i centrum på den högst belastade kontaktpunkten mellan rullkropp och löpbana, som den faktiskt verkande kombinerade belastningen.

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad [\text{kN}]$$

varvid

P_0	statisk ekvivalent belastning	[kN]
F_r	radialbelastning	[kN]
F_a	axialbelastning	[kN]
X_0	radialfaktor	
Y_0	axialfaktor	

Värden för X_0 och Y_0 samt rekommendationer för beräkning av den statiskt ekvivalenta belastningen anges för de olika lagertyperna i lagertabellerna eller i förtexten till dessa.

Dynamiskt belastade lager

Den normerade beräkningsmetoden (DIN ISO 281) för dynamiskt belastade lager baserar sig på materialutmattning (pittingbildning) som skadeorsak. Livslängdsformen är:

$$L_{10} = L = \left(\frac{C}{P} \right)^p [10^6 \text{ varv}]$$

varvid

L_{10}	L	nominella livslängden [10^6 varv]
C	dynamiskt bärighetstal	[kN]
P	dynamisk ekvivalent belastning	[kN]
p	livslängdsexponent	

L_{10} är den nominella livslängden i miljoner varv, som minst 90 % av ett större antal identiska lager uppnår eller överskrider.

Det dynamiska bärighetstalet C [kN] anges i tabellerna för varje lager. En belastning av denna storlek ger en L_{10} -livslängd av 10^6 varv.

Den dynamiskt ekvivalenta belastningen P [kN] är ett beräknat värde, nämligen en till storlek och riktning konstant radiellast hos radiallager eller axiallast hos axiallager. P ger samma livslängd som den verkliga kombinerade belastningen.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad [\text{kN}]$$

varvid

P	dynamisk ekvivalent belastning	[kN]
F_r	radialbelastning	[kN]
F_a	axialbelastning	[kN]
X	radialfaktor	
Y	axialfaktor	

X och Y värdena samt rekommendationer för beräkning av den dynamiskt ekvivalenta belastningen anges för varje lagertyp i lagertabellerna eller i förtexten till dessa.

Livslängdsexponenten p är olika för kul- och rulllager.

$p = 3$ för kullager

$$p = \frac{10}{3} \text{ för rullager}$$

Är lagrets varvtal konstant kan livslängden uttryckas även i timmar.

$$L_{h10} = L_h = \frac{L \cdot 10^6}{n \cdot 60} [\text{h}]$$

varvid

L_{h10}	L_h	nominell livslängd [h]
L	nominell livslängd [10^6 varv]	
n	varvtal (rotationsfrekvens) [min^{-1}]	

Genom omvandling av formeln får man

$$L_h = \frac{L \cdot 500 \cdot 33 \frac{1}{3} \cdot 60}{n \cdot 60}$$

$$\frac{L_h}{500} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \left(\frac{33 \frac{1}{3}}{n} \right)$$

eller
oder

$$\sqrt[p]{\frac{L_h}{500}} = \sqrt[p]{\frac{33 \frac{1}{3}}{n}} \cdot \frac{C}{P}$$

Dimensionering

Dynamiskt belastade lager

Där betecknar

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}} \text{ dynamisk faktor}$$

d.v.s. $f_L = 1$ vid en livslängd av 500 tim

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33^{1/3}}{n}} \text{ varvtalsfaktor}$$

d.v.s. $f_n = 1$ vid ett varvtal av $33^{1/3} \text{ min}^{-1}$.

f_n -värdet för kullager se sid 34, för rullager se sid 35.

Livslängdsekvationen kan därmed uttryckas i förenklad form

$$f_L = \frac{C}{P} \cdot f_n$$

varvid

f_L dynamisk faktor

C dynamiskt bärgighetstal [kN]

P dynamisk ekvivalent belastning [kN]

f_n varvtalsfaktor

Dynamisk faktor f_L

Värdet f_L , som bör uppnås för en rätt dimensionerad lagring, erhålls ur erfarenheter av lika eller liknande lagringar som utprovats praktiskt. På sid 36...40 finns rekommenderade f_L -värden för olika lagringsfall. Dessa värden tar inte bara hänsyn till tillräcklig utmattninglivslängd, utan även andra krav som låg vikt vid kompakta konstruktioner, anpassning till givna omgivningsdelar, extrema belastningstoppar och liknande (jämför även FAG-publikationer för speciella användningsområden). f_L -värdena anpassas kontinuerligt till den tekniska vidareutvecklingen.

Vid jämförelse med en utprovad lagring måste belastningen självklart beräknas med samma metod. I tabellerna anges förutom f_L -faktorn även tillhörande beräkningsansatser. Krävs ytterligare korrektionsfaktorer är även dessa f_L -faktorer angivna. Istället för P används då $f_z \cdot P$. Ur det beräknade f_L -värdet erhåller man den nominella livslängden L_h .

För omräkning av f_L till L_h finns för kullager tabell sid 34, för rullager tabell sid 35.

Värdena f_L och L_h utgör enbart hållpunkter vid dimensionering under förutsättning att en jämförelse med beprövade lagringar är möjlig. För en noggrann bestämning av den uppnåbara livslängden måste man även ta hänsyn till smörjning, temperatur samt renheten i smörjspalten (se sid 41).

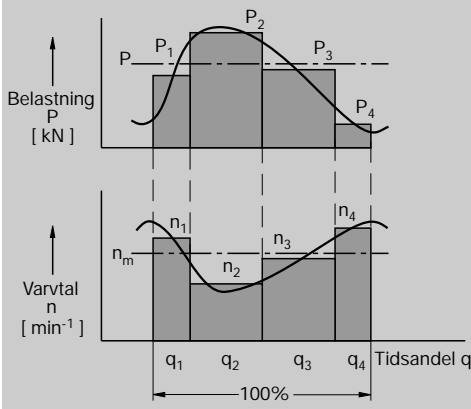
Varierande belastning och varvtal

Varierar belastning och varvtal hos ett dynamiskt belastat lager över tiden måste man i beräkningen ta hänsyn till den ekvivalenta belastningen. Den faktiska belastningskurvan delas upp i en serie separata belastningar och varvtal med bestämda tidsandelar q [%]. Den ekvivalenta belastningen P erhålls då ur:

$$P = \sqrt[3]{P_1^3 \cdot \frac{n_1}{n_m} \cdot \frac{q_1}{100} + P_2^3 \cdot \frac{n_2}{n_m} \cdot \frac{q_2}{100} + \dots} \text{ [kN]}$$

och medelvarvtalet n_m ur:

$$n_m = n_1 \cdot \frac{q_1}{100} + n_2 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots \text{ [min}^{-1}\text{]}$$



Dimensionering

Dynamiskt belastade lager

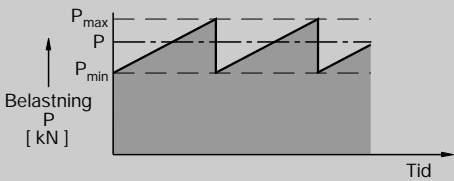
För enkelhetens skull används exponenten 3 för kul- och rullager.

Är belastningen varierande, men varvtalet konstant, så erhålls:

$$P = \sqrt[3]{P_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} + P_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots} \text{ [kN]}$$

Växer belastningen vid konstant varvtal linjärt från P_{\min} till P_{\max} erhåller man:

$$P = \frac{P_{\min} + 2P_{\max}}{3} \text{ [kN]}$$



Används den utvidgade livslängdsberäkningen (se sid 41) får man inte använda medelvärdet för den dynamiskt ekvivalenta belastningen. Istället måste L_{hna} -värdet för varje tidsandel bestämmas, varvid man sedan med formeln på sid 49 kan beräkna den uppnåbara livslängden.

Minimibelastning av rullningslager, undvikande av överdimensionering

Vid för låg belastning, t. ex. höga varvtal vid provkörning, kan rullkropparna komma att glida istället för att rotera, vilket vid otillräcklig smörjning leder till lagerskador. Som minimibelastning för radiallager rekommenderas:

- för kullager med hållare: $P/C = 0,01$,
- för rullager med hållare: $P/C = 0,02$,
- för fullrulliga lager: $P/C = 0,04$

(P dynamisk ekvivalent belastning, C dynamiskt bärgighetstal)

Minimibelastningen för axiallager anges i förtexterna till respektive tabell. Vid frågor angående minimibelastning av rullningslager, ta kontakt med FAG teknisk service.

Överdimensionering av lager kan leda till kortare brukbarhetstider. Hos sådana lager finns risk för att rullkropparna glider samt orsakar förhöjd smörjmedelspåskänning. Glidande rullkroppar kan förstöra funktionsytorna genom smetning eller mikropitting. Vill man optimera en lagring med avseende på ekonomi och driftsäkerhet skall bärigheten utnyttjas fullt. För att möjliggöra detta måste man vid beräkningen, förutom bärighetstalet, även ta hänsyn till andra påverkande faktorer, vilket sker med den utvidgade livslängdsberäkningen.

Anmärkning

De föregående beräkningsmetoderna och symbolerna motsvarar uppgifterna i DIN ISO 76 och 281. För att förenkla formlerna och tabellerna anges som symboler för dynamiska och statiska bärgighetstal för radial- och axiallager C och C_0 , resp. P och P_0 för den dynamiskt och statiskt ekvivalenta belastningen. Normen skiljer mellan

- C_r dynamiskt radiellt bärgighetstal
- C_a dynamiskt axiellt bärgighetstal
- C_{0r} statiskt radiellt bärgighetstal
- C_{0a} statiskt axiellt bärgighetstal
- P_r dynamisk ekvivalent radiell belastning
- P_a dynamisk ekvivalent axiell belastning
- P_{0r} statisk ekvivalent radiell belastning
- P_{0a} statisk ekvivalent axiell belastning

I denna katalog har vi medvetet avstått från användningen av index r och a, eftersom tillordningen av bärgighetstal och ekvivalent belastning till radial- resp axiallager i praktiken inte kan förväxlas. DIN ISO 281 anger bara den nominella livslängden L_{10} och den modifierade livslängden L_{na} i 10^6 varv. Ur dessa värden kan livslängdsvärdena L_n och L_{hna} fås uttryckt i timmar (se även sid 31 och 41). Praktiskt används oftast L_n , L_{hna} och den dynamiska faktorn f_L . Därför finns riktvärden för f_L samt formler för L_n och L_{hna} som komplettering till normen i denna katalog.

Dimensionering

Livslängd L_h och varvtalsfaktor f_n för kullager

▼ f_L -faktor för kullager

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}}$$

L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

▼ f_n -faktor för kullager

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}}$$

n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4600	0,194	28000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4800	0,191	30000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5000	0,188	32000	0,101
36	0,975	190	0,56	1000	0,322	5500	0,182	34000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1100	0,312	6000	0,177	36000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1200	0,303	6500	0,172	38000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1300	0,295	7000	0,168	40000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1400	0,288	7500	0,164	42000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1500	0,281	8000	0,161	44000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1600	0,275	8500	0,158	46000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1700	0,27	9000	0,155	50000	0,0874

Dimensionering

Livslängd L_h och varvtalsfaktor f_n för rullager

▼ f_L -faktor för rullager

$$f_L = \sqrt[10]{\frac{L_h}{500}}$$

L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L
h		h		h		h		h	
100	0,617	420	0,949	1700	1,44	6500	2,16	28000	3,35
110	0,635	440	0,962	1800	1,47	7000	2,21	30000	3,42
120	0,652	460	0,975	1900	1,49	7500	2,25	32000	3,48
130	0,668	480	0,988	2000	1,52	8000	2,3	34000	3,55
140	0,683	500	1	2200	1,56	8500	2,34	36000	3,61
150	0,697	550	1,03	2400	1,6	9000	2,38	38000	3,67
160	0,71	600	1,06	2600	1,64	9500	2,42	40000	3,72
170	0,724	650	1,08	2800	1,68	10000	2,46	42000	3,78
180	0,736	700	1,11	3000	1,71	11000	2,53	44000	3,83
190	0,748	750	1,13	3200	1,75	12000	2,59	46000	3,88
200	0,76	800	1,15	3400	1,78	13000	2,66	48000	3,93
220	0,782	850	1,17	3600	1,81	14000	2,72	50000	3,98
240	0,802	900	1,19	3800	1,84	15000	2,77	55000	4,1
260	0,822	950	1,21	4000	1,87	16000	2,83	60000	4,2
280	0,84	1000	1,23	4200	1,89	17000	2,88	65000	4,31
300	0,858	1100	1,27	4400	1,92	18000	2,93	70000	4,4
320	0,875	1200	1,3	4600	1,95	19000	2,98	80000	4,58
340	0,891	1300	1,33	4800	1,97	20000	3,02	90000	4,75
360	0,906	1400	1,36	5000	2	22000	3,11	100000	4,9
380	0,921	1500	1,39	5500	2,05	24000	3,19	150000	5,54
400	0,935	1600	1,42	6000	2,11	26000	3,27	200000	6,03

▼ f_n -faktor för rullager

$$f_n = \sqrt[10]{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}}$$

n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,44	55	0,861	340	0,498	1800	0,302	9500	0,183
11	1,39	60	0,838	360	0,49	1900	0,297	10000	0,181
12	1,36	65	0,818	380	0,482	2000	0,293	11000	0,176
13	1,33	70	0,8	400	0,475	2200	0,285	12000	0,171
14	1,3	75	0,784	420	0,468	2400	0,277	13000	0,167
15	1,27	80	0,769	440	0,461	2600	0,270	14000	0,163
16	1,25	85	0,755	460	0,455	2800	0,265	15000	0,16
17	1,22	90	0,742	480	0,449	3000	0,259	16000	0,157
18	1,2	95	0,73	500	0,444	3200	0,254	17000	0,154
19	1,18	100	0,719	550	0,431	3400	0,25	18000	0,151
20	1,17	110	0,699	600	0,42	3600	0,245	19000	0,149
22	1,13	120	0,681	650	0,41	3800	0,242	20000	0,147
24	1,1	130	0,665	700	0,401	4000	0,238	22000	0,143
26	1,08	140	0,65	750	0,393	4200	0,234	24000	0,139
28	1,05	150	0,637	800	0,385	4400	0,231	26000	0,136
30	1,03	160	0,625	850	0,378	4600	0,228	28000	0,133
32	1,01	170	0,613	900	0,372	4800	0,225	30000	0,13
34	0,994	180	0,603	950	0,366	5000	0,222	32000	0,127
36	0,977	190	0,593	1000	0,36	5500	0,216	34000	0,125
38	0,961	200	0,584	1100	0,35	6000	0,211	36000	0,123
40	0,947	220	0,568	1200	0,341	6500	0,206	38000	0,121
42	0,933	240	0,553	1300	0,333	7000	0,201	40000	0,119
44	0,92	260	0,54	1400	0,326	7500	0,197	42000	0,117
46	0,908	280	0,528	1500	0,319	8000	0,193	44000	0,116
48	0,896	300	0,517	1600	0,313	8500	0,19	46000	0,114
50	0,885	320	0,507	1700	0,307	9000	0,186	50000	0,111

Dimensionering

Riktvärden för f_L och vanliga beräkningsansatser

Inbyggnad

Riktvärde
för f_L

Beräkningsansats

Motorfordon

Motorcyklar
Personbilar: drivlina
Lager skyddade för förorening (transmission)
Personbilar: hjullager
Lätta lastbilar
Medeltunga lastbilar
Tunga lastbilar
Bussar

0,9 ... 1,6
1 ... 1,3
0,7 ... 1
1,4 ... 2,2
1,6 ... 2
1,8 ... 2,2
2 ... 2,6
1,8 ... 2,8

Transmission

Max. motorvridmoment med tillhörande varvtal med hänsyn tagen till överförbart moment.

Medelvärdet för f_L ur separativärden f_{L1} , f_{L2} , f_{L3} .. för olika växlar och tillhörande tidsandelar

q_1 , q_2 , q_3 ... (%)

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{100}{\frac{q_1}{f_{L1}^3} + \frac{q_2}{f_{L2}^3} + \frac{q_3}{f_{L3}^3} + \dots}}$$

Hjullager, exempel för ett körkollektiv

Tillåtet axeltappstryck K_{stat} vid medelhastighet

Medelvärdet för f_L (se ovan) ur följande tre körtillstånd

Rakt fram, bra körbanor med K_{stat}

Rakt fram, dålig körbanor med $K_{stat} \cdot f_z$

Kurvkörning med $K_{stat} \cdot f_z \cdot m$

Fordonstyp	Korrektionsfaktor f_z
Personbil, buss, mc	1,3
Kombibilar, lastbilar, dragfordon	1,5
Terrängående lastbilar, jordbrukstraktorer	1,5 ... 1,7

Faktor m tar hänsyn till markfriktionen

Typ av hjul	m
Styrda hjul	0,6
icke styrda hjul	0,35

Förbränningsmotor

1,2 ... 2

Max. belastningar (gaskrafter, masskrafter) i övre vändpunkten vid fullast med korrektionsfaktorn f_z ; max. varvtal

Faktor f_z :

Metod	Ottomotor	Dieselmotor
Tvåtakt	0,35	0,5
Fyrtakt	0,3	0,4

Dimensionering

Riktvärden för f_L och vanliga beräkningsansatser

Inbyggnad	Riktvärde för f_L	Beräkningsansats
Rälsfordon		
Axellager till trallvagnar	2,5 ... 3,5	Statisk axeltryck med korrektionsfaktorn f_z (sammanhänger med max. hastighet, fordontyp och rälskonstruktion)
Spårvagnar	3,5 ... 4	
Personvagnar	3 ... 3,5	Fordontyp
Godsvagnar	3 ... 3,5	
Transportvagnar	3 ... 3,5	Transportvagnar, trallvagnar, anläggningsvagnar
Motorvagnar	3,5 ... 4	
Lok/ytte lager	3,5 ... 4	Godsvagnar, personvagnar, motorvagnar, spårvagnar
Lok/inre lager	4,5 ... 5	
		Lok
		f_z
		1,2 ... 1,4
		1,2 ... 1,5
		1,3 ... 1,8
Transmissioner till rälsfordon	3 ... 4,5	Belastningskollektiv med resp. medelvärde för varvtal och f_L (jämför motorfordonstransmissioner)
Fartygsbyggnad		
Propellertrycklager	3 ... 4	Max propellerdragkraft; nominellt varvtal Propellervikt; nominellt varvtal; $f_z = 2$ Nominell effekt och varvtal Nominell effekt och varvtal Nominell effekt och varvtal
Propelleraxellager	4 ... 6	
Stora fartygsväxlar	2,5 ... 3,7	
Små fartygsväxlar	2 ... 3	
Småbåtsdrivenheter	1,5 ... 2,5	
		Roderlager
		Statiskt belastade genom roderkraft, vikt och drivkraft
Lantbruksmaskiner		
Traktorer	1,5 ... 2	Som motorfordon
Självgående arbetsmaskiner	1,5 ... 2	Som motorfordon
Säsongsmaskiner	1 ... 1,5	Max. effekt; nominellt varvtal
Anläggningsfordon		
Bandfordon, hjullastare	2 ... 2,5	Som motorfordon
Grävmaskiner/transmission	1 ... 1,5	
Grävmaskiner/vridmaskiner	1,5 ... 2	Medelvärdet för den hydrostatiska drivningen
Självgående vibrationsvältar		
Vibrationsmotorer	1,5 ... 2,5	Medelvärdet för varvtal
Vibrationsstavar	1 ... 1,5	
		Centrifugalkraften · f_z (korrektionsfaktor $f_z = 1,1 \dots 1,3$)

