

Smering

Het maximum toelaatbare toerental waarbij een bepaald vet nog kan worden gebruikt, wordt ook bepaald door de olieviscositeit. Verder wordt het toelaatbare toerental voor vet beïnvloed door de afschuifsterkte van het vet, die wordt bepaald door de verdikker. Vetleveranciers geven vaak een "toerentalfactor" op om de toerentalgrens aan te geven:

$$A = n \cdot d_m$$

waarbij

A = toerentalfactor, mm/min

n = toerental, min^{-1}

d_m = gemiddelde lagerdiameter
= $0,5 (d + D)$, mm

Voor toepassingen die bij zeer hoge toerentalen werken, bijvoorbeeld bij $A > 700\,000$ voor kogellagers, zijn de geschiktste smeermiddelen vetten met een basisolie met een lage viscositeit.

Consistentie

Vetten worden volgens de schaal van het National Lubricating Grease Institute (NLGI) ingedeeld in verschillende consistentieclassen. De consistentie van vetten die voor de smering van wentellagers worden gebruikt, mag niet te zeer veranderen door een temperatuurverandering binnen het temperatuurbereik van het vet. Vetten die bij hogere temperaturen zachter worden, kunnen weglekken uit de lagerconstructie. Vetten die stijf worden bij lage temperaturen kunnen de rotatie van het lager belemmeren of onvoldoende olie afscheiden.

Vetten met een metaalzeepverdikker en met een consistentie van 1, 2 of 3 worden gebruikt voor wentellagers. De meest voorkomende vetten hebben een consistentie van 2. Lagere consistentieclassen zijn het best voor toepassingen bij lagere temperaturen of voor verbeterde pompbaarheid. Vetten met consistentie 3 worden in de eerste plaats aanbevolen voor lagerconstructies met een verticale as, waarbij onder het lager in het huis een plaat wordt aangebracht om te voorkomen dat het vet uit het lager lekt.

consistentie uitkomst bieden, maar stijfheid alleen levert niet noodzakelijkerwijs voldoende smering. Daarom moeten er in plaats daarvan mechanisch stabiele vetten worden gebruikt.

Vetten die zijn verdikt met polyureum kunnen hard of zacht worden, afhankelijk van de mate van afschuiving die optreedt. In toepassingen met verticale assen bestaat het gevaar dat een polyureumvet onder bepaalde omstandigheden zal gaan lekken.

Temperatuurbereik – het SKF verkeerslichtconcept

Het temperatuurbereik waarbinnen een vet kan worden gebruikt, hangt voornamelijk af van het type basisolie, de verdikker en de toevoegingen. De relevante temperaturen worden in **diagram 1** in schema gebracht, in de vorm van een "dubbel verkeerslicht".

De uiterste temperatuurgrenzen, dat wil zeggen de temperatuuronder- en de temperatuurbovengrens, zijn duidelijk omschreven.

- De temperatuurondergrens (LTL), d.w.z. de laagste temperatuur waarbij het lager met dit smeermiddel zonder problemen kan worden opgestart, wordt voornamelijk bepaald door het type basisolie en de viscositeit daarvan.
- De temperatuurbovengrens (HTL) wordt bepaald door het type verdikker en voor vetten met een verdikker op zeepbasis wordt deze gegeven voor het druppelpunt. Het druppelpunt geeft de temperatuur aan waarbij het vet zijn consistentie verliest en vloeibaar wordt.