Dimensionering

Riktvärden för f_L och vanliga beräkningsansatser

Inbyggnad	Riktvärde för f_L	Beräkningsansats
Elektromotorer		
Elmotorer för hushållsmaskiner	1,5 ... 2	Rotorvikt · f_z ; nominellt varvtal
Seriemotorer	3,5 ... 4,5	Korrektionsfaktor $f_z = 1,5 ... 2$ för stationära motorer
Stora motorer	4 ... 5	$f_z = 1,5 ... 2,5$ för fordonsmotorer
Elfordonsmotorer	3 ... 3,5	Vid drivning via drev; belastningskollektiv
Valsverk, Hyttor		
Valsstolar	1 ... 3	Medelvärde för valskraft; (f_L -värde beroende på valsstol och valsprogram)
Valsverkstransmissioner	3 ... 4	Nominell effekt och varvtal
Rullbanor	2,5 ... 3,5	Valsgodsets vikt, stötar; valshastighet
Centrifugalmaskiner	3,5 ... 4,5	Vikt, obalans; nominellt varvtal
		Konverter
		Statisk belastning genom max. vikt
Verktygsmaskiner		
Svarv- och frässpindlar	3 ... 4,5	Skärkraft, drivkraft, förspänning, gods vikt; drivvarvtal
Borrspindlar	3 ... 4	godsvikt; drivvarvtal
Slipspindlar	2,5 ... 3,5	
Slipdockor	3,5 ... 5	
Växellådor till verktygsmaskiner	3 ... 4	Nominell effekt och varvtal
Pressar/svånghjul	3,5 ... 4	Svånghjuls vikt; nominellt varvtal
Pressar/excenteraxel	3 ... 3,5	Presskraft, tidsandel; nominellt varvtal
El- och tryckluftverktyg	2 ... 3	Skär- och drivkraft; nominellt varvtal
Träbearbetningsmaskiner		
Fräs- och kutterspindlar	3 ... 4	Skär- och drivkraft; nominellt varvtal
Sågramar/huvudlager	3,5 ... 4	Masskrafter; nominellt varvtal
Sågramar/vevstakslager	2,5 ... 3	Masskrafter; nominellt varvtal
Cirkelsågar	2 ... 3	Skär- och drivkraft; nominellt varvtal
Transmission inom allmän maskinbyggnad		
Universälväxellådor	2 ... 3	Nominell effekt och varvtal
Kuggväxelmotorer	2 ... 3	Nominell effekt och varvtal
Stora stationära växlar	3 ... 4,5	Nominell effekt och varvtal

Dimensionering

Riktvärden för f_L och vanliga beräkningsansatser

Inbyggnad	Riktvärde för f_L	Beräkningsansats
Transportteknik		
Drivenheter för transportband/ovan jord	4,5 ... 5,5	Nominell effekt och varvtal
Transportbandrullar/ovan jord	4,5 ... 5	Vikt av band och gods; driftvarvtal
Transportbandrullar/allmänt	2,5 ... 3,5	Vikt av band och gods; driftvarvtal
Transportbandtrummor	4 ... 4,5	Banddragkraft, vikt av band och gods; driftvarvtal
Skovelhjulgrävmaskiner/drivenhet	2,5 ... 3,5	Nominell effekt och varvtal
Skovelhjulgrävmaskiner/skovelhjul	4,5 ... 6	Grävmotstånd, vikt; driftvarvtal
Skovelhjulgrävmaskiner/drivning av hjulet	4,5 ... 5,5	Nominell effekt och varvtal
Linskivor	4 ... 4,5	Linkraft; nominellt varvtal (DIN 22 410)
Linhjul	2,5 ... 3,5	Linkraft; nominellt varvtal
Pumpar, Fläktar, Kompressorer		
Ventilatorer, Fläktar	3,5 ... 4,5	Axial- resp. radialkraft, rotorvikt, obalans
Stora fläktar	4 ... 5	Obalans = rotorvikt · f_z ; nominellt varvtal
		Korrektionsfaktor $f_z = 0,5$ för friskluftfläktar $f_z = 0,8 ... 1$ för rökgasfläktar
Kolvpumpar	3,5 ... 4,5	Nominellt tryck och varvtal
Centrifugalpumpar	3 ... 4,5	Axialkraft, rotorvikt; nominellt varvtal
Hydrauliska radial- och axialkolvmaskiner	1 ... 2,5	Nominellt tryck och varvtal
Kugghjulspumpar	1 ... 2,5	Driftryck; nominellt varvtal
Kompressorer	2 ... 3,5	Driftryck, masskrafter; nominellt varvtal
Centrifuger, Omrörare		
Centrifuger	2,5 ... 3	Vikt, obalans; nominellt varvtal
Större omrörare	3,5 ... 4	Vikt, masskraft; nominellt varvtal
Krossar, Kvarnar, Siktar o. likn.		
Käftkrossar	3 ... 3,5	Driveffekt, excenterradie; nominellt varvtal
Konkrossar, Valskrossar	3 ... 3,5	Brytkraft; nominellt varvtal
Slagkvarnar, Hammarkvarnar, Slagkvarnar (för kol)	4 ... 5	Rotorvikt · f_z ; nom. varvtal; $f_z = 2 ... 2,5$
Stäng- och kulkvarnar	4 ... 5	Totalvikt · f_z ; nom. varvtal; $f_z = 1,5 ... 2,5$
Vibrationskvarnar	2 ... 3	Centrifugalkraft · f_z ; nom varvtal; $f_z = 1,2 ... 1,3$
Kollegångar	4 ... 5	Presskraft · f_z ; nom. varvtal; $f_z = 1,5 ... 3$
Vibrationssiktar	2,5 ... 3	Centrifugalkraft · f_z ; nom. varvtal; $f_z = 1,2$
Brikettpressar	3,5 ... 4	Presskraft; nominellt varvtal
Löprullar till roterugnar	4 ... 5	Rullbelastning · f_z ; nominellt varvtal
		Faktor för excentrisk belastning $f_z = 1,2 ... 1,3$; vid högre belastningar kontrollera även den statiska belastningen

Dimensionering

Riktvärden för f_L och vanliga beräkningsansatser

Inbyggnad	Riktvärde för f_L	Beräkningsansats
Pappers- och tryckmaskiner		
Pappersmaskiner/våtdelen	5 ... 5,5	Siktduk- och viradragkrafter, valsikt, pressstryck; nominellt varvtal
Pappersmaskiner/torkdelen	5,5 ... 6,5	
Pappersmaskiner/raffinör	5 ... 5,5	
Pappersmaskiner/kalandrar	4,5 ... 5	
Tryckmaskiner	4 ... 4,5	Valsvikt, presskraft; nominellt varvtal
Textilmaskiner		
Spinnmaskiner och spindlar	3,5 ... 4,5	Obalans; nominellt varvtal
Väv-, virk- och stickmaskiner	3 ... 4	Drivkraft, obalans, masskrafter; nominellt varvtal
Plastbearbetningsmaskiner		
Extruder	3 ... 3,5	Max. spruttryck; driftvarvtal; kontrollera vid pressgjutmaskiner även den statiska bärigheten
Gummi- och plastkalandrar	3,5 ... 4,5	Medelvärde för valskraft; medelvärdet för varvtal; (temperatur)
Rem- och lintransmissioner		Moment - f_z (pga förspänning och stötlar)
Kedjetransmissioner		$f_z = 1,5$
Kilretransmissioner		$f_z = 2 \dots 2,5$
Textilremmar		$f_z = 2 \dots 3$
Läderremmar		$f_z = 2,5 \dots 3,5$
Stålbånd		$f_z = 3 \dots 4$
Kuggremmar		$f_z = 1,5 \dots 2$

Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

Utvidgad livslängdsberäkning

Den nominella livslängden L eller L_n avviker mer eller mindre från de i praktiken uppnåbara livslängderna för rullningslager. Av alla driftförhållanden tar ekvationen $L = (C/P)^p$ bara hänsyn till belastningen. Den verkligt uppnåbara livslängden är emellertid beroende på en rad andra faktorer som t. ex. smörjfilmens tjocklek, renheten i smörjspalten, smörjmedlets additivering samt lagertypen.

I normen DIN ISO 281 har man därför, förutom den nominella livslängden, infört den "modifierade livslängden" utan att dock bestämma storleken för den faktor som skall ta hänsyn till driftförhållanden. I FAG:s beräkningsmodell kan driftförhållandena kvantifieras med faktorn a_{23} . Som ytterligare kriterium för dimensionering tar man även hänsyn till belastningsfaktorn f_s . Den är ett mått som anger den maximala tryckspänningen i kontaktytorna.

Uppnåbar (modifierad) livslängd

Enligt DIN ISO 281 beräknas den uppnåbara (modifierade) livslängden L_{na} enligt följande formel:

$$L_{na} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L \quad [10^6 \text{ varv}]$$

eller uttryckt i timmar:

$$L_{hna} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h \quad [\text{h}]$$

varvid

L_{na} , L_{hna}	uppnåbar (modifierad) livslängd [10^6 varv] resp. [tim]
a_1	faktor för haverisannolikhet
a_2	faktor för material
a_3	faktor för driftförhållanden
L , L_h	nominell livslängd [10^6 varv] resp. [tim]

Faktor a_1 för haverisannolikhet

Haverier till följd av utmattning följer statistiska lager; varför man vid beräkning av utmattningslivslängden måste ta hänsyn till haverisannolikheten. Normalt räknar man med 10 % haverisannolikhet. L_{10} -livslängden är den nominella livslängden.

För att även kunna ta hänsyn till haverisannolikheter mellan 10 % och 1% används faktorn a_1 i följande tabell.

▼ Faktor a_1						
Haverisannolikhet %	10	5	4	3	2	1
Utmattningslivslängd	L_{10}	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
Faktor a_1	1	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

Faktor a_2 för material

Faktor a_2 tar hänsyn till materialets egenskaper och dess värmebehandling. Normen tillåter faktor $a_2 > 1$ för lager tillverkade av stål med hög renhet.

Faktor a_3 för driftförhållanden

Faktor a_3 tar hänsyn till driftförhållanden, i synnerhet smörjtillståndet vid driftvarvtal och drifttemperatur. Normen innehåller än så länge inte siffervärden för denna faktor.

FAG-metoden för utvidgad livslängdsberäkning

Systematiserade undersökningar i laboratoriet samt en återföring av värden ur praktiken gör det möjligt att kvantifiera driftfaktorernas betydelse för rullningslagerlivslängden.

Beräkningsmetoden för den uppnåbara livslängden baseras på DIN ISO 281. Den tar hänsyn till påverkan av belastningens storlek, smörjfilmens tjocklek, smörjfilmens additivering, föroreningar i smörjspalten samt lagertypen.

Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

Denna beräkningsmetod visar att även lager kan nå oändlig livslängd under följande förutsättningar:

- högsta renhet i smörjspalten motsvarande $V = 0,3$ (se sid 46)
- fullständig åtskillnad av lagerdelarna genom smörjfilmen (fullsmörjning)
- belastning motsvarande $f_{s^*} \geq 8$

$$f_{s^*} = C_0/P_{0^*}$$

C_0 statiskt bärlighetstal [kN]

P_{0^*} ekvivalent lagerbelastning [kN],

beräknad med formeln

$$P_{0^*} = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad [\text{kN}],$$

varvid X_0 och Y_0 -faktorerna fås ur lager-tabellerna och

F_r dynamisk radialbelastning [kN]

F_a dynamisk axialbelastning [kN]

Via belastningsfaktorn f_{s^*} erhålls ett samband mellan lagerbelastningen och den vid maskinkonstruktioner använda dimensioneringen med jämförelsespänningar.

Uppnåbar livslängd L_{na} , L_{hna}

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L \quad [10^6 \text{ varv}]$$

och

$$L_{hna} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_h \quad [\text{h}]$$

varvid

a_1 faktor för haverisannolikhet (se sid 41)

a_{23} faktor för material och driftförhållanden
Genom deras ömsesidiga beroende har FAG sammanfattat de i DIN ISO 281 angivna faktorerna a_2 och a_3 till faktor a_{23} , varvid

$$a_{23} = a_2 \cdot a_3$$

L , L_h nominell livslängd [10^6 varv]

resp. [tim]

Faktor a_{23}

Med faktorn a_{23} tas hänsyn till påverkan av material, lagertyp, belastning, smörjning och renhet.

Utgångspunkt för bestämning av faktorn a_{23} är diagrammet på sid 45. Det i praktiken viktigaste området II i diagrammet gäller för normal renhet.

För bestämningen behöver man:

- viskositetsförhållandet κ (inflytande från smörjfilmbildningen)
- faktor K (inflytande från belastning, lagertyp, smörjmedel, diagram sid 44)
- basvärdet a_{23II} (diagram sid 45)
- renhetsfaktor s (diagram sid 47)

Faktorn a_{23} erhålls ur ekvationen

$$a_{23} = a_{23II} \cdot S$$

Faktorn a_{23} sätts sedan in i ekvationen för uppnåbar livslängd L_{na} eller L_{hna} , se föregående avsnitt.

Viskositetsförhållandet κ

På abskissan i diagrammet sid 45 anges viskositetsförhållandet κ som ett mått på smörjfilmbildningen.

$$\kappa = v/v_1$$

v driftviskositet hos smörjmedlet i rullningskontakten

v_1 diameter- och varvtalsberoende kinematisk viskositet

Den kinematiska viskositeten v_1 erhålls ur det övre diagrammet sid 43 med hjälp av medellagerdiametern $(D+d)/2$ och driftvarvtalet n .

Driftviskositeten v för en smörjolja erhålls ur det nedre V-T-diagrammet (se sid 43) med hjälp av drifttemperaturen t och oljans (nominella) viskositet vid 40 °C.

Hos smörjfetter används värdet v för driftviskositeten hos basoljan.

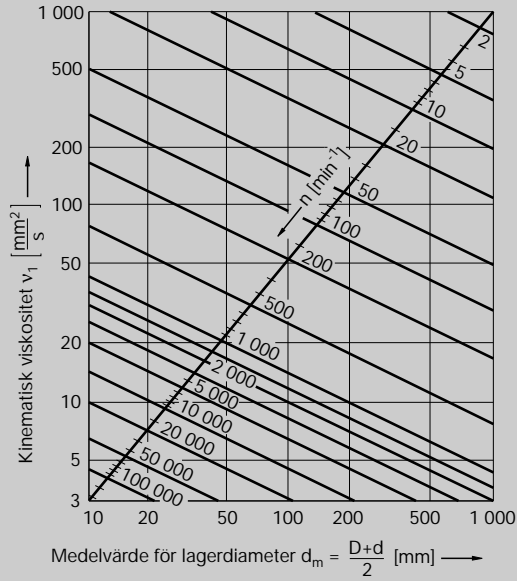
Rekommendationer till oljeviskositet och oljeval finns på sid 127.

I högt belastade lager med höga glidandelar ($f_{s^*} < 4$) kan temperaturen i kontaktområdet för rullkropparna ligga upp till 20 K högre än den på den stillastående ringen uppmätta temperaturen (utan hänsyn till extern uppvärmning). Detta kan beaktas genom att man bara använder halva värdet för driftviskositeten v ur V-T-diagrammet i formeln $\kappa = v/v_1$.

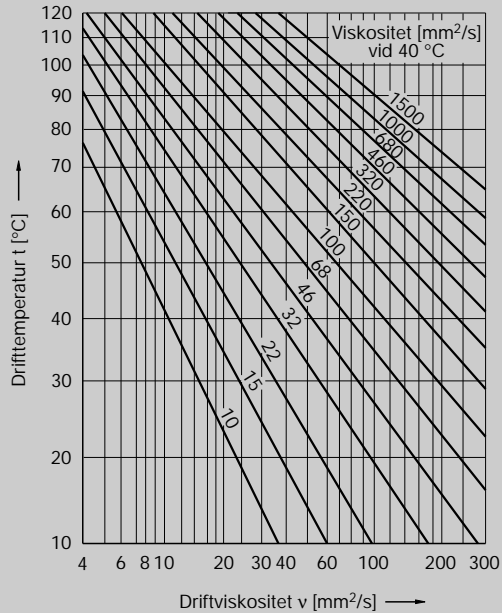
Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

▼ Kinematisk viskositet v_1



▼ V-T-diagram



Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

Basvärde a_{23II}

För att noggrannare kunna bestämma basvärdet a_{23II} i diagrammet sid 45 behövs faktorerna $K = K_1 + K_2$.

Värdet för K_1 kan avläsas ur det övre diagrammet i avhängighet av lagertyp och belastningsfaktor f_{s^*} .

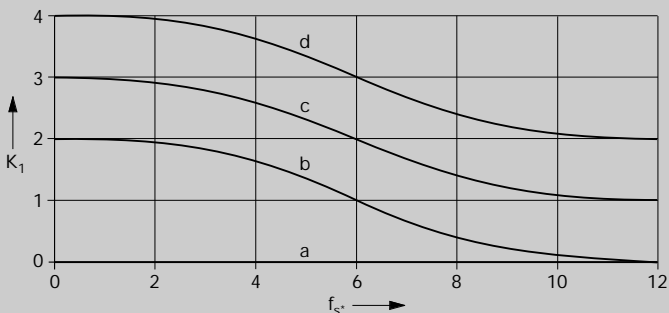
K_2 är beroende på viskositetsförhållandet κ och faktorn f_{s^*} . Diagrammets värden (nedan) gäller för ej additiverade smörjmedel eller där additivens påverkan på lagerlivslängden inte har kontrollerats.

Om $K = 0$ till 6 ligger a_{23II} på någon av kurvorna inom område II i diagrammet sid 45.

Vid $K > 6$ kan man endast förvänta sig en a_{23} -faktor i område III. Man bör då sträva efter att förbättra förutsättningarna och därigenom på ett mindre K -värde och det definierade området II.

Används ett lämpligt fett i lämplig mängd kan K_2 -värden motsvarande lämpligt additiverade oljor väljas. Rätt fettval blir särskilt viktigt vid lager med höga glidandelar och stora högt belastade lager. Utan noggranna kunskaper om fettets lämplighet bör man vid bestämning av a_{23II} -faktorn för säkerhets skull välja den nedre gränsen i område II. Detta gäller speciellt om den angivna smörjfristen inte kommer att innehållas.