Uiteraard is het niet raadzaam het lager met een bepaalde smering te gebruiken onder de temperatuurondergrens en boven de bovengrens, zoals in **diagram 1** wordt aangegeven met rode zones. Hoewel vetfabrikanten in hun productinformatie de specifieke waarden aangeven voor boven- en ondergrens voor temperatuur, zijn de werkelijk belangrijke temperaturen voor betrouwbaar gebruik de door SKF gegeven waarden voor

- de prestatielimiet lage temperatuur (LTPL) en
- de prestatielimiet hoge temperatuur (HTPL)

Binnen deze twee grenzen, de groene zone in **diagram 1**, zal het vet betrouwbaar werken en kan de levensduur van het vet nauwkeurig worden bepaald. Aangezien de definitie van de prestatielimiet hoge temperatuur niet internationaal genormaliseerd is, moeten de leveranciersgegevens met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Bij temperaturen boven de prestatielimiet hoge temperatuur (HTPL) zal het vet steeds sneller verouderen en oxideren. De oxidatieproducten hebben een nadelige uitwerking op de smering. De temperaturen in de oranje zone, tussen de prestatielimiet hoge temperatuur (HTPL) en de bovengrens temperatuur (HTL), mogen slechts kortdurend voorkomen.

Ook voor de ondergrens bestaat een oranje zone. Bij het dalen van de temperatuur neemt de neiging van vet om olie af te scheiden af, en neemt de stijfheid (consistentie) van het vet toe. Dit zal uiteindelijk leiden tot een onvoldoende afgifte van smeermiddel op de contactvlakken van de rollichamen en de loopbanen. In **diagram 1**, wordt deze temperatuurgrens aangegeven door de prestatielimiet lage temperatuur (LTPL). Waarden voor de prestatielimiet lage temperatuur zijn verschillend voor rol- en kogellagers. Aangezien kogellagers gemakkelijker te smeren zijn dan rollagers, is de onderste

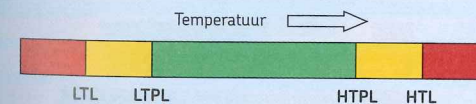
temperatuurprestatiegrens voor kogellagers minder belangrijk. Voor rollagers echter zal gebruik onder de ondergrens leiden tot zware schade aan het lager. Korte periodes binnen deze temperatuurzone, bijvoorbeeld bij een koude start, kunnen geen kwaad aangezien door de warmte van de wrijving de lagertemperatuur al snel binnen de groene zone zal raken.

Diagram 1

Het SKF concept "Verkeerslicht"



Niet gebruiken
Onbetrouwbare levensduurverwachting (alleen voor korte periodes te gebruiken)
Betrouwbare levensduurverwachting



LTL Ondergrens temperatuur

LTPL Prestatielimit lage temperatuur

HTPL Prestatielimit hoge temperatuur

HTL

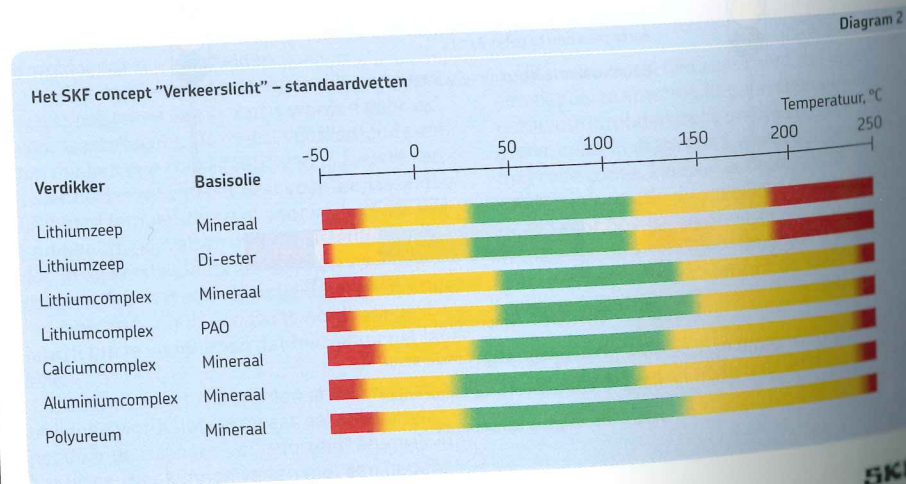
Smearing

Opmerking

Het SKF verkeerslichtconcept is toepasbaar voor alle vetten; de temperatuurzones verschillen echter per vetsoort en kunnen alleen worden vastgesteld door functionele lagertesten. De verkeerslichtlimieten voor

- vettypen die normaal worden gebruikt voor rollagers zijn te zien in **diagram 2** en voor
- SKF vetten in **diagram 3**.