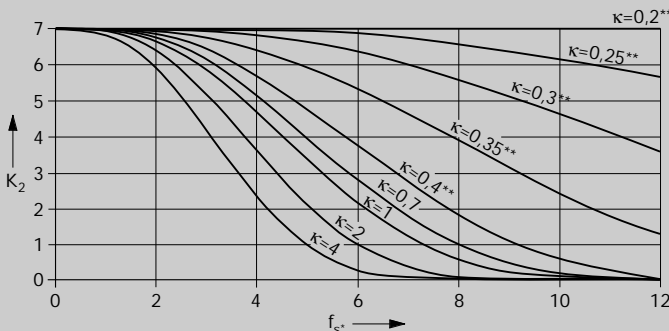
▼ Faktor K_1 i avhängighet av faktor f_{s^*} och lagertyp



- a kullager
- b koniska rullager, cylindriska rullager
- c sfäriska rullager, sfäriska axialrullager³⁾, cylindriska axialrullager^{1), 3)}
- d fullrulliga cylindriska rullager^{1), 3)}

- 1) Uppnås endast i samband med infiltrering av smörjmedlet motsvarande $V < 1$, ange annars $K_1 \geq 6$.
- 2) Viktigt vid bestämning av V : friktionen är minst dubbelt så stor som i lager med hållare, vilket leder till högre lagertemperatur
- 3) Beakta minimibelastningen (sid 460).

▼ Faktor K_2 i avhängighet av faktor f_{s^*} för ej additiverade smörjmedel eller additiverade smörjmedel, vars effekt på rullningslager inte har undersökts.



K_2 kan sättas lika med 0 i smörjmedel med additiv med utprovad verkan.

** Vid $\kappa \leq 0,4$ dominerar slitaget i lagret om detta inte kan förhindras genom lämplig additivering.

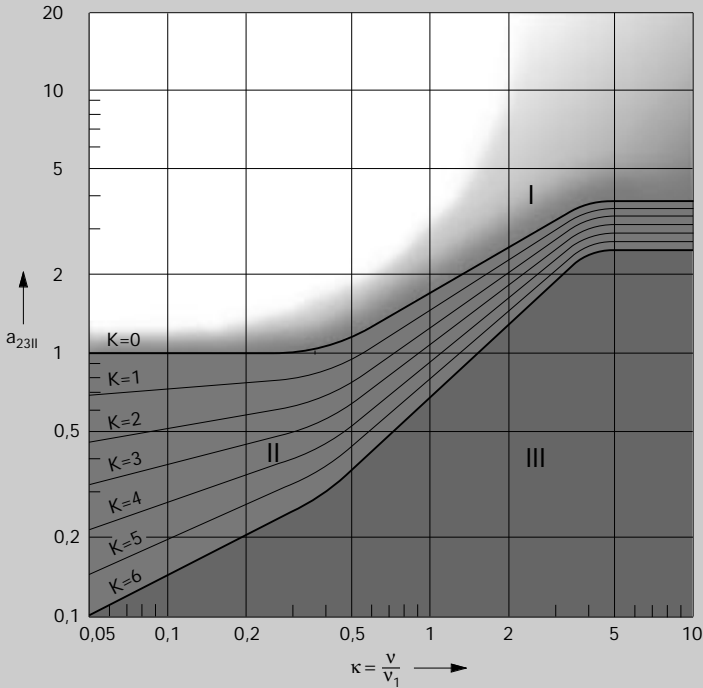
Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

▼ Basvärde a_{23II} för bestämning av faktorn a_{23}

$\kappa = v/v_1$ viskositetsförhållande
 v smörjmedlets drifviskositet, se sid 42
 v_1 kinematisk viskositet, se sid 42

$K = K_1 + K_2$ faktorer för bestämning av basvärdet a_{23II} ,
 se sid 44



Område

- I: Övergång till oändlig livslängd
 Förutsättning: högsta renhet i smörjspalten, måttlig belastning samt lämpligt smörjmedel
- II: Normal renhet i smörjspalten
 (hos effektiva, i rullningslager utprovade additiv är även hos $\kappa < 0,4$ a_{23} -värden > 1 uppnåbara)
- III: Ogynnsamma smörjförhållanden,
 Kraftiga föroreningar i smörjmedlet, olämpligt smörjmedel

Gränser för drifttidberäkningen

Aven i den utvidgade livslängdsberäkningen baseras haveriorsaken enbart på materialutmattningen. Lagrets "uppnåbara livslängd" motsvarar den verkliga brukbarhetstiden hos lagret bara i de fall, där smörjmedelslivslängden eller den genom förslitning begränsade livslängden hos lagret inte är kortare än utmattningslivslängden.

Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

Renhetsfaktorn s

Renhetsfaktorn s kvantifierar föroreningarnas påverkan på livslängden. För att kunna bestämma s behövs föroreningsfaktorn V (se nedan).

Vid **normal renhet (V = 1)** gäller alltid $s = 1$, dvs $a_{23II} = a_{23}$.

Vid **förhöjd renhet (V = 0,5)** och **högsta renhet (V = 0,3)** erhåller man, utgående från f_{s-} -faktorn (se sid 42) och i avhängighet av viskositetsförhållandet κ , via det högra fältet (a) i diagrammet sid 47 en renhetsfaktor $s \cong 1$.

Vid $\kappa \cong 0,4$ gäller $s=1$.

Vid **V = 2 (måttligt förorenat smörjmedel)** eller **V=3 (kraftigt förorenat smörjmedel)** erhålls $s < 1$ ur område b i diagrammet sid 47. Minskningen av s-värdet genom höga V-värden blir större ju mindre ett lager är belastat.

Föroreningsfaktor V för bedömning av renheten

Föroreningsfaktorn V sammanhänger med lagersektionen, typen av rullkontakt samt oljerenhetsklassen.

Om hårda partiklar överrullas i det högst belastade kontaktområdet i ett lager leder intryckningar i lagerfunktionsytorna till materialutmattning i förtid. Ju mindre kontaktyta desto skadligare blir en bestämd partikelstorleks påverkan.

Små lager är alltså känsligare än stora lager och lager med punktkontakt (kullager) är känsligare än lager med linjekontakt (rullager).

▼ Orienteringsvärden för föroreningsfaktor V

(D-d)/2 mm	V	Punktkontakt Erforderlig oljerenhets- klass enligt ISO 4406	Riktvärden för filtrerings- grad enligt ISO 4572	Linjekontakt Erforderlig oljerenhets- klass enligt ISO 4406	Riktvärden för filtrerings- grad enligt ISO 4572
$\leq 12,5$	0,3	11/8	$\beta_3 \text{ IV } 200$	12/9	$\beta_3 \text{ IV } 200$
	0,5	12/9	$\beta_3 \text{ IV } 200$	13/10	$\beta_3 \text{ IV } 75$
	1	14/11	$\beta_6 \text{ IV } 75$	15/12	$\beta_6 \text{ IV } 75$
	2	15/12	$\beta_6 \text{ IV } 75$	16/13	$\beta_{12} \text{ IV } 75$
	3	16/13	$\beta_{12} \text{ IV } 75$	17/14	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
> 12,5 ... 20	0,3	12/9	$\beta_3 \text{ IV } 200$	13/10	$\beta_3 \text{ IV } 75$
	0,5	13/10	$\beta_3 \text{ IV } 75$	14/11	$\beta_6 \text{ IV } 75$
	1	15/12	$\beta_6 \text{ IV } 75$	16/13	$\beta_{12} \text{ IV } 75$
	2	16/13	$\beta_{12} \text{ IV } 75$	17/14	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
	3	18/14	$\beta_{25} \text{ IV } 75$	19/15	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
> 20 ... 35	0,3	13/10	$\beta_3 \text{ IV } 75$	14/11	$\beta_6 \text{ IV } 75$
	0,5	14/11	$\beta_6 \text{ IV } 75$	15/12	$\beta_6 \text{ IV } 75$
	1	16/13	$\beta_{12} \text{ IV } 75$	17/14	$\beta_{12} \text{ IV } 75$
	2	17/14	$\beta_{25} \text{ IV } 75$	18/15	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
	3	19/15	$\beta_{25} \text{ IV } 75$	20/16	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
> 35	0,3	14/11	$\beta_6 \text{ IV } 75$	14/11	$\beta_6 \text{ IV } 75$
	0,5	15/12	$\beta_6 \text{ IV } 75$	15/12	$\beta_{12} \text{ IV } 75$
	1	17/14	$\beta_{12} \text{ IV } 75$	18/14	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
	2	18/15	$\beta_{25} \text{ IV } 75$	19/16	$\beta_{25} \text{ IV } 75$
	3	20/16	$\beta_{25} \text{ IV } 75$	21/17	$\beta_{25} \text{ IV } 75$

Bestämning av oljerenhetsklassen som mått för sannolikheten av överrullning av livslängdsminskande partiklar i lager kan utföras av filtertillverkare, smörjmedelstillverkare och liknande med hjälp av provtagningar. Metoden för provtagning finns beskriven i bl. a. DIN51750. Det finns även on-line-mätutrustningar. Renhetsklassen nås om den totala cirkulerande oljemängden på några minuter passerar filtret. **Före idrifttagande** av lagringen bör man, för att försäkra sig om hög renhet, spola igenom systemet.

En filtreringsgrad $\beta_3 \cong 200$ (ISO 4572) betyder t. ex. att det i multi-pass-testet passerar endast en partikel av totalt 200 partiklar $\cong 3 \mu\text{m}$. Grovre filter än $\beta_{25} \cong 75$ bör pga negativa följder för övriga i systemet liggande aggregat ej användas.

Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

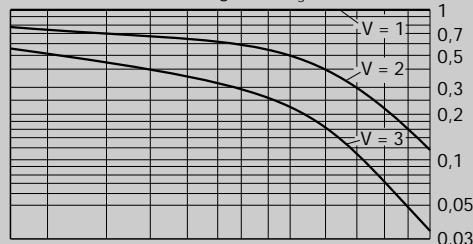
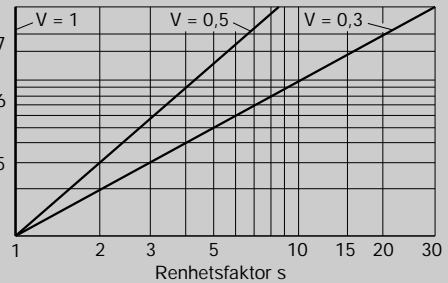
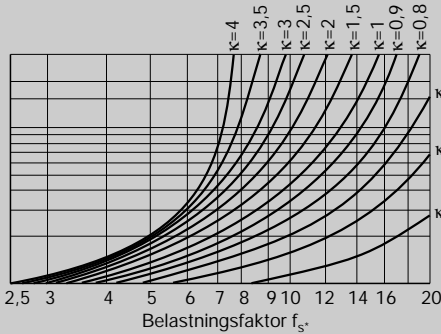
Den **erforderliga oljerenhetsklassen** enligt ISO 4406 är en objektiv mätbar storlek för bestämning av smörjmedlets förorening. För dess bestämning används den normerade partikelräkningsmetoden.

Därvid tillordnas totala antalet partiklar $> 5 \mu\text{m}$ och $> 15 \mu\text{m}$ en definierad ISO-oljerenhetsklass. T. ex. betyder en oljerenhet 15/12 enligt ISO 4406, att mellan 16000 och 32000 partiklar $> 5 \mu\text{m}$ och mellan 2000 och 4000 partiklar $> 15 \mu\text{m}$ är tillåtna. Skillnaden mellan klasserna är en halvering resp. fördubbling av antalet partiklar.

▼ Oljerenhetsklass enligt ISO 4406 (utdrag)

Antal partiklar per 100 ml				Kod
Över 5 μm		Över 15 μm		
Mer än och	till och med	Mer än och	till och med	
500000	1000000	64000	130000	20/17
250000	500000	32000	64000	19/16
130000	250000	16000	32000	18/15
64000	130000	8000	16000	17/14
32000	64000	4000	8000	16/13
16000	32000	2000	4000	15/12
8000	16000	1000	2000	14/11
4000	8000	500	1000	13/10
2000	4000	250	500	12/9
1000	2000	130	250	11/8
1000	2000	64	130	11/7
500	1000	32	64	10/6
250	500	32	64	9/6

- ▼ Diagram för bestämning av renhetsfaktorn s
- a Diagram för förhöjd ($V = 0,5$) upp till högsta ($V = 0,3$) renhet
 - b Diagram för måttligt förorenat smörjmedel ($V = 2$) och kraftigt förorenat smörjmedel ($V = 3$)



En renhetsfaktor $s > 1$ uppnås för fullrulliga lager endast om man genom användning av högviskösa smörjmedel och yttersta renhet (filtreringsgrad enligt ISO 4406 min. 11/7) förebygger slitage i kontaktytan mellan rullarna.

Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

För att uppnå den erforderade oljerenheten måste en definierad **filtreringsgrad** uppnås. Denna är ett mått på filtrets förmåga till fränksiljning av definierade partikelstorlekar. Filtreringsgraden β_x är förhållandet av samtliga partiklar $> x \mu\text{m}$ före filtret till partiklarna $> x \mu\text{m}$ efter filtret. Se nedanstående schematiska bild.

En filtreringsgrad $\beta_3 \geq 200$ betyder t. ex. att i multi-pass-testet (ISO 4572) av 200 partiklar $\geq 3 \mu\text{m}$ endast ett enda passerar filtret.

Vid användning av ett filter av en bestämd filtreringsgrad kan man inte automatiskt dra slutsatser om oljerenhetsklassen.

Värdering av renheten

Enligt dagens kunskapsnivå är följande stegning av V-värden ändamålsenlig (de tre viktigaste är kursiverade):

- V = 0,3** högsta renhet
- V = 0,5 förhöjd renhet
- V = 1** normal renhet
- V = 2 måttligt förorenat smörjmedel
- V = 3 kraftigt förorenat smörjmedel

Högsta renhet

Högsta renhet föreligger i praktiken

- hos lager som fettfylls hos tillverkaren och avtätas genom täckbrickor eller skyddsplåtar. Hos lager ovanför utmattningsgränsen begränsas lagrens livslängd oftast utav smörjmedlets brukbarhetstid.
- vid fettsmörjning genom användaren. Han svarar för att lagrens renhet vid leverans bibehålls genom att lagren monteras i väl rengjorda hus, att lagren smörjs med rent smörjmedel samt att lagringen utförs så att inga föroreningar kan nå lagren.
- hos lager med oljecirkulationssmörjning, förutsatt att man före idrifttagandet spolar systemet (ny olja fylls på över ett fint filter) samt att oljerenhetsklassen $V = 0,3$ uppfylls under hela drifttiden, se tabell sid 46.

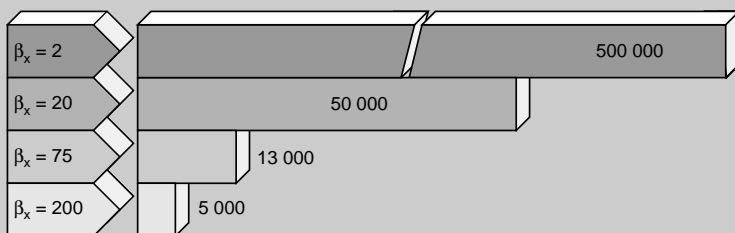
▼ Filtreringsgrad β_x

Föroreningsnivå före filtret

1 000 000 partiklar $> x \mu\text{m}$

Filtreringsrest

Föroreningsnivå efter filtret



Dimensionering

Utvidgad livslängdsberäkning

Normal renhet

Normal renhet kan antas förekomma om:

- tätningen är avstämd mot driftmiljön
- god renhet hålls vid monteringen
- oljerenheten motsvarar $V = 1$
- man innehåller rekommenderade oljebytestintervaller

Kraftigt förorenat smörjmedel

Inom detta område kan a_{23} -faktorer för smutspartiklarna motsvarande föroreningsstorleken $V = 3$ (tabell, sid 46) beräknas. Sträva efter förbättrade driftförhållanden!

Möjliga orsaker för kraftiga föroreningar:

- Lagerhuset är dåligt rengjort (rester från gjutningen eller bearbetningen).
- Slitagepartiklar från andra maskindelar kommer in i maskinens oljekretslopp.
- Pga bristande avtätning när främmande föroreningar lagret (särskilt känsligt för lager i stenbrott eller valsverk).
- Fuktighet, även kondens, har förorsakat stilleståndskorrosion eller försämrat smörjmedelsegenskaperna.

De beskrivna förhållanden gäller för gränsvärdena hos V som i regel används vid beräkningen. Mellanliggande värden $V = 0,5$ (förhöjd renhet) och $V = 2$ (måttligt förorenat smörjmedel) bör endast användas i de fall, där användaren har tillräcklig erfarenhet för att exakt kunna bedöma renheten.

Dessutom bildas även partiklar via slitage. FAG har valt värmebehandlingen av lagerdelarna så, att lager med låga glidfriktionsandelar (t.ex. radialsjarkullager och cylindriska rullager) vid $V = 0,3$ även vid långa drifttider knappast slits.

Lagertyper som är känsligare för små hårda föroreningar är t. ex. cylindriska axialrullager, fullrulliga cylindriska rullager och andra lager med höga glidandelar. För dessa lager kan smörjmedelsfiltrering hindra kritiskt slitage.

Uppnåbar livslängd vid variabla driftförhållanden

Ändrar sig belastningen, varvtalet och övriga faktorer som påverkar livslängden måste man för varje tidsandel q [%] med konstanta förhållanden beräkna den modifierade (uppnåbara) livslängden ($L_{hna1}, L_{hna2}, \dots$). För den totala drifttiden beräknas den uppnåbara livslängden enligt formeln

$$L_{hna} = \frac{100}{\frac{q_1}{L_{hna1}} + \frac{q_2}{L_{hna2}} + \frac{q_3}{L_{hna3}} + \dots}$$

Gränserna för brukbarhetstiden

Även den utvidgade livslängdsberäkningen tar bara hänsyn till materialutmattning som haveriorsak. Den beräknade "uppnåbara livslängden" är lika med lagrets brukbarhetstid endast om smörjmedlets brukbarhetstid och den genom slitage begränsade brukbarhetstiden inte är kortare än utmattninglivslängden.

Lagerberäkning på PC

FAG beräkningsprogrammet W.A.S. är ett beräkningsprogram för PC. Det tillåter lagerurval och lagerberäkning för en lagring, för en axel och för ett axelsystem (växel). En utförligare beskrivning finns i FAG publ. WL 40 135.