De temperatuurzones in deze diagrammen zijn gebaseerd op uitgebreide proefnemingen in de SKF laboratoria en kunnen afwijken van waarden die door de vetfabrikanten zijn opgegeven. De temperatuurzones in **diagram 2** zijn geldig voor normaal verkrijgbare NLGI 2 vetten zonder EP-toevoegingen. De temperaturen in de diagrammen hebben betrekking op waargenomen, door het lager veroorzaakte temperatuur (meestal gemeten aan de niet-roterende ring). Aangezien de gegevens voor de diverse vetsoorten een samenvatting is van een groot aantal vetten met min of meer vergelijkbare samenstelling, zijn de overgangen per groep niet scherp, maar vallen binnen een klein bereik.



Bescherming tegen corrosie, gedrag bij aanwezigheid van water

Vet beschermt het lager tegen corrosie en mag niet uit de lagerconstructie gespoeld worden door binnendringend water. Het type verdikker is de enige factor die de waterbestendigheid bepaalt: lithiumcomplex- en calciumcomplex-zeepvetten en polyureumvetten bieden meestal een uitstekende waterbestendigheid. De corrosiewerende eigenschappen van het vet worden voornamelijk bepaald door het type corrosiewerende toevoeging.

Bij zeer lage toerentallen is een volledige vulling geschikt voor bescherming tegen corrosie en om te verhinderen dat water het lager binnendringt.