Lagerdata

Dimensioner, Beteckningssystem

Lagerutförande

För att kunna ta hänsyn till samtliga faktorer som beskrivs i ingångsdata måste man, förutom lämplig lagertyp och storlek, även bestämma övriga kännetecken och data för lagerutförande som t. ex.:

- Toleranser (se sid 54)
- Lagerglapp (se sid 74)
- Lagermaterial (se sid 83)
- Hållareutföranden (se sid 83)
- Tätning (se sid 119)

Även prestanda som lämplighet för höga varvtal (sid 86) och höga temperaturer (sid 96) hänger nära ihop med lagerutförande.

Lagerdata

Dimensioner, Beteckningssystem

Rullningslager är universellt användbara som inbyggnadsfärdiga maskinelement. Detta är i första hand möjligt genom att de vanligaste lagrens huvuddimensioner är normerade.

Dimensionsplaner finns för radiallager (förutom koniska rullager och radiallager med nålrullar) i ISO 15, för metrisk koniska rullager i ISO 355 och för axiallager i ISO 104. Dimensionsplanerna från ISO-normerna har övertagits i DIN 616 och i DIN ISO 355 (metrisk koniska rullager).

I dimensionsplanen enligt DIN 616 har flera ytterdiametrar och bredder tillordnats en håldiameter. Vanligt förekommande diameterserier är 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4 (ordnade efter ökande ytterdiameter). Inom varje diameterserie finns flera breddserier, t. ex. 0, 1, 2, 3, 4 (ökande bredd med ökande siffra).

Måttseriens tvåsiffriga tal innehåller som första siffra breddserien (hos axiallager höjdserien), som andra siffra diameterserien.

Dimensionsplanens uppbyggnad samt beteckningssystemet för metrisk koniska rullager enligt DIN ISO 355 avviker från DIN 616. I DIN

ISO 355 används en siffra (2, 3, 4, 5, 6) för kontaktvinkelområdet. En större siffra betyder större kontaktvinkel. Två bokstäver betecknar diameter- och breddserien.

I texten till måttbatterna finns förklaringar till avvikelser från dimensionsplanen, t. ex. hos axialvinkelkontaktkullager serierna 2344 och 2347.

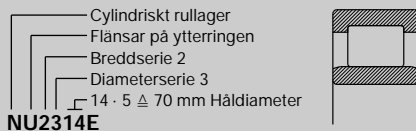
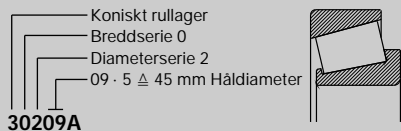
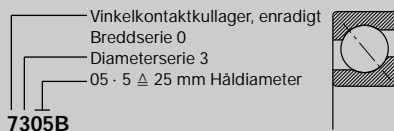
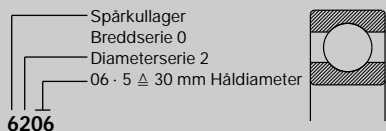
▼ Utdrag ur dimensionsplanen ISO 15 för radiallager

Diameterserie 0					Diameterserie 2				Diameterserie 3				Diameterserie 4	
Breddserie					Breddserie				Breddserie				Breddserie	
0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	0	2
Måttserie					Måttserie				Måttserie				Måttserie	
00	10	20	30	40	02	12	22	32	03	13	23	33	04	24

Lagerdata

Dimensioner, Beteckningssystem

▼ Exempel för lagerseriens och håldiameters beteckning med bastecken enligt DIN 623



▼ Beteckning av koniska rullager enligt DIN ISO 355

Exempel:

T 3 D B 045

Håldiameter in mm

Förhållandet lagerbredd/
sektionshöjd

Bredd- serie	$\frac{T}{(D - d) 0,95}$
över	t.o.m.

A	reserverat
B	0,50 ... 0,68
C	0,68 ... 0,80
D	0,80 ... 0,88
E	0,88 ... 1,00

Beteckning för koniska rullager

Kontaktvinkelområde

Vinkel- serie	Kontakt- vinkel- område
över	t.o.m.

1	reserverat
2	10° ... 13°52'
3	13°52' ... 15°59'
4	15°59' ... 18°55'
5	18°55' ... 23°
6	23° ... 27°
7	27° ... 30°

Förhållandet ytterdiameter/
håldiameter

Dia- meter- serie	$\frac{D}{d 0,77}$
över	t.o.m.

A	reserverat
B	3,40 ... 3,80
C	3,80 ... 4,40
D	4,40 ... 4,70
E	4,70 ... 5,00
F	5,00 ... 5,60
G	5,60 ... 7,00

Lagerdata

Lagerfaser

Gränsvärden för lagerfaser

Symboler

r_{1s}, r_{3s} enskild uppmätt lagerfas i radiell riktning
 r_{2s}, r_{4s} enskild uppmätt lagerfas i axiell riktning

r_{smin} *) allmän symbol för minsta lagerfas $r_{1smin}, r_{2smin}, r_{3smin}, r_{4smin}$
 r_{1smax}, r_{3smax} största lagerfas i radiell riktning
 r_{2smax}, r_{4smax} största lagerfas i axiell riktning

Lagerfas för radiallager (med undantag för koniska rullager)

		Mått i mm												
		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5					
r_{smin}	över t.o.m.				40	40	40	50	50	120	120	120	120	
r_{1smax}		0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,5	1,9	2	2,5	2,3	3
r_{2smax}		0,4	0,6	0,8	1	1	2	2	3	3	3,5	4	4	5

Lagerfas för koniska rullager Innerring

		Mått i mm											
		0,3	0,6	1	1,5	2							
r_{smin}	över t.o.m.	40	40	40	40	50	50	120	120 250	250	120	120 250	250
r_{1smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{2smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

Yttering

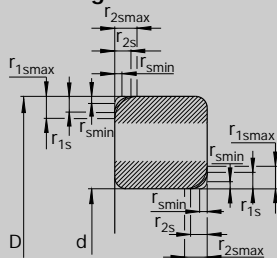
		Mått i mm											
		0,3	0,6	1	1,5	2							
r_{smin}	över t.o.m.	40	40	40	40	50	50	120	120 250	250	120	120 250	250
r_{3smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{4smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

Lagerfas för axiellager

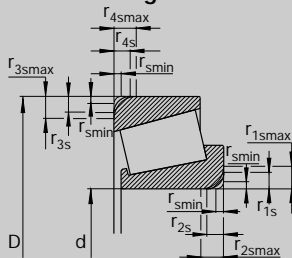
		Mått i mm																		
		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5	2	2,1	3	4	5	6	7,5	9,5	12	15	19
r_{smin}		0,2	0,3	0,5	0,8	1,5	2,2	2,7	3,5	4	4,5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25

*) I måttbatterna anges som nedre gränsvärde r_{smin} för kantavståndet enligt ISO 582 och DIN 620 T6. Detta gränsvärde är bestämmande för halkradiatorerna på axel och i hus.

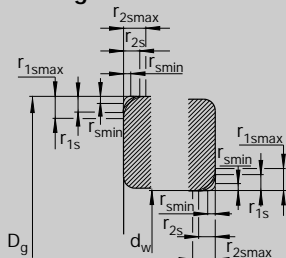
Radiallager



Koniska rulllager



Axiallager



2	2,1		2,5		3		4	5	6	7,5	9,5	12	15	19			
80	80 220	220	280	280	100	280	280	280									
3	3,5	3,8	4	4,5	3,8	4,5	5	5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25
4,5	5	6	6,5	7	6	6	7	8	8	9	10	13	17	19	24	30	38

2,5	3			4			5		6					
120	120 250	250	120	120 250	250 400	400	120	120 250	250 400	400	180	180	180	180
3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

2,5	3			4			5		6					
120	120 250	250	120	120 250	250 400	400	120	120 250	250 400	400	180	180	180	180
3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

Koniska rulllager med tumdimensioner (ISO 1123)

Innerring

Nominell håldiameter d	över t.o.m.	Mått i mm		
		50,8	101,6	101,6

Ytterring

Nominell ytterdiameter D	över t.o.m.	Mått i mm			
		101,6	168,3	168,3	266,7

r_{smin} (se måttabell)

Avmått i mm

r _{1smax}	r _{smin} +0,4	r _{smin} +0,5	r _{smin} +0,65
r _{2smax}	r _{smin} +0,9	r _{smin} +1,25	r _{smin} +1,8

r_{smin} (se måttabell)

Avmått i mm

r _{3smax}	r _{smin} +0,6	r _{smin} +0,65	r _{smin} +0,85	r _{smin} +1,7
r _{4smax}	r _{smin} +1,05	r _{smin} +1,15	r _{smin} +1,35	r _{smin} +1,7

Toleranser

Rullningslagrens mått- och löptoleranser är normerade enligt DIN 620. Tabellerna (sid 56–73) innehåller även toleranser utöver de i DIN

620 T2 (utgåva 02.88) och DIN 620 T3 (utgåva 06.82) angivna områdena.

Definitioner för mått och toleranser enligt DIN ISO 1132

Lager i toleransklass PN (normaltolerans) är i regel tillräckliga för de krav som maskintekniken ställer på lagrens kvalitet.

I verktygsmaskiner, mätutrustningar osv. där mycket höga krav ställs på noggrannhet, varvtal och balans, finns i normen de noggrannare toleransklasserna P6, P6x, P5, P4 och P2.

FAG tillverkar högprecisionslager förutom i de normerade toleranserna även i toleransklasserna P4S, SP (superprecision) och UP (ultraprecision).

Toleranssymboler

DIN ISO 1132, DIN 620

Håldiameter

d nominell håldiameter (lilländans teoretiska diameter vid koniskt hål)

d_s uppmätt enskild håldiameter

d_{mp} 1. håldiameterens medelvärde; aritmetiskt medelvärde ur största och minsta uppmätta enskilda håldiameter i ett radialplan

2. teoretisk medeldiameter för lilländan vid koniskt hål; aritmetiskt medelvärde ur största och minsta enskilt mätta håldiameter

d_{1mp} teoretisk medeldiameter för storändan vid koniskt hål; aritmetiskt medelvärde ur största och minsta mätta håldiameter

$\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$
medelhåldiameterens avvikelse från nominellt mått

$\Delta_{ds} = d_s - d$
avvikelse hos enskild uppmätt håldiameter från nominellt mått

$\Delta_{d1mp} = d_{1mp} - d_1$
medeldiameterens avvikelse för storändan vid koniskt hål från nominellt mått

V_{dp} håldiameterens variation; differensen mellan största och minsta i ett radialplan enskilt uppmätt håldiameter

$V_{dmp} = d_{mpmax} - d_{mpmin}$
medelhåldiameterens variation; differensen mellan största och minsta medelhåldiameter

Ytterdiameter

D	nominell ytterdiameter
D_s	enskilt mätt ytterdiameter
D_{mp}	medelytterdiameter; aritmetiskt medelvärde ur största och minsta i ett radialplan enskilt mätt ytterdiameter
$\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$	medelytterdiameters avvikelse från nominellt mätt
$\Delta_{Ds} = D_s - D$	enskild mätt ytterdiameters avvikelse från nominellt mätt
V_{Dp}	variation hos ytterdiametern; differensen mellan största och minsta i ett radialplan mätt ytterdiameter
$V_{Dmp} = D_{mpmax} - D_{mpmin}$	variation av medelytterdiametern; differensen mellan största och minsta medelytterdiameter

Bredd och höjd

B_s, C_s	uppmätt enskild totalbredd hos inner- resp. yttering
$\Delta_{Bs} = B_s - B, \Delta_{Cs} = C_s - C$	enskild uppmätt avvikelse av inner- resp. ytteringbredden från nominellt mätt
$V_{Bs} = B_{smax} - B_{smin}, V_{Cs} = C_{smax} - C_{smin}$	variation av inner- eller ytteringbredden; differensen mellan största och minsta uppmätta ringbredden
T_s	enskild mätt totalbredd hos koniskt rullager
T_{1s}	enskild uppmätt totalbredd hos koniskt rullager över innerring och ytteringsnormal (tolk)
T_{2s}	enskild uppmätt totalbredd av koniskt rullager över innerringnormal (tolk) och yttering

$\Delta_{T_s} = T_s - T, \Delta_{T_{1s}} = T_{1s} - T_1, \Delta_{T_{2s}} = T_{2s} - T_2$
enskild uppmätt avvikelse av koniskt rullagers totalbredd från nominellt mätt

*) $H_s, H_{1s}, H_{2s}, H_{3s}, H_{4s}$
enskild mätt totalhöjd hos axiallager

*) $\Delta_{H_s} = H_s - H, \Delta_{H_{1s}} = H_{1s} - H_1, \Delta_{H_{2s}} = H_{2s} - H_2, \dots$
enskild uppmätt avvikelse av axiallagrets totalhöjd från nominellt mätt

Löpnoggrannhet

K_{ia}	innerringens radialkast i komplett radiallager
K_{ea}	ytterringens radialkast i komplett radiallager
S_d	innerringens sidokast, hålets skevhet relativt referenssidoplanet
S_D	ytterringens sidokast, mantelytans skevhet relativt referenssidoplanet
S_{ia}	innerringens axialkast, innerringssidoplanets skevhet relativt innerringsslöpbanan i komplett radiallager
S_{ea}	ytterringens axialkast, ytterringssidoplanets skevhet relativt ytterringsslöpbanan i komplett radiallager
S_i	axelbrickans tjockleksvariation hos axiallager (axialkast)
S_e	husbrickans tjockleksvariation hos axiallager (axialkast)

*) I normen betecknas axiallagrens totalhöjd med T .

Toleranser för radiallager (med undantag för koniska rullager)

Innerring

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600	1600 2000
-------------------------	----------------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------	--------------

Toleransklass PN (Normaltolerans)

Toleranser i μm

Håldiameter, cylindrisk Avvikelse Δ_{dmp}	0 -8	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160	0 -200
Variation V_{dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56	63				
	0 · 1	8	8	10	12	19	25	31	38	44	50	56	63				
	2 · 3 · 4	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Variation V_{dmp}	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38					
Håldiameter, konicitet 1:12 Avvikelse Δ_{dmp}	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	+125 0	+150 0
Avvikelse $\Delta_{dimp} - \Delta_{dmp}$	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	+125 0	+150 0
Variation V_{dp}	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56						
Håldiameter, konicitet 1:30 Avvikelse Δ_{dmp}					+15 0	+20 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+45 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0	+160 0	+200 0
Avvikelse $\Delta_{dimp} - \Delta_{dmp}$					+35 0	+40 0	+50 0	+55 0	+60 0	+65 0	+75 0	+85 0	+100 0	+100 0	+115 0	+125 0	+150 0
Variation V_{dp}					19	25	31	38	44	50	56	63					
Bredd- avvikelse Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250	0 -1600	0 -2000
Bredd- variation V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	50	60	70	80	100	120	140
Radialkast K_{α}	10	10	13	15	20	25	30	40	50	60	65	70	80	90	100	120	140

Toleransklass P6

Avvikelse Δ_{dmp}	0 -7	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -55	0 -75	0 -95	0 -120	0 -150
Variation V_{dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	9	9	10	13	15	19	23	28	31	38	44	50				
	0 · 1	7	7	8	10	15	19	23	28	31	38	44	50				
	2 · 3 · 4	5	5	6	8	9	11	14	17	19	23	26	30				
Variation V_{dmp}	5	5	6	8	9	11	14	17	19	23	26	30					
Bredd- avvikelse Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250	0 -1600	0 -2000
Bredd- variation V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	45	50	55	60	70	70	80
Radialkast K_{α}	6	7	8	10	10	13	18	20	25	30	35	40	50	60	80	80	100

Breddtoleransen Δ_{Bs} för vinkelkontaktkullager i universallutförande se sid 163.

Yttering

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	6 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600	1600 2000	2000 2500
---------------------------	----------------	---------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Toleransklass PN (Normaltolerans)

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160	0 -200	0 -250
Variation V_{Dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	10	12	14	16	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125				
	0 · 1	8	9	11	13	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125				
	2 · 3 · 4	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75				
	avtätade lager 2 · 3 · 4	10	12	16	20	26	30	38											
Variation	V_{Dmp}	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75				
Radialkast	K_{ba}	15	15	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	140	160	190	220	250

Breddtoleranserna Δ_{Cs} och V_{Cs} är identiska med Δ_{Bs} och V_{Bs} för tillhörande inerring.

Toleransklass P6

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -7	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -25	0 -28	0 -33	0 -38	0 -45	0 -60	0 -80	0 -100	0 -140	0 -180
Variation V_{Dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	9	10	11	14	16	19	23	25	31	35	41	48	56	75				
	0 · 1	7	8	9	11	16	19	23	25	31	35	41	48	56	75				
	2 · 3 · 4	5	6	7	8	10	11	14	15	19	21	25	29	34	45				
	avtätade lager 0 · 1 · 2 · 3 · 4	9	10	13	16	20	25	30											
Variation	V_{Dmp}	5	6	7	8	10	11	14	15	19	21	25	29	34	45				
Radialkast	K_{ba}	8	9	10	13	18	20	23	25	30	35	40	50	60	75	100	100	100	120

Breddtoleranserna Δ_{Cs} och V_{Cs} är identiska med Δ_{Bs} och V_{Bs} för tillhörande inerring.

Toleranser för radiallager (med undantag för koniska rullager)

Innerring

Mått i mm

Nominell hålldiameter	över t.o.m.	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800
--------------------------	----------------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Toleransklass P5

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -5	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -10	0 -13	0 -15	0 -18	0 -23	0 -27	0 -30	0 -40
Variation V_{dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	5	5	6	8	9	10	13	15	18	23			
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	18			
Variation	V_{dmp}	3	3	3	4	5	5	7	8	9	12			
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -40	0 -80	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750
Bredd- variation	V_{Bs}	5	5	5	5	6	7	8	10	13	15	17	20	30
Radialkast	K_{ia}	4	4	4	5	5	6	8	10	13	15	17	20	25
Sidokast	S_{d}	7	7	8	8	8	9	10	11	13	15	17	20	30
Sidokast	S_{ia}	7	7	8	8	8	9	10	13	15	20	23	25	30

Sidokastvärden S_{ia} gäller för kullager (med undantag för sfäriska kullager).

Toleransklass P4

Avvikelse	Δ_{dmp} , $\Delta_{\text{ds}}^*)$	0 -4	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -19	0 -23	0 -26	0 -34
Variation V_{dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	4	4	5	6	7	8	10	12					
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	3	3	4	5	5	6	8	9					
Variation	V_{dmp}	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6					
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -40	0 -80	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750
Bredd- variation	V_{Bs}	2,5	2,5	2,5	3	4	4	5	6	7	8	9	10	15
Radialkast	K_{ia}	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	8	10	10	12	15
Sidokast	S_{d}	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10	15
Sidokast	S_{ia}	3	3	4	4	5	5	7	8	10	12	13	15	20

Sidokastvärden S_{ia} gäller för kullager (med undantag för sfäriska kullager).

*) Dessa värden Δ_{ds} och Δ_{ps} gäller endast diameterserierna 0 · 1 · 2 · 3 · 4.
Breddtoleransen Δ_{Bs} för vinkelkontaktkullager i universalförande
se sid 163.

Yttering

Mått i mm

Nominell yttre diameter	över t.o.m.	6 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600
----------------------------	----------------	---------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------

Toleransklass P5

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -5	0 -6	0 -7	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -28	0 -35	0 -40	0 -50	0 -65
Variation V_{Dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	5	6	7	9	10	11	13	15	18	20	23	28	35			
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	4	5	5	7	8	8	10	11	14	15	17	21	26			
Variation	V_{Dmp}	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	18			
Bredd- variation	V_{Cs}	5	5	5	6	8	8	8	10	11	13	15	18	20	25	30	40
Radialkast	K_{ea}	5	6	7	8	10	11	13	15	18	20	23	25	30	35	50	65
Sidokast	S_D	8	8	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18	20	30	40	50
Sidokast	S_{ea}	8	8	8	10	11	13	14	15	18	20	23	25	30	40	55	70

Breddtoleransen Δ_{Cs} är identisk med Δ_{Bs} för tillhörande inerring.
Sidokastvärden S_{ea} gäller för kullager (med undantag för sfäriska kullager).

Toleransklass P4

Avvikelse	Δ_{Dmp} , Δ_{Ds} *)	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -20	0 -25	0 -28	0 -35	0 -40	0 -55
Variation V_{Dp}	Diameter- serie 7 · 8 · 9	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15						
	0 · 1 · 2 · 3 · 4	3	4	5	5	6	7	8	8	10	11						
Variation	V_{Dmp}	2	2,5	3	3,5	4	5	5	6	7	8						
Bredd- variation	V_{Cs}	2,5	2,5	2,5	3	4	5	5	7	7	8	9	10	12	15	20	25
Radialkast	K_{ea}	3	4	5	5	6	7	8	10	11	13	14	17	20	25	30	40
Sidokast	S_D	4	4	4	4	5	5	5	7	8	10	10	12	14	20	25	30
Sidokast	S_{ea}	5	5	5	5	6	7	8	10	10	13	15	18	22	28	35	45

Breddtoleransen Δ_{Cs} är identisk med Δ_{Bs} för tillhörande inerring.
Sidokastvärden S_{ea} gäller för kullager (med undantag för sfäriska kullager).

Toleranser för enradiga högprecisions-vinkelkontaktkullager

Innerring

Nominell håldiameter	över t.o.m.	Mått i mm								
		10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250

Toleransklass P4S

		Toleranser i μm								
Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -4	0 -4	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -10	0 -10	0 -12
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -40	0 -80	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -250	0 -300
Bredd- variation	V_{Bs}	2,5	2,5	2,5	3	4	4	5	5	6
Radialkast	K_{ia}	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5
Sidokast	S_{d}	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	5
Sidokast	S_{ia}	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5

Breddtoleransen Δ_{Bs} för enradiga högprecisions-vinkelkontaktkullager i universalutförande se sid 180.

Yttering

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	Mått i mm								
		18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400

Toleransklass P4S

		Toleranser i μm								
Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15
Bredd- variation	V_{Cs}	2,5	2,5	3	4	5	5	7	7	8
Radialkast	K_{ea}	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8
Sidokast	S_{D}	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7
Sidokast	S_{ea}	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8

Breddtoleransen Δ_{Cs} är identisk med Δ_{Bs} för tillhörande innerring.

Toleranser för radiallager (med undantag för koniska rullager)

Innerring

Mått i mm

Nominell häldiameter	över t.o.m.	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
----------------------	-------------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Toleransklass SP (tvåradiga cylindriska rullager)

Toleranser i μm

Häldiameter, cylindrisk Avvikelse $\Delta_{\text{dmp}}, \Delta_{\text{ds}}$	0 -6	0 -8	0 -9	0 -10	0 -13	0 -15	0 -18	0 -23	0 -27	0 -30	0 -40	0 -50	0 -65
Variation V_{dp}	3	4	5	5	7	8	9	12	14				
Häldiameter, konisk Avvikelse Δ_{ds}	+10 0	+12 0	+15 0	+20 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+45 0	+50 0	+65 0	+75 0	+90 0
Variation V_{dp}	3	4	5	5	7	8	9	12	14				
Avvikelse $\Delta_{\text{d1mp}} - \Delta_{\text{dmp}}$	+4 0	+6 0	+6 0	+8 0	+8 0	+10 0	+12 0	+12 0	+14 0				
Bredd- avvikelse Δ_{Bs}	0 -100	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250
Bredd- variation V_{Bs}	5	5	6	7	8	10	13	15	17	20	30	33	40
Radialkast K_{ia}	3	4	4	5	6	8	8	10	10	12	15	17	20
Sidokast S_{d}	8	8	8	9	10	11	13	15	17	20	23	30	40
Sidokast S_{ia}	8	8	8	9	10	13	15	20	23	25	30	40	50

Toleransklass UP (tvåradiga cylindriska rullager)

Häldiameter, cylindrisk Avvikelse $\Delta_{\text{dmp}}, \Delta_{\text{ds}}$	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -19	0 -23	0 -26	0 -34	0 -40	0 -55
Variation V_{dp}	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12				
Häldiameter, konisk Avvikelse Δ_{ds}	+6 0	+7 0	+8 0	+10 0	+12 0	+14 0	+15 0	+17 0	+19 0	+20 0	+22 0	+25 0	+30 0
Variation V_{dp}	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12				
Avvikelse $\Delta_{\text{d1mp}} - \Delta_{\text{dmp}}$	+2 0	+3 0	+3 0	+4 0	+4 0	+5 0	+6 0	+6 0	+7 0				
Bredd- avvikelse Δ_{Bs}	0 -25	0 -30	0 -40	0 -50	0 -60	0 -75	0 -100	0 -100	0 -100	0 -125	0 -125	0 -125	0 -125
Bredd- variation V_{Bs}	1,5	2	3	3	4	5	5	6	7	8	11	12	15
Radialkast K_{ia}	1,5	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	9	10
Sidokast S_{d}	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	11	12	15
Sidokast S_{ia}	3	3	3	4	6	7	8	9	10	12	18	19	23

Yttering

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600
---------------------------	----------------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------

Toleransklass SP (tvåradiga cylindriska rullager)

Toleranser i μm

Avvikelse	$\Delta_{D_{mp}}, \Delta_{D_s}$	0 -7	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -28	0 -35	0 -40	0 -50	0 -65
Variation	V_{Dp}	4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	18			
Radialkast	K_{ea}	5	5	6	7	8	10	11	13	15	17	20	25	30	30
Sidokast	S_D	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18	20	30	40	50
Sidokast	S_{ea}	8	10	11	13	14	15	18	20	23	25	30	40	55	70

Breddtoleransen Δ_{Cs} och V_{Cs} är identisk med Δ_{Bs} och V_{Bs} för tillhörande innerring.

Toleransklass UP (tvåradiga cylindriska rullager)

Avvikelse	$\Delta_{D_{mp}}, \Delta_{D_s}$	0 -5	0 -6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -10	0 -12	0 -14	0 -17	0 -20	0 -25	0 -30	0 -36	0 -48
Variation	V_{Dp}	3	3	4	4	5	5	6	7	9	10	13			
Radialkast	K_{ea}	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	11	12	15	19
Sidokast	S_D	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	7	10	12	15
Sidokast	S_{ea}	4	4	5	6	7	9	9	12	12	14	17	21	26	34

Breddtoleransen Δ_{Cs} och V_{Cs} är identisk med Δ_{Bs} och V_{Bs} för tillhörande innerring.

Toleranser för koniska rullager med metriska dimensioner

Innerring

Mått i mm

Nominell hålldiameter	över t.o.m.	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000
		18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	

Toleransklass PN (Normaltolerans)

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100
Variation	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40	45	50	75	100
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30				
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000
Radialkast	K_{Ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70	70	85	100	120
Bredd- avvikelse	Δ_{Ts}	+200 0	+200 0	+200 0	+200 0	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500	+600 -600	+750 -750
	Δ_{T1s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+150 -150	+150 -150	+150 -150	+200 -200				
	Δ_{T2s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -200				

Toleransklass P6X

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40
Variation	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -50	0 -50	0 -50	0 -50	0 -50	0 -50	0 -50	0 -50	0 -50
Radialkast	K_{Ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70
Bredd- avvikelse	Δ_{Ts}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+150 0	+150 0	+200 0	+200 0
	Δ_{T1s}	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+100 0	+100 0
	Δ_{T2s}	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+50 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0

Koniska rullager utan fläns serie 320X, 329, 330, 331, 332 ($d \leq 200$ mm) har toleransklass P6X.

Yttering

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600
---------------------------	----------------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------

Toleransklass PN (Normaltolerans)

Toleranser i μm

Avvikelse	$\Delta_{D_{mp}}$	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation	V_{D_p}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	75	100	125	160
	$V_{D_{mp}}$	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38				
Bredd- avvikelse	Δ_{C_s}	Breddtoleransen Δ_{C_s} är identisk med Δ_{B_s} för tillhörande inerring.														
Radialkast	K_{ea}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	120	120	120

Toleransklass P6X

Avvikelse	$\Delta_{D_{mp}}$	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50				
Variation	V_{D_p}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50				
	$V_{D_{mp}}$	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38				
Bredd- avvikelse	Δ_{C_s}	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100	0 -100				
Radialkast	K_{ea}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100				

Toleranser för koniska rullager med metriska dimensioner

Innerring

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800
----------------------	-------------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Toleransklass P5

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -75
Variation	V_{dp}	5	6	8	9	11	14	17					
	V_{dmp}	5	5	5	6	8	9	11					
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -200	0 -200	0 -240	0 -300	0 -400	0 -500	0 -600					
Radialkast	K_{ia}	5	5	6	7	8	11	13					
Sidokast	S_{d}	7	8	8	8	9	10	11	13	15	17	20	30
Bredd- avvikelse	Δ_{Ts}	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500	+600 -600

Toleransklass P4

Avvikelse	$\Delta_{\text{dmp}}, \Delta_{\text{ds}}$	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -10	0 -13	0 -15					
Variation	V_{dp}	4	5	6	7	8	10	11					
	V_{dmp}	4	4	5	5	5	7	8					
Bredd- avvikelse	Δ_{Bs}	0 -200	0 -200	0 -240	0 -300	0 -400	0 -500	0 -600					
Radialkast	K_{ia}	3	3	4	4	5	6	8					
Sidokast	S_{d}	3	4	4	5	5	6	7					
Sidokast	S_{ia}	3	4	4	4	5	7	8					
Bredd- avvikelse	Δ_{Ts}	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+350 -250	+350 -250					

Yttering

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800
		30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000

Toleransklass P5

Toleranser i μm

Avvikelse	$\Delta_{D_{mp}}$	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -25	0 -28	0 -33	0 -38	0 -45	0 -60
Variation	V_{D_p}	6	7	8	10	11	14	15	19	22				
	$V_{D_{mp}}$	5	5	6	7	8	9	10	13	14				
Bredd- avvikelse	Δ_{C_s}	Breddtoleransen Δ_{C_s} är identisk med Δ_{B_s} för tillhörande innering.												
Radialkast	K_{ea}	6	7	8	10	11	13	15	18	20	23	25	30	35
Sidokast	S_D	8	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18	20	30

Toleransklass P4

Avvikelse	$\Delta_{D_{mp}}, \Delta_{D_s}$	0 -6	0 -7	0 -9	0 -10	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20				
Variation	V_{D_p}	5	5	7	8	8	10	11	14	15				
	$V_{D_{mp}}$	4	5	5	5	6	7	8	9	10				
Bredd- avvikelse	Δ_{C_s}	Breddtoleransen Δ_{C_s} är identisk med Δ_{B_s} för tillhörande innering.												
Radialkast	K_{ea}	4	5	5	6	7	8	10	11	13				
Sidokast	S_D	4	4	4	5	5	5	7	8	10				
Sidokast	S_{ea}	5	5	5	6	7	8	10	10	13				

Toleranser för koniska kullager med tumdimensioner

Innerring

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	81	81 102	102 127	127 305	305 508	508 610	610 915	915 1220	1220
----------------------	-------------	-----------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	-------------

Normaltolerans

Toleranser i μm

Avvikelse Δ_{dmp}		+13 0	+25 0	+25 0	+25 0	+50 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0
---------------------------------	--	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------

Bredd-avvikelse Δ_{Bs}	Normaltolerans för koniska rullager med metrisk dimensioner									
--------------------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Radialkast K_{ia}	Normaltolerans för koniska rullager med metrisk dimensioner									
----------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Enradiga lager Bredd-avvikelse Δ_{Ts}	+200 0	+200 0	+350 -250	+350 -250	+375 -375	+375 -375	+375 -375	+375 -375	+375 -375
--	-----------	-----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	150	150 250	250 315	315 500	500 710
----------------------	-------------	------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Toleransklass Q3

Toleranser i μm

Avvikelse Δ_{dmp}	+11 0	+13 0	+13 0	+20 0	+25 0
---------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------

Bredd-avvikelse Δ_{Bs}	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -600
--------------------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Beddvariation V_{Bs}	2	3	5	7	10
-------------------------------	---	---	---	---	----

Radialkast K_{ia}	4	4	4	7	9
----------------------------	---	---	---	---	---

Sidokast S_{d}	4	6	7	8	10
-------------------------	---	---	---	---	----

Sidokast S_{ia}	4	6	8	10	13
--------------------------	---	---	---	----	----

Enradiga lager Bredd-avvikelse Δ_{Ts}	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+200 -200	+380 -380
--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Yttering

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	305	305 610	610 915	915 1220	1220
---------------------------	----------------	------------	--------------------	--------------------	---------------------	-------------

Normaltolerans

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{Dmp}	+25 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0
-----------	-----------------------	----------	----------	----------	-----------	-----------

Radialkast	K_{ea}	Normaltolerans för koniska rullager med metrisk dimensioner				
------------	-----------------	---	--	--	--	--

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	150	150 250	250 315	315 500	500 630	630 900
---------------------------	----------------	------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Toleransklass Q3

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{Dmp}	+11 0	+13 0	+13 0	+20 0	+25 0	+38 0
-----------	-----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Bredd- variation	V_{cs}	2	3	5	7	10	20
---------------------	-----------------	---	---	---	---	----	----

Radialkast	K_{ea}	4	4	4	7	9	18
------------	-----------------	---	---	---	---	---	----

Sidokast	S_{D}	4	6	7	8	10	20
----------	----------------	---	---	---	---	----	----

Toleranser för axiallager

Axelbrickor

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
----------------------	-------------	----	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Toleransklass PN (Normaltolerans)

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variation	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Axialkast	S_1	10	10	10	10	15	15	20	25	30	30	35	40	45	50
Underläggsbricka Avvikelse	Δ_{du}	+70 0	+70 0	+85 0	+100 0	+120 0	+140 0	+140 0	+160 0	+180 0	+180 0				

Toleransklass P6

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variation	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Axialkast	S_1	5	5	6	7	8	9	10	13	15	18	21	25	30	35

Toleransklass P5

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Variation	V_{dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Axialkast	S_1	3	3	3	4	4	5	5	7	7	9	11	13	15	18

Toleransklass P4

Avvikelse	Δ_{dmp}	0 -7	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -50	0 -70	0 -100
Variation	V_{dp}	5	6	8	9	11	14	17	19	23	26	30			
Axialkast	S_1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9

Toleransklass SP (Axialvinkelkontaktkullager, serie 2344 och 2347)

Avvikelse	Δ_{dmp}		0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -22	0 -25	0 -30					
Variation	V_{dp}		6	8	9	11	14	17							
Axialkast	S_1		3	3	4	4	5	5	7	7					
Höjd- avvikelse	Δ_{HIS}		+50 -150	+75 -200	+100 -250	+125 -300	+150 -350	+175 -400	+200 -450	+250 -600					

Husbrickor

Mått i mm

Nominell ytterdiameter	över t.o.m.	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250	1250 1600
---------------------------	----------------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------	--------------

Toleransklass PN (Normaltolerans)

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Axialkast	S_e	Axialkast S_e för husbrickan är lika med axialkastet S_i för axelbrickan.													
Underläggsbricka Avvikelse	Δ_{Du}	0 -30	0 -35	0 -45	0 -60	0 -75	0 -90	0 -105	0 -120	0 -135	0 -180				

Toleransklass P6

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Axialkast	S_e	Axialkast S_e för husbrickan är lika med axialkastet S_i för axelbrickan.													

Toleransklass P5

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Variation	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Axialkast	S_e	Axialkast S_e för husbrickan är lika med axialkastet S_i för axelbrickan.													

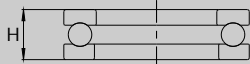
Toleransklass P4

Avvikelse	Δ_{Dmp}	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -20	0 -25	0 -28	0 -33	0 -38	0 -45	0 -70	0 -90	0 -125
Variation	V_{Dp}	6	7	8	10	11	15	19	21	25	29	34			
Axialkast	S_e	Axialkast S_e för husbrickan är lika med axialkastet S_i för axelbrickan.													

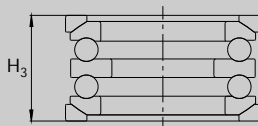
Toleransklass SP (Axialvinkelkontaktkullager, serie 2344 och 2347)

Avvikelse	Δ_{Dmp}			-24 -43	-28 -50	-33 -58	-37 -66	-41 -73	-46 -82	-50 -90	-55 -99				
Variation	V_{Dp}			6	8	9	10	12							
Axialkast	S_e	Axialkast S_e för husbrickan är lika med axialkastet S_i för axelbrickan.													

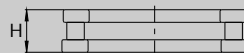
Höjdmått för axiallager



Axialspärkullager



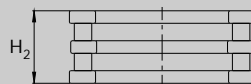
Axialspärkullager,
dubbelverkande
med underlägsbrickor



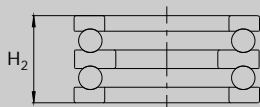
Cylindriska axialrullager



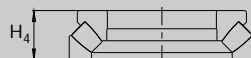
Axialspärkullager
med underlägsbricka



Cylindriska axialrullager,
dubbelverkande



Axialspärkullager,
dubbelverkande



Sfäriska axialrullager

Höjdmått för axiallager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
-------------------------	----------------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Toleransklass PN . . . P4

Toleranser i μm

Avvikelse	Δ_{Hs}	+20 -250	+20 -250	+20 -300	+25 -300	+25 -400	+30 -400	+40 -400	+40 -500	+50 -500	+60 -600	+70 -750	+80 -1000	+100 -1400
	Δ_{H1s}	+100 -250	+100 -250	+100 -300	+150 -300	+150 -400	+150 -400	+200 -400	+200 -500	+300 -500	+350 -600	+400 -750	+450 -1000	+500 -1400
	Δ_{H2s}	+150 -400	+150 -400	+150 -500	+200 -500	+200 -600	+250 -600	+350 -700	+350 -700	+400 -900	+500 -1100	+600 -1300	+700 -1500	+900 -1800
	Δ_{H3s}	+300 -400	+300 -400	+300 -500	+400 -500	+400 -600	+500 -600	+600 -700	+600 -700	+750 -900	+900 -1100	+1100 -1300	+1300 -1500	+1600 -1800
	Δ_{H4s}	+20 -300	+20 -300	+20 -400	+25 -400	+25 -500	+30 -500	+40 -700	+40 -700	+50 -900	+60 -1200	+70 -1400	+80 -1800	+100 -2400

Lagerdata

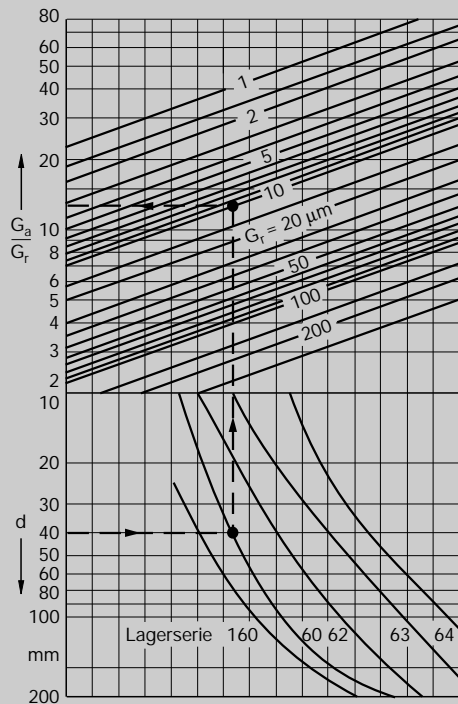
Lagerglapp

Lagerglapp

Med lagerglapp menas den sträcka, med vilken en lagerring kan förskjutas gentemot den andra i radiell riktning (radialglapp) eller i axiell riktning

(axialglapp) mellan ändlägena. Hos några lagertyper är radial- och axialglapp avhängiga av varandra, se tabell.

▼ Samband mellan radial- och axialglapp hos spårkullager



d = Håldiameter [mm]
 G_r = Radialglapp [μm]
 G_a = Axialglapp [μm]

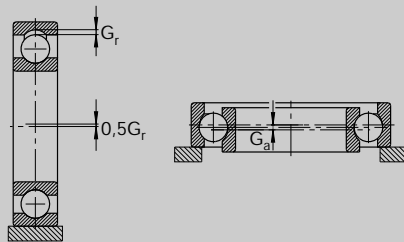
Exempel:
 Spårkullager 6008.C3 med $d = 40$ mm
 Radialglapp före montering: 15...33 μm
 Faktiskt radialglapp: $G_r = 24$ μm

Inbyggnadstoleranser: axel k5
 hus J6
 Radialglappminskning vid montering: 14 μm
 Radialglapp efter montering: 24 $\mu\text{m} - 14$ $\mu\text{m} = 10$ μm

Ur diagrammet erhålls: $G_a/G_r = 13$

Axialglapp: $G_a = 13 \cdot 10$ $\mu\text{m} = 130$ μm

▼ Lagerglapp G_a = Axialglapp, G_r = Radialglapp



▼ Samband mellan radial- och axialglapp hos andra lagertyper

Lagertyp	G_a/G_r
Vinkelkontaktkullager, enradiga serie 72B och 73B och parade	1,2
Fyrpunktlager	1,4
Vinkelkontaktkullager, tvåradiga serie 32 och 33	1,4
serie 32B och 33B	2
Sfäriska kullager	$2,3 \cdot Y_0^*)$
Koniska rullager, enradiga	$4,6 \cdot Y_0^*)$
Koniska rullager, parade (N11CA)	$2,3 \cdot Y_0^*)$
Sfäriska rullager	$2,3 \cdot Y_0^*)$

*) Y_0 -värdet ur lagertabellerna

Lagerdata

Lagerglapp

Man skiljer mellan glapp hos omonterade och glapp hos monterade driftvarma lager (driftglapp, driftspel). För att styra axeln så noggrant som möjligt skall driftglappet vara så litet så möjligt.

Glappet hos det omonterade lagret minskas vid monteringen genom lagerringarnas fasta passning. Glappet före montering måste därför i regel vara större än driftglappet. Dessutom minskas radialglappet under drift om innerringen, vilket oftast är fallet, blir varmare än yttringen.

Rullningslagrens radialglapp finns i normen DIN620. Normalglappet (glappgrupp CN) har valts så att lagret under normala monterings- och driftförhållanden får ett lämpligt driftglapp. Som normala passningar gäller:

	Axel	Hus
Kullager	j5...k5	H7...J7
Rullager	k5...m5	H7...M7

Avvikande montering eller driftförhållanden, t. ex. hårda passningar för båda lagerringarna eller en temperaturdifferens >10K, fordrar ytterligare radialglappgrupper. Den lämpliga glappgruppen väljs med hjälp av en passningsbetraktelse.

Efterbeteckningar för glappgrupper enligt DIN 620:

- C2 Radialglapp mindre än normalt (CN)
- C3 Radialglapp större än normalt (CN)
- C4 Radialglapp större än C3

För de viktigaste lagertyperna anges glappvärden för omonterade lager på sid 76...82.

Tabellerna innehåller dessutom värden utöver de i DIN 620 T4 (utgåva 08.87) fastlagda.

Minskning av radialglapp genom temperaturdifferens

Radialglappminskningen Δ_{Grt} genom temperaturdifferensen Δ_t [K] är vid ej ansatta lagringar ca:

$$\Delta_{Grt} = \Delta_t \cdot \alpha \cdot (d + D)/2 \text{ [mm]},$$

varvid

$\alpha = 0,000011 \text{ K}^{-1}$ linjär utvidningskoefficient för stål

d lagrets håldiameter [mm]

D lagrets ytterdiameter [mm]

Tillförs lagringen värme eller kyla måste man räkna med en större förändring av radialglappet. Radialglappet minskas om värmeförseln sker via axeln eller om huset kyls. Radialglappet ökar om värmeförseln sker via huset och axeln kyls. Vid snabb uppstart till driftvarvtalet erhålls större temperaturdifferenser mellan lagerringarna än i fortfarighetstillståndet. För att undvika förspänning av lagren bör man antingen öka uppstartningstiden eller välja ett större radialglapp än som är teoretiskt nödvändigt för fortfarighetstillståndet.

Minskning av radialglapp genom hårda passningar

Som tumregel kan man anta att 80 % av passningsövermättet vidgar innerringlöpbanan och 70 % av passningsövermättet snör ihop yttringlöpbanan (förutsättning: massiv axel av stål, stålhus med normal vägg tjocklek). För exaktare beräkningar finns beräkningsprogram.

Lagerdata

Lagerglapp

Radialglapp FAG spårkullager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	2,5 6	6 10	10 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225
----------------------	-------------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Glappvärden i µm

Glapp C2	min	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	
	max	7	7	9	10	11	11	11	15	15	18	20	23	23	25	30	32
Glapp CN (normal)	min	2	2	3	5	5	6	6	8	10	12	15	18	18	20	25	28
	max	13	13	18	20	20	20	23	28	30	36	41	48	53	61	71	82
Glapp C3	min	8	8	11	13	13	15	18	23	25	30	36	41	46	53	63	73
	max	23	23	25	28	28	33	36	43	51	58	66	81	91	102	117	132
Glapp C4	min		14	18	20	23	28	30	38	46	53	61	71	81	91	107	120
	max		29	33	36	41	46	51	61	71	84	97	114	130	147	163	187

Radialglapp för FAG sfäriska kullager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160
----------------------	-------------	---	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------

med cylindriskt hål

Glappvärden i µm

Glapp C2	min	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	15
	max	8	9	10	12	14	16	18	19	21	24	27	31	38	44
Glapp CN (normal)	min	5	6	6	8	10	11	13	14	16	18	22	25	30	35
	max	15	17	19	21	23	24	29	31	36	40	48	56	68	80
Glapp C3	min	10	12	13	15	17	19	23	25	30	35	42	50	60	70
	max	20	25	26	28	30	35	40	44	50	60	70	83	100	120
Glapp C4	min	15	19	21	23	25	29	34	37	45	54	64	75	90	110
	max	25	33	35	37	39	46	53	57	69	83	96	114	135	161

med koniskt hål

Glappvärden i µm

Glapp C2	min					7	9	12	14	18	23	29	35	40	45
	max					17	20	24	27	32	39	47	56	68	74
Glapp CN (normal)	min					13	15	19	22	27	35	42	50	60	65
	max					26	28	35	39	47	57	68	81	98	110
Glapp C3	min					20	23	29	33	41	50	62	75	90	100
	max					33	39	46	52	61	75	90	108	130	150
Glapp C4	min					28	33	40	45	56	69	84	100	120	140
	max					42	50	59	65	80	98	116	139	165	191

225 250	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000	1000 1120	1120 1250	1250 1400	1400 1600
4 36	4 39	8 45	8 50	8 60	10 70	10 80	20 90	20 100	30 120	30 130	30 150	40 160	40 170	40 180	60 210	60 230
31 92	36 97	42 110	50 120	60 140	70 160	80 180	90 200	100 220	120 250	130 280	150 310	160 340	170 370	180 400	210 440	230 480
87 152	97 162	110 180	120 200	140 230	160 260	180 290	200 320	220 350	250 390	280 440	310 490	340 540	370 590	400 640	440 700	480 770
140 217	152 237	175 260	200 290	230 330	260 370	290 410	320 460	350 510	390 560	440 620	490 690	540 760	590 840	640 910	700 1000	770 1100

Axialglapp för FAG tvåradiga vinkelkontaktkullager serie 32, 32B, 33, 33B

Mått i mm

Nomiell håldiameter	över t.o.m.	6 10	10 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140
------------------------	----------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------

Glappvärden i µm

Glapp C2	min	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	max	11	12	14	15	16	18	22	24	26	30	34
Glapp CN (normal)	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	21	23	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Glapp C3	min	12	13	16	18	21	23	26	30	35	42	48
	max	28	31	34	37	40	44	48	54	63	73	82
Glapp C4	min	25	27	28	30	33	36	40	46	55	65	74
	max	45	47	48	50	54	58	63	71	83	96	108

Axialglapp för FAG tvåradiga vinkelkontaktkullager serie 32DA och 33DA

Glappvärden i µm

Glapp C2	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	22	24	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Glapp CN (normal)	min	11	13	14	16	18	22	25	29	35	42	48
	max	28	31	32	35	38	44	48	54	63	73	82
Glapp C3	min	20	23	24	27	30	36	40	46	55	65	74
	max	37	41	42	46	50	58	63	71	83	96	108

Axialglapp för FAG fyrpunktlager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	18	18 40	40 60	60 80	80 100	100 140	140 180	180 220	220 260	260 300	300 355	355 400
----------------------	-------------	----	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Glappvärden i µm

Glapp	min max	20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180
		C2	60	70	90	100	120	140	160	180	200	220	240
Glapp CN (normal)	min max	50	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220	250
		90	110	130	140	160	180	200	220	240	280	300	330
Glapp C3	min max	80	100	120	130	140	160	180	200	220	260	280	310
		120	150	170	180	200	220	240	260	300	340	360	390

Radialglapp för en- och tvåradiga FAG cylindriska rullager och nålrullager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250
----------------------	-------------	----	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

med cylindriskt hål

Glappvärden i µm

Glapp	min max	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	15
		C1NA ¹⁾	15	15	15	18	20	25	30	30	35	35	40	45	50
Glapp C2	min max	0	0	5	5	10	10	15	15	15	20	25	35	45	45
		25	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75	90	105	110
Glapp CN (normal)	min max	20	20	25	30	40	40	50	50	60	70	75	90	105	110
		45	45	50	60	70	75	85	90	105	120	125	145	165	175
Glapp C3	min max	35	35	45	50	60	65	75	85	100	115	120	140	160	170
		60	60	70	80	90	100	110	125	145	165	175	195	220	235
Glapp C4	min max	50	50	60	70	80	90	105	125	145	165	170	195	220	235
		75	75	85	100	110	125	140	165	190	215	220	250	280	300

med koniskt hål

Glappvärden i µm

Glapp	min max	10	15	15	17	20	25	35	40	45	50	55	60	60	65
		C1NA ¹⁾	20	25	25	30	35	40	55	60	70	75	85	90	95
Glapp C2	min max	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	75	85	95	105
		40	45	45	55	60	70	75	90	100	110	125	140	155	170
Glapp CN (normal)	min max	30	35	40	45	50	60	70	90	100	110	125	140	155	170
		55	65	65	75	80	95	105	130	145	160	175	195	215	235
Glapp C3	min max	40	45	55	60	70	85	95	115	130	145	160	180	200	220
		65	70	80	90	100	120	130	155	175	195	210	235	260	285
Glapp C4	min max	50	55	70	75	90	110	120	140	160	180	195	220	245	270
		75	80	95	105	120	145	155	180	205	230	245	275	305	335

400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------

200 290	220 310	240 330	260 360	280 390	300 420	330 460	360 500
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

270 360	290 390	310 420	340 450	370 490	400 540	440 590	480 630
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

340 430	370 470	400 510	430 550	470 590	520 660	570 730	620 780
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000	1000 1120	1120 1250	1250 1400	1400 1600	1600 1800	1800 2000
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

20 55	20 60	20 65	25 75	25 85	25 95	25 100	30 110	30 130	35 140	35 160	35 180	50 200	60 220	60 240	70 270	80 300	100 320
----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

55 125	55 130	65 145	100 190	110 210	110 220	120 240	140 260	145 285	150 310	180 350	200 390	220 430	230 470	270 530	330 610	380 700	400 760
-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

125 195	130 205	145 225	190 280	210 310	220 330	240 360	260 380	285 425	310 470	350 520	390 580	430 640	470 710	530 790	610 890	700 1020	760 1120
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

190 260	200 275	225 305	280 370	310 410	330 440	360 480	380 500	425 565	470 630	520 690	580 770	640 850	710 950	790 1050	890 1170	1020 1340	1120 1480
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------	--------------

260 330	275 350	305 385	370 460	410 510	440 550	480 600	500 620	565 705	630 790	690 860	770 960	850 1060	950 1190	1050 1310	1170 1450	1340 1660	1480 1840
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

75 110	80 120	90 135	100 150	110 170	120 190	130 210	140 230	160 260	170 290	190 330	210 360	230 400	250 440	270 460	300 500	320 530	340 560
-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

115 185	130 205	145 225	165 255	185 285	205 315	230 350	260 380	295 435	325 485	370 540	410 600	455 665	490 730	550 810	640 920	700 1020	760 1120
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------

185 255	205 280	225 305	255 345	285 385	315 425	350 470	380 500	435 575	485 645	540 710	600 790	665 875	730 930	810 1070	920 1200	1020 1340	1120 1480
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------	--------------

240 310	265 340	290 370	330 420	370 470	410 520	455 575	500 620	565 705	630 790	700 870	780 970	865 1075	960 1200	1070 1330	1200 1480	1340 1660	1480 1840
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

295 365	325 400	355 435	405 495	455 555	505 615	560 680	620 740	695 835	775 935	860 1030	960 1150	1065 1275	1200 1440	1330 1590	1480 1760	1660 1980	1840 2200
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

¹⁾ En- och tvåradiga cylindriska rullager med SP och UP tolerans har lagerglapp C1NA.

Radialglapp för FAG tvåradiga sfäriska rullager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250
-------------------------	----------------	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

med cylindriskt hål

Glappvärden i µm

Glapp C2	min max	10 20	15 25	15 30	20 35	20 40	30 50	35 60	40 75	50 95	60 110	65 120	70 130	80 140	90 150
Glapp CN (normal)	min max	20 35	25 40	30 45	35 55	40 65	50 80	60 100	75 120	95 145	110 170	120 180	130 200	140 220	150 240
Glapp C3	min max	35 45	40 55	45 60	55 75	65 90	80 110	100 135	120 160	145 190	170 220	180 240	200 260	220 290	240 320
Glapp C4	min max	45 60	55 75	60 80	75 100	90 120	110 145	135 180	160 210	190 240	220 280	240 310	260 340	290 380	320 420

med koniskt hål

Glappvärden i µm

Glapp C2	min max	15 25	20 30	25 35	30 45	40 55	50 70	55 80	65 100	80 120	90 130	100 140	110 160	120 180	140 200
Glapp CN (normal)	min max	25 35	30 40	35 50	45 60	55 75	70 95	80 110	100 135	120 160	130 180	140 200	160 220	180 250	200 270
Glapp C3	min max	35 45	40 55	50 65	60 80	75 95	95 120	110 140	135 170	160 200	180 230	200 260	220 290	250 320	270 350
Glapp C4	min max	45 60	55 75	65 85	80 100	95 120	120 150	140 180	170 220	200 260	230 300	260 340	290 370	320 410	350 450

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

100	110	120	130	140	140	150	170	190	210	230	260	290	320	350	380
170	190	200	220	240	260	280	310	350	390	430	480	530	580	630	700

170	190	200	220	240	260	280	310	350	390	430	480	530	580	630	700
260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020

260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390

350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
460	500	550	600	660	720	780	850	920	1010	1120	1220	1430	1560	1700	1890

150	170	190	210	230	260	290	320	350	390	440	490	540	600	660	740
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060

220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380

300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750

390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
490	540	590	650	720	790	870	980	1090	1220	1370	1520	1650	1800	1960	2200

Radialglapp för FAG enradiga sfäriska rullager

Mått i mm

Nominell håldiameter	över t.o.m.	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	225	250	280	315	355
-------------------------	----------------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

med cylindriskt hål

Glappvärden i µm

Glapp C2	min	2	3	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	40	45
	max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
Glapp CN (normal)	min	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
	max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Glapp C3	min	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
	max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Glapp C4	min	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
	max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175

med koniskt hål

Glappvärden i µm

Glapp C2	min	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
	max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Glapp CN (normal)	min	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
	max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Glapp C3	min	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
	max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
Glapp C4	min	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
	max	55	60	65	75	95	120	125	140	155	160	165	170	175	205	210

Lagermaterial

Lagrens prestanda påverkas i hög utsträckning av det använda materialet.

Materialet i FAG lagerringar och rullkroppar är i regel ett läglegerat genomhärdat kromstål med extremt hög renhet. För lager som utsätts för kraftiga stöt- eller växlande belastningar används även sätthärdningsmaterial (leverans på förfrågan).

Framför allt genom den förbättrade kvaliteten hos rullningslagerstål - de är numera vacuumavgasade - kunde FAG höja bärighetstalet betydligt under senare år. Såväl forskningsresultat som praktisk erfarenhet bekräftar att lager tillverkade i dagens standardmaterial vid normala belastningar samt gynnsamma smörj- och renhetsförhållanden kommer att nå oändlig livslängd.

FAG lagerringar och rullkroppar är i regel värmebehandlade för att vara måttstabila upp till 150 °C. För högre drifttemperaturer krävs särskild värmebehandling (se avsnittet "Lämplighet för höga temperaturer" sid 96).

FAG tillverkar keramik-hybridhögprecisionslager med kulor av siliciumnitrid. Jämfört med stål-kulor är keramikkulorna betydligt lättare. Masskrafter och friktion reduceras betydligt. Hybridlager möjliggör högsta varvtal även med fett-smörjning, lång brukbarhetstid och låga drifttemperaturer.

Hållareutföranden

Hållarens viktigaste uppgifter är:

- att hålla isär rullkropparna för att minska friktion och värmeutveckling,
- att positionera rullkropparna med lika avstånd för att fördela belastningen jämnt,
- att hindra rullkropparna att ramla ur lagret vid isärtagbara eller snedställbara lager,
- att styra rullkropparna i lagrets obelastade zon.

Rullningslagerhållare kan delas in i plåthållare och massivhållare.

Plåthållare tillverkas övervägande av stål, för några lager även av mässing. I förhållande till massivhållare av metall har de fördelen av lägre massa. Eftersom en plåthållare bara tar en del av platsen mellan inner- och ytterring när smörjmedlet lätt lagrets inre och magasineras på själva hållaren. Beteckningen för plåthållare av stål anges endast i de fall, där den inte är standardutförande för lagret.

Massivhållare tillverkas av metall, kompositmaterial eller plast. De anges i lagerbeteckningen.

Massivhållare av metall används vid höga krav på hållarens hållfasthet och vid höga temperaturer.

Massivhållare används också om en flänsstyrning av hållaren erfordras. Flänsstyrda hållare för snabbroterande lager tillverkas ofta i lätta material som lättmetall eller kompositmaterial för att hålla masskrafterna låga.

Massivhållare av polyamid 66 sprutas. Hållaren kan därför optimeras för högsta bärighet. Polyamidens elasticitet och låga massa är gynnsam vid stötblastningar, höga accelerationer och retardationer samt vid snedställning av lagerringarna mot varandra. Polyamidhållaren har goda glidegenskaper även vid smörjmedelsbortfall.

Lagerdata

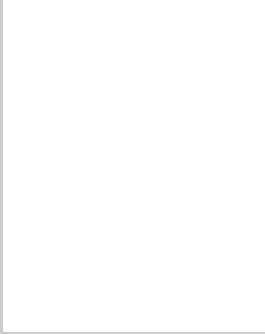
Hållare

▼ Exempel på lagerhållare

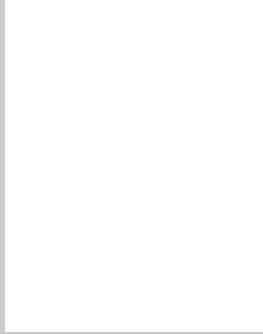
Stålplåthållare: flikhållare (a) och nitad hållare (b) för spärkullager.

Massivhållare av mässing: nitad massivhållare (c) för spärkullager, fönsterhållare av mässing (d) för vinkelkontaktkullager, bomnitad mässinghållare (e) för cylindriska rullager.

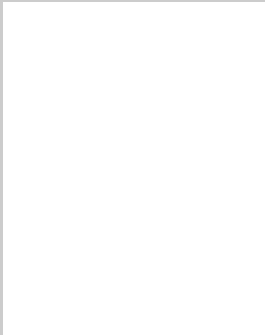
Massivhållare av glasfiberarmerad polyamid: fönsterhållare (f) för enradigt vinkelkontaktkullager, fönsterhållare (g) för cylindriskt rullager.



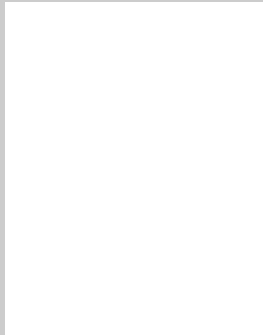
a



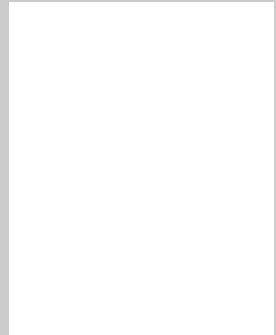
b



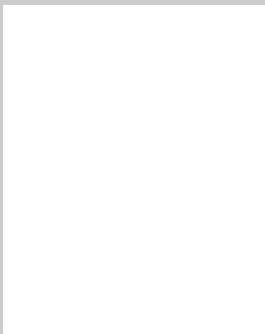
c



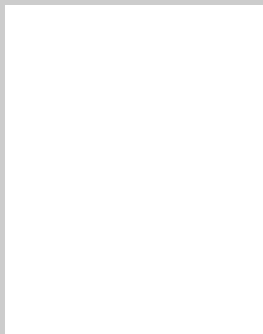
d



e



f



g

Lagerdata

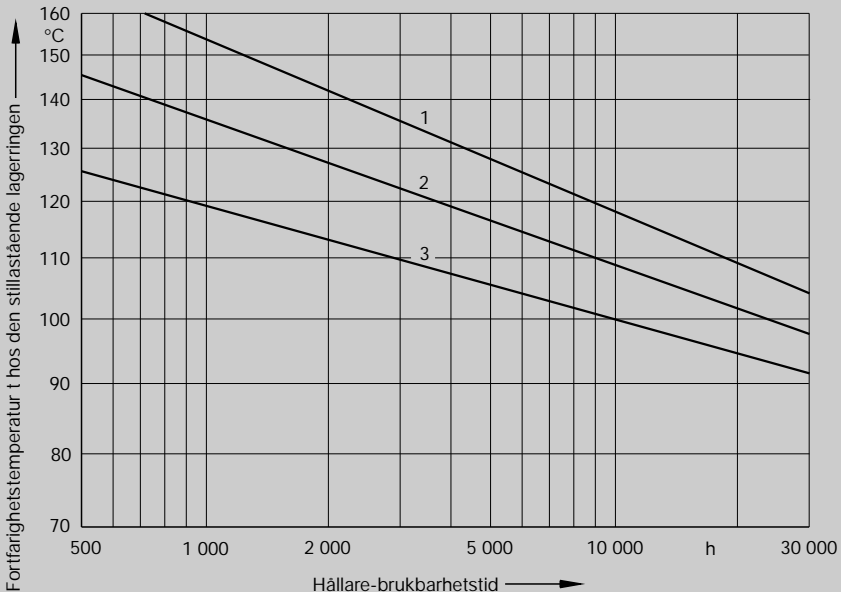
Hållare

Hållare av glasfiberarmerad polyamid 66 är lämpliga för drifttemperaturer upp till 120 °C.

Vid oljesmörjning kan additiv i oljan påverka hållare-brukbarhetstiden. Diagrammet visar sammanhanget mellan hållare-brukbarhetstiden, fortfarighetstemperaturen hos den stillastående lagerringen och smörjmedlet.

Även åldrad olja kan vid högre temperaturer påverka hållare-brukbarhetstiden, varför det är viktigt att följa rekommenderade oljebytesintervaller.

▼ Polyamidfönsterhållares (PA66-GF25) brukbarhetstid. Kurvorna gäller fortfarighetstemperatur. Verkar den höga temperaturen bara kortvarigt kan hållare-brukbarhetstiden ökas.
1 = Rullningslager-smörjfett K enligt DIN 51825, motorolja eller maskinolja, 2 = växellådsolja, 3 = hypoidolja



Lagerdata

Hållare · Lämplighet för höga varvtal

Ett annat kriterium att skilja hållare åt är **hur de styrs**. De flesta hållarna är rullkroppsstyrda och har ingen efterbeteckning för arten av styrning. Vid ytterringstyrning används efterbeteckningen A. Hållare som styrs på innerringen har efterbeteckningen B.

För normala driftförhållanden är i regel standardhållaren tillräcklig. Standardhållarna, som inom en lagserie kan vara i olika utföranden beroende på lagerstorlek, beskrivs närmare i texten som föregår måttabellerna. Speciella driftförhållanden kan kräva speciella lagerutföranden.

Lämplighet för höga varvtal

Kriterier för uppnåbart varvtal

I allmänhet begränsas det uppnåbara varvtalet genom den tillåtna drifttemperaturen (beakta temperaturpåverkan på brukbarhetstiden för poly-amidhållare, se sid 85).

Drifttemperaturen sammanhänger även med i lagret producerad friktionsvärme, eventuellt av värmefyllförseln eller kylning utifrån. Faktorer som påverkar det termiskt tillåtna gränsvärdet är lagertyp, lagerstorlek, lagrets och omgivningsdelarnas noggrannhet, lagerglapp, hållareutförande, smörjning och belastning.

Som ny faktor för varvtalslämpligheten anges i måttabellerna för de flesta lagren ett **termiskt referensvarvtal**. FAG har beräknat det enligt den i DIN 732 del 1 (förslag) beskrivna metoden för driftförhållanden.

DIN 732 del 2 innehåller en metod för att fastställa det **termiskt tillåtna driftvarvtalet** för sådana fall, där driftförhållandena avviker från de nominella förhållanden som t. ex. belastning, oljeviskositet eller tillåten temperatur. FAG har sammanställt diagram för bestämning av dessa faktorer, se sid 88.

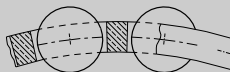
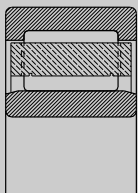
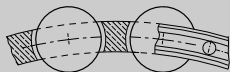
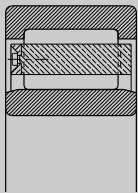
Ett annat gränskriterium är det **kinematiskt tillåtna varvtalet**, som kan avvika från det termiska nominella varvtalet uppåt eller nedåt. Denna nya faktor anges i lagertabellerna även för lager där man enligt norm inte har definierat ett termiskt referensvarvtal, t. ex. lager med frikterande tätningar. Det kinematiskt tillåtna varvtalet får endast överskridas med FAG:s godkännande.

Principiellt måste man ge akt på att belastningen vid höga varvtal och höga accelerationer inte får bli för låg, se även "Minimibelastning av rullningslager" sid 33.

Kinematiskt tillåtet varvtal enligt FAG

Bestämmande för det kinematiskt tillåtna varvtalet är t. ex. lagerdelarnas hållfasthetsgränser, lagrets ljudnivå eller frikterande tätningars glidhastighet. Hos lager med frikterande tätningar (utförande RSR, 2RSR, hos smålager RS, 2RS) är

▼ Rullningslagerhållare kan vara rullkroppsstyrda (ovan) eller flänsstyrda (nedan)



Lagerdata

Lämplighet för höga varvtalet

det kinematiskt tillåtna varvtalet betydligt lägre än det termiska referensvarvtalet hos lika stora lager utan tätningar.

Hos lager med icke frikerande tätningar (ZR, 2ZR, hos smålager Z, 2Z) är det kinematiska tillåtna varvtalet lägre än hos ej avtätade lager.

Kinematiskt tillåtna varvtal som ligger högre än det termiska referensvarvtalet uppnås t. ex. genom

- speciella åtgärder för smörjning
- exakt fastläggande av lagerglapp i förhållande till driftförhållanden
- noggrann bearbetning av lagersäten
- hänsyn till värmeflöde

För lager som inte finns i DIN732 saknas termiska referensvarvtal i tabellerna. Värdet för det kinematiskt tillåtna varvtalet gäller i sådana fall för en normal belastning av $P/C \approx 0,1$, en drifttemperatur av $70\text{ }^\circ\text{C}$, oljesumpsmörjning och normala inbyggnadsförhållanden. Vid fettsmörjning måste värdena reduceras ca 20 %.

Termiskt referensvarvtal

Det termiska referensvarvtalet n_{Θ} definieras i utkastet DIN 732 del 1 som varvtalet, vid vilket referenstemperaturen uppnås. Man har då uppnått jämvikt mellan den i lagret orsakade friktionseffekten och det genom lagersätena - hos axiallager även genom smörjmedlet - ur lagret ledde värmeflödet.

Referensvillkoren sammanhänger med de normala driftförhållanden för de vanligaste rullningslagren. De gäller enhetligt för samtliga lagertyper och lagerstorlekar. De omfattar inte högprecisionslager, fyrpunktlager, enradiga sfäriska rullager eller axialspårkullager.

Referensvarvtalet skiljer sig delvis från hittills angivna varvtalsgränser. Referensvillkoren är valda så att man för såväl olje- som fettsmörjning får samma referensvarvtal:

- Referenstemperatur $70\text{ }^\circ\text{C}$, mätt på lagrets ytterring; referenstemperatur hos C_0 omgivningen $20\text{ }^\circ\text{C}$
- Referensbelastning 5 % av det statiska bärighetstalet C_0 ; hos radiallager ren radialbelastning, hos axiallager en centriskt verkande axialbelastning
- fettsmörjning av radiallager med litiumtvälfett på mineralolja utan EP-tillsatser (grundolja viskositeten $22\text{ mm}^2/\text{s}$ vid $70\text{ }^\circ\text{C}$); fettfylld motvarande 30 % av fria hålrum oljesmörjning hos radiallager med normala mineraloljor utan EP-tillsatser; kinematisk viskositet $12\text{ mm}^2/\text{s}$ (vid $70\text{ }^\circ\text{C}$); oljesumpsmörjning med oljenivå upp till mitten på den nedersta rullkroppen
- oljesmörjning hos axiallager med normala mineraloljor utan EP-tillsatser; kinematisk viskositet (vid $70\text{ }^\circ\text{C}$) $48\text{ mm}^2/\text{s}$ för cylindriska axialrullager och $24\text{ mm}^2/\text{s}$ för sfäriska axialrullager; uteslutande oljecirkulationssmörjning
- smörjmedelsföreningar inom tillåtna gränsvärden
- rullningslager i normalutförande, dvs normal noggrannhet, normalglapp och utan frikerande tätning
- lagermontering med stillastående ytterring, vägrät axel och normala passningar så att lagret får normalt driftspel
- normal belastningsfördelning i lagret, dvs ingen påverkan från uppriktningsfel eller snedställningar, genom deformationer hos inbyggnadsdelarna, genom centrifugalkrafter på rullkroppar, genom förspänning eller för stort driftspel
- värmeavledning ur lagret över normerade referensytor beroende på lagertypen; varur rullningslagerspecifika referensvärmefflödestätheten beräknas för värmeflödet som avleds över lagersätet och vid oljecirkulationssmörjning (axiallager) via smörjmedlet

Det termiska referensvarvtalet n_{Θ} erhålls genom en iterationsberäkning ur energibalansen vid referensförhållanden. Den i lagret orsakade friktionseffekten likställs med avledd värmeeström.

Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

Termiskt tillåtet referensvarvtal

Det termiskt tillåtna driftvarvtalet n_{till} är varvtalet, vid vilket medellagertemperaturen under reella driftförhållanden när det tillåtna värdet. Det beräknas genom att multiplicera det termiska referensvarvtalet n_{Or} med faktorn för det termiska varvtalsförhållandet f_N .

$$n_{\text{till}} = n_{\text{Or}} \cdot f_N$$

Faktorn f_N tar hänsyn till reella driftförhållanden. Dess beräkning finns angiven i DIN 732 del 2 (f.n. under utarbetning).

FAG-metoden för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet n_{till} baserar sig på normutkastet. I stället för formler använder vi dock diagram för radialkullager, radialrullager och axialrullager för att underlätta bestämningen. För en noggrannare beräkning, kontakta FAG teknisk service.

Varvtalsförhållandet f_N erhålls approximativt som produkt ur belastningsparametern f_p , temperaturparametern f_t och en smörjningsparameter f_{v40} .

$$f_N = f_p \cdot f_t \cdot f_{v40}$$

För f_N -värden > 1 , dvs vid överskridandet av det termiska referensvarvtalet, måste man beakta åtgärderna i avsnittet "Kinematiskt tillåtet varvtal" sid 87.

Diagram för belastningsparameter f_p

Belastningsparameter f_p är framställd ur sambandet mellan lagrets medeldiameter $d_m = (D+d)/2$ och förhållandet P/C_0 (dynamisk ekvivalent belastning/statiskt bärlighetstal).

Diagram 1 innehåller kurvorna för alla radialkullager, diagram 3 för alla radialrullager och diagram 5 för axialrullager.

Diagram för temperaturparameter f_t

Ur diagrammen 2, 4 och 6 (vardera den övre delen) erhålls för ytteringstemperaturer mellan 30°C och 110°C produkten av temperaturparametern f_t med det tidigare framtagna värdet för f_p .

Diagrammen är likartade för alla normerade lagertyper.

Diagram för smörjningsparametern f_{v40}

I nedre delen i diagram 2 (radialkullager) och 4 (radialrullager) kan via smörjningsparametern f_{v40} varvtalsförhållandet, för nominella viskositeter v_{40} från 10 till $1500 \text{ mm}^2/\text{s}$, beräknas.

Genom ett särskilt diagram 6 i mitten resp. nedtill tar man hänsyn till att normen för cylindriska axialrullager anger en driftviskositet $v_{70} = 48 \text{ mm}^2/\text{s}$ (motsvarar nominell viskositet $v_{40} = 204 \text{ mm}^2/\text{s}$) och för sfäriska axialrullager $v_{70} = 24 \text{ mm}^2/\text{s}$ (motsvarar nominell viskositet $v_{40} = 84 \text{ mm}^2/\text{s}$).

Exempel för användning av diagrammen

Spårkullager 6216 med $d_m = 110 \text{ mm}$

$$P/C_0 = 0,1$$

Ur diagram 1 erhålls $f_p = 0,94$.

Antagande: ytteringstemperatur $t = 90^\circ\text{C}$.

Ur den övre delen i diagram 2, bildas med $f_p = 0,94$ snittpunkten till motsvarande temperaturkurva. Resultat:

$$f_p \cdot f_t = 1,4.$$

Med denna produkt går man i diagram 2, nedre delen, och erhåller för den nominella viskositeten $v_{40} = 36 \text{ mm}^2/\text{s}$ varvtalsförhållandet

$$f_N = 1,4.$$

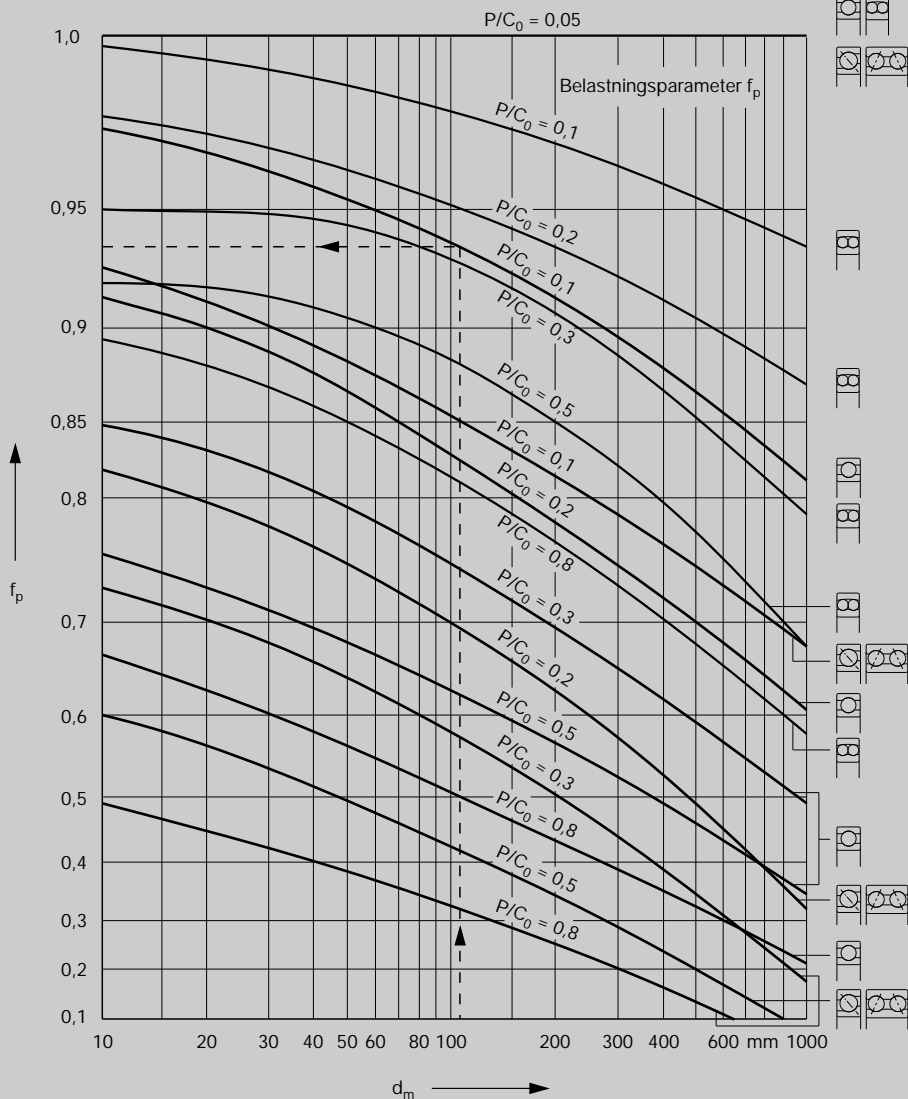
Vid de antagna driftförhållanden erhålls ett termiskt driftvarvtal som är 1,4 ggr det termiska referensvarvtalet, alltså

$$1,4 \cdot 6300 \text{ min}^{-1} \approx 8800 \text{ min}^{-1}.$$

Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

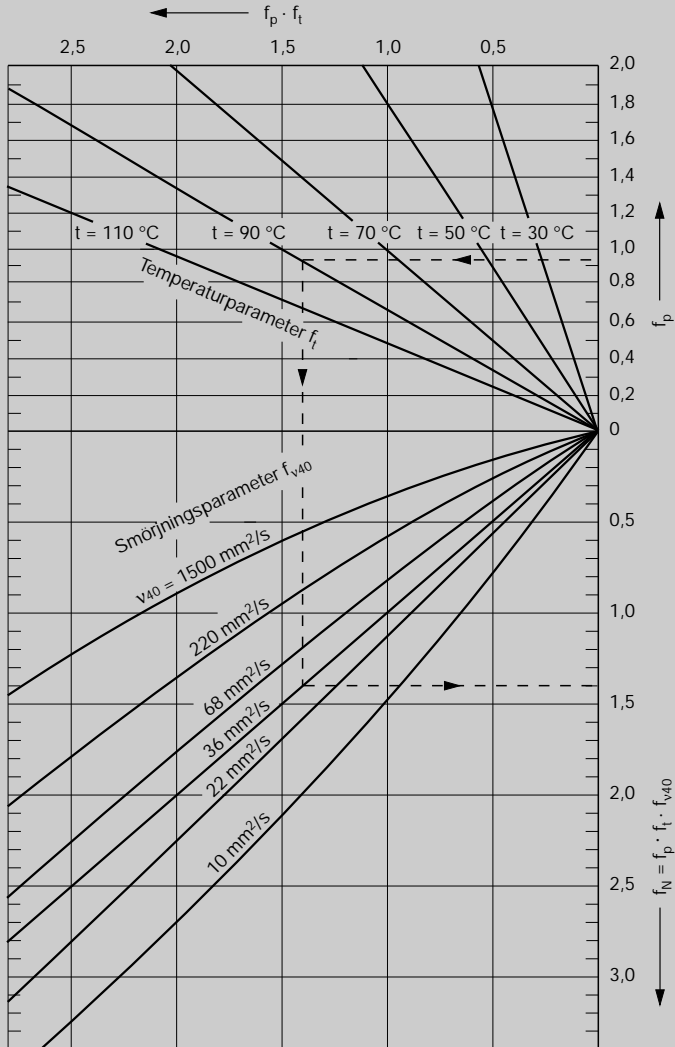
▼ Diagram 1: Belastningsparameter f_p för radialkullager för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet



Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

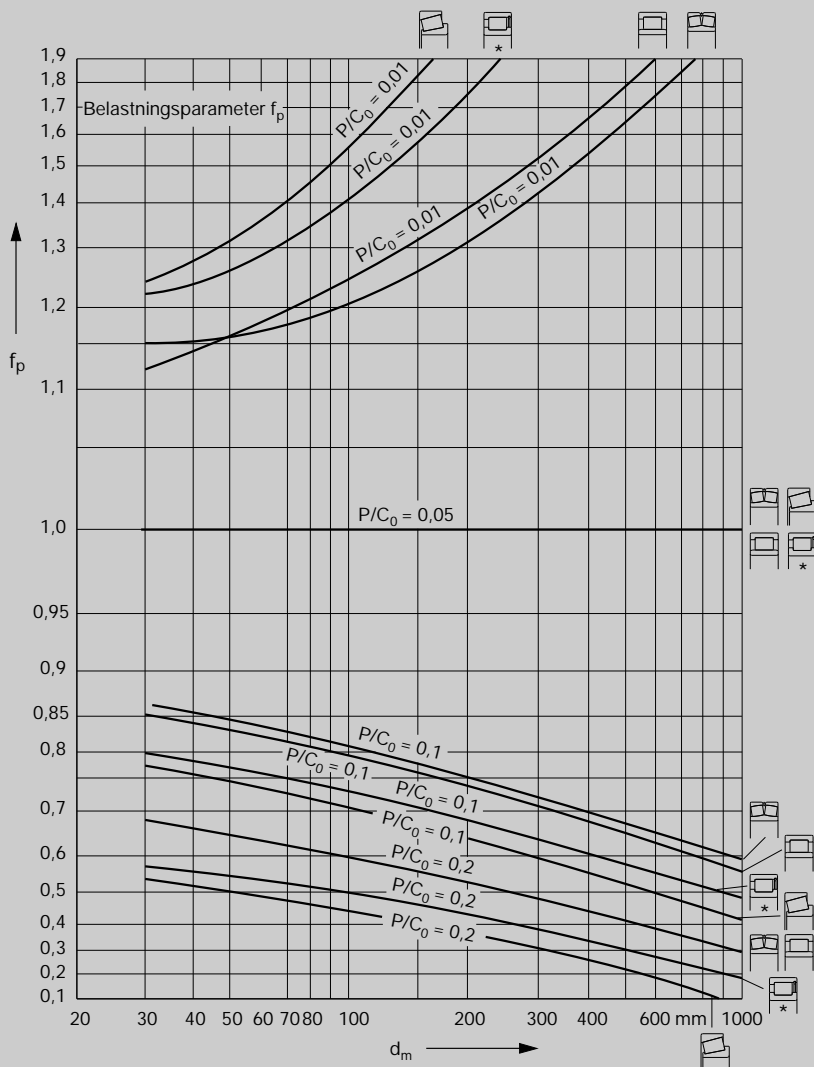
▼ Diagram 2: Temperaturparameter f_t (övre delen), smörjningsparameter f_{v40} och varvtalsförhållandet f_N (nedre delen) för radialkullager för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet



Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

▼ Diagram 3: Belastningsparameter f_p för radialrullager för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet

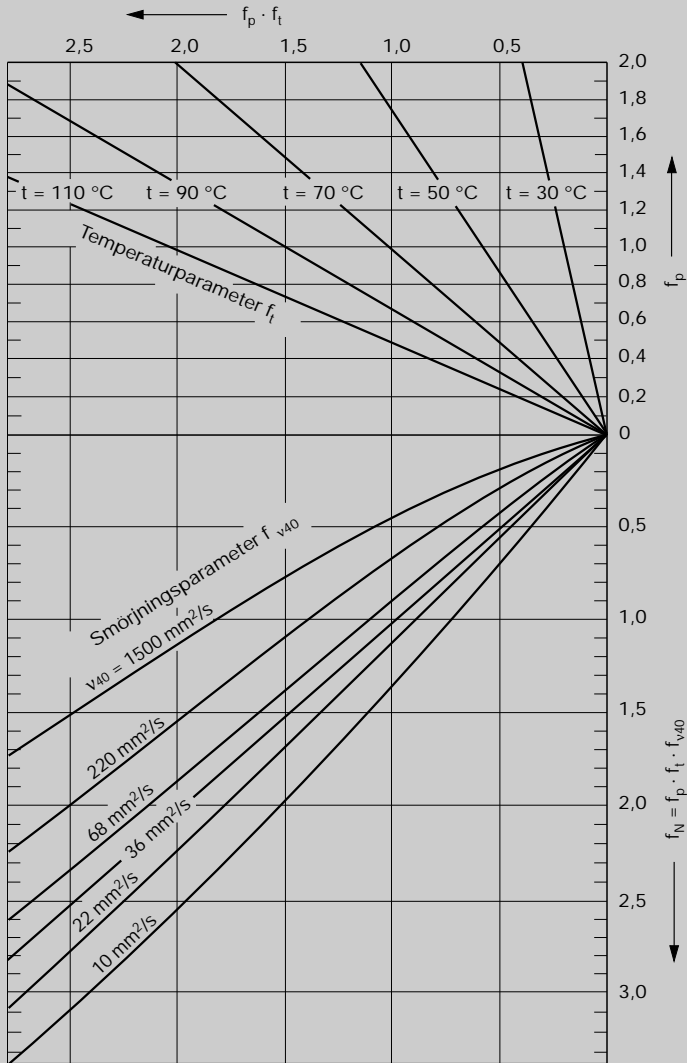


* fullrulliga cylindriska rullager

Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

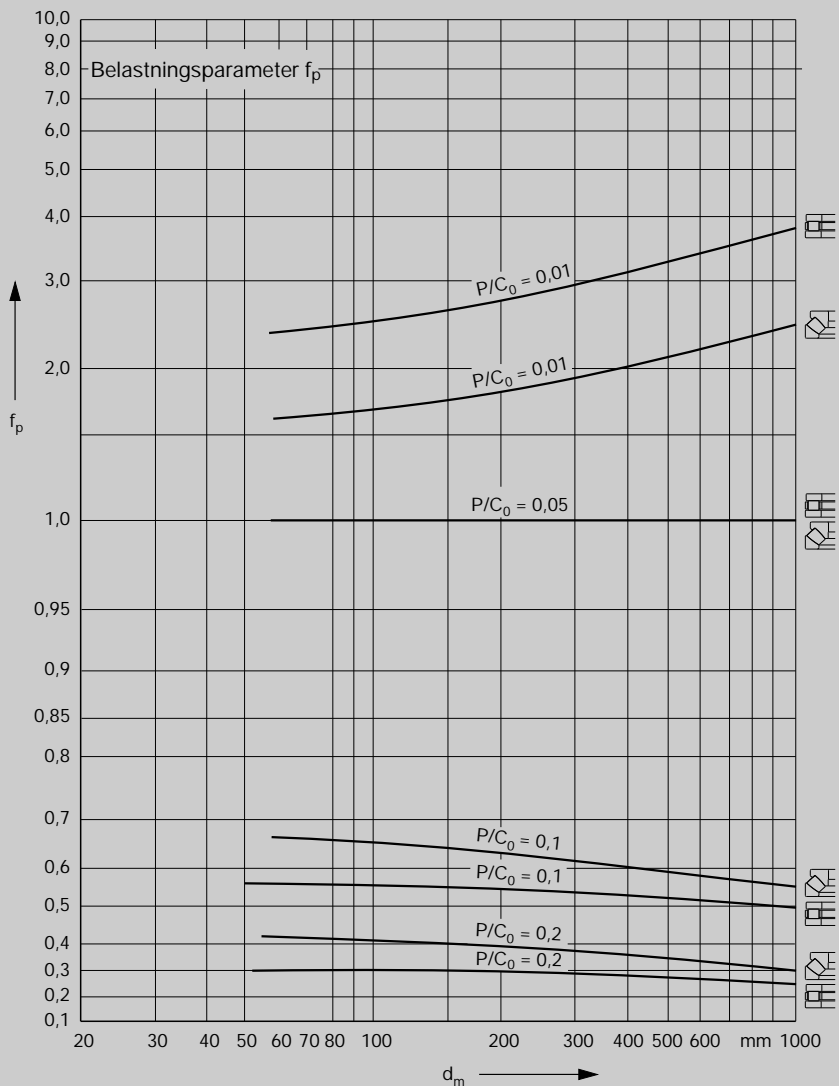
▼ Diagram 4: Temperaturparameter f_t (övre delen), smörjningsparameter f_{v40} och varvtalsförhållandet f_N (nedre delen) för radialrullager för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet



Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

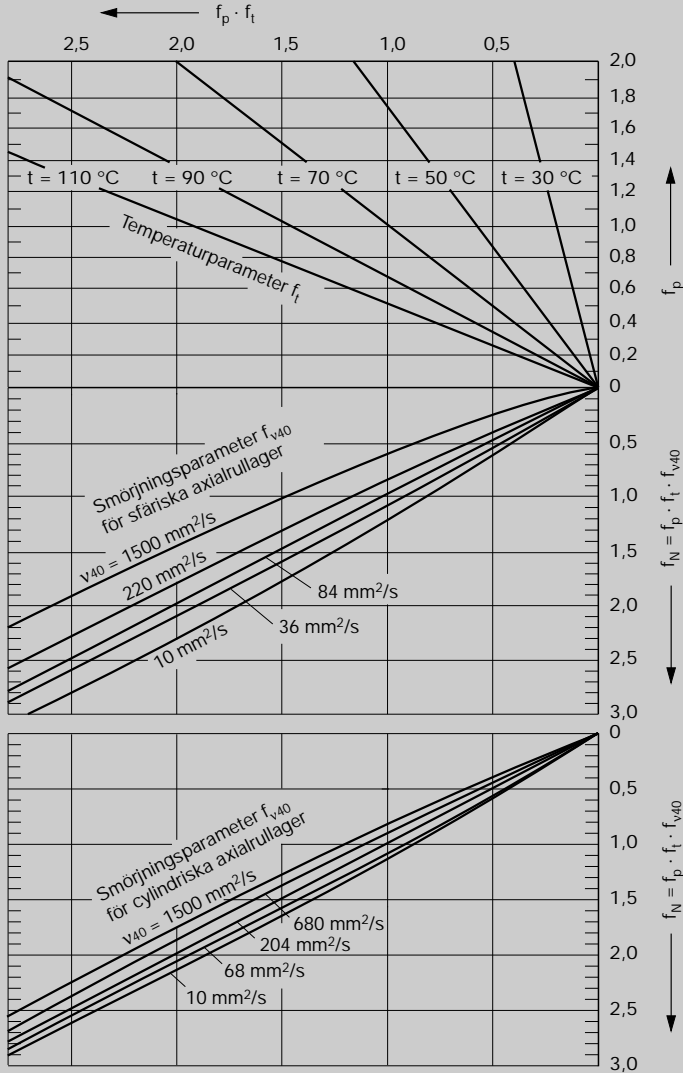
▼ Diagram 5: Belastningsparameter f_p för axialrullager för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet



Lagerdata

Lämplighet för höga varvtal

▼ Diagram 6: Temperaturparameter f_t för axialrullager (övre delen), smörjningsparameter f_{v40} och varvtalsförhållandet f_N för sfäriska axialrullager (i mitten) och för cylindriska axialrullager (nedre delen) för bestämning av det termiskt tillåtna driftvarvtalet.



Lagerdata

Lämplighet för höga temperaturer

Lämplighet för höga temperaturer

FAG rullningslager upp till 240 mm ytterdiameter är värmebehandlade så att de i regel är måttstabila till +150 °C. Lager för drifttemperaturer över +150 °C kräver en speciell värmebehandling och får då efterbeteckningen S1...S4 (DIN 623). Eventuella undantag finns i förklaringarna framför tabellerna i resp. katalogsnitt.

Efterbeteckning	S1	S2	S3	S4
max. drifttemperatur	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C

Lager med en ytterdiameter överstigande 240 mm är generellt måttstabiliserade till +200 °C.

Lager med hållare av glasfiberarmerad polyamid 66 lämpar sig för fortfarighetstemperaturer upp till 120 °C. Vid oljesmörjning kan additiv i oljan leda till en förkortning av hållare-brukbarhetstiden. Även äldrad olja kan vid högre temperatur påverka hållare-brukbarhetstiden, varför det är viktigt att beakta oljebytesintervallerna, se även sid 85.

Hos avtätade lager är den tillåtna temperaturen dessutom beroende av kraven på fettets reallivslängd samt den frikterande tätningens verkan.

Avtätade FAG lager är smorda med speciellt utprovade högkvalitativa litiumtvåfetter. Dessa fetter tål temperaturtoppar upp till +120 °C. Fr.o.m. 70 °C fortfarighetstemperatur måste man hos standardfetter på litiumtvåbas räkna med en minskning av fettbrukbarhetstiden.

Många gånger krävs specialfetter om man vid höga temperaturer vill nå tillräcklig brukbarhetstid. I sådana fall bör även kontrolleras om man måste använda tätningar i speciellt värmebeständigt material. Användningsgränsen för normala frikterande tätningar är +110 °C.

Vid användning av syntetiska högtemperaturmaterial för tätningar och fetter måste man beakta att fluorerade material vid uppvärmning till ca 300 °C och högre kan avge hälsovådliga gaser och ångor. Ett sådant fall kan inträffa om man vid demontering av lagret t. ex. använder öppen låga. FAG använder fluorerade material för tätningar i fluorgummi (FKM, FPM, t. ex. viton®) eller fluorerade smörjmedel som t. ex. FAG smörjfett Arcanol L79V. Kan man av olika skäl inte undvika den förhöjda temperaturen skall rekommendationerna i varuinformationsbladet, som erhålls på förfrågan, beaktas.