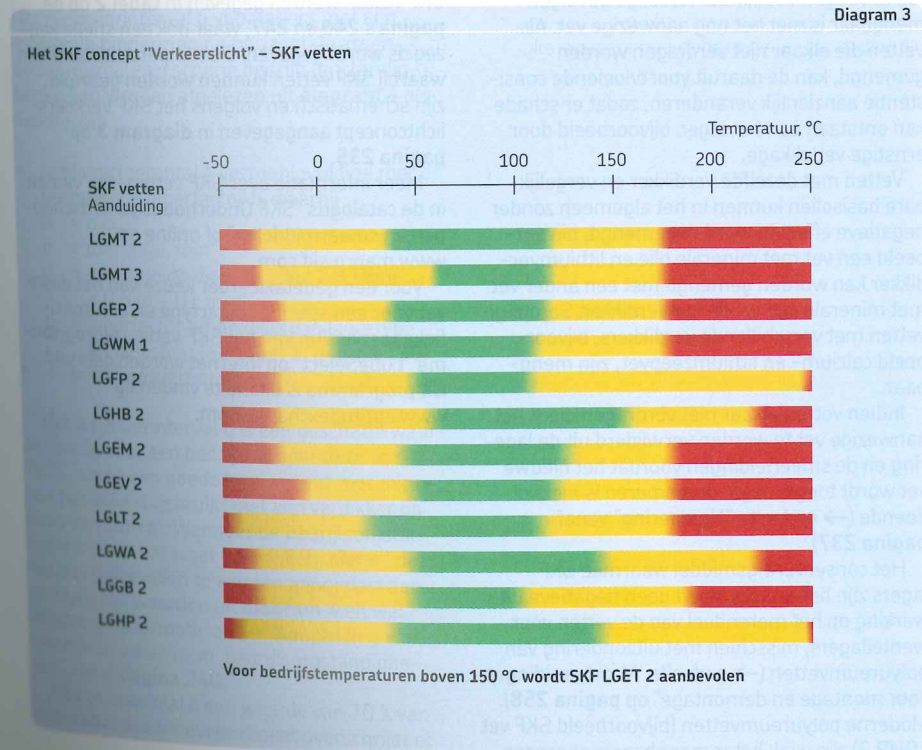
Draagvermogen: EP- en AW-toevoegingen

De levensduur van een lager wordt bekort als de smeerfilm niet dik genoeg is om metallisch contact van de ruwheidstoppen op de contactvlakken te verhinderen. Een optie om dit te voorkomen is het gebruik van de zogeheten EP (Extreme Pressure) toevoegingen. Hoge temperaturen die het gevolg zijn van contact tussen lokale ruwheidstoppen activeren deze toevoegingen en zorgen voor een lichte slijtage op de punten van contact. Het resultaat is een gladder oppervlak, lagere contactdruk en een toename van de gebruiksduur.

Een groot aantal moderne EP-toevoegingen zijn van het type zwavel/fosfor. Helaas kunnen deze toevoegingen een negatieve invloed hebben op de sterkte van het lagerstaal. Als dergelijke toevoegingen worden gebruikt, zal de chemische activiteit misschien niet beperkt blijven tot de ruwheidscontacten. Als de bedrijfstemperatuur en de contactdruk te hoog worden, kunnen de toevoegingen chemisch reactief worden, ook als er geen ruwheidscontact plaatsvindt. Dit kan zorgen voor corrosie- en diffusiemechanismen in de contactpunten en kan leiden tot versnelde lageruitval, meestal ten gevolge van micropitting, waarbij microscopisch kleine putjes in het materiaal ontstaan. SKF adviseert daarom het gebruik van minder reactieve EP-toevoegingen voor bedrijfstemperaturen boven de 80 °C. Smeermiddelen met EP-toevoegingen worden afgeraden voor lagers die bij een bedrijfstemperatuur van meer dan 100 °C worden toegepast. Voor zeer lage toerentallen maakt een vast smeermiddel ter verbetering van het EP-effect soms al deel uit van het toe-

voegingenpakket, zoals grafiet en molybdeen-disulfide (MoS_2). Deze toevoegingen dienen een hoog zuiverheidsgehalte en een zeer kleine deeltjesgrootte te hebben; anders kunnen er indrukkingen ontstaan tengevolge van overrollen van de deeltjes, en dat kan leiden tot vermoeiing en bekorting van de lagerlevensduur.

De functie van AW (Anti-Wear, anti-slijtage) toevoegingen is vergelijkbaar met die van EP-toevoegingen, d.w.z. het voorkomen van hevig metallisch contact. Daarom wordt zelden verschil gemaakt tussen EP- en AW-toevoegingen. De werking van beide soorten toevoegingen is echter verschillend. Het grootste verschil is dat een AW-toevoeging een bescherm laag opbouwt, die aan het oppervlak hecht. De ruwheidstoppen schuiven over elkaar heen zonder metallisch contact. De ruwheid neemt daardoor niet af door lichte slijtage, zoals bij EP-toevoegingen. Maar ook hier dient speciale zorg in acht te worden genomen: AW-toevoegingen kunnen elementen bevatten die net als EP-toevoeging-



Tabel 2

SKF vetten – technische specificatie en kenmerken

Deel 1: Technische specificatie

Aanduiding	Beschrijving	NLGI klasse	Verdikker/basisolie	Basisolie-viscositeit bij		Temperatuurgrenzen	
				40 °C	100 °C	LTL ¹⁾	HTPL ²⁾
				mm ² /s	°C		
LGMT 2	Algemene industrie en automobiellindustrie	2	Lithiumzeep/minerale olie	110	11	-30	+120
LGMT 3	Algemene industrie en automobiellindustrie	3	Lithiumzeep/minerale olie	120	12	-30	+120
LGEP 2	Extreme druk, hoge belasting	2	Lithiumzeep/minerale olie	200	16	-20	+110
LGLT 2	Lage belasting en lage temperatuur, hoog toerental	2	Lithiumzeep/PAO	15	3,7	-55	+100
LGHP 2	Hoge prestatie en hoge temperatuur	2-3	Di-ureum/minerale olie	96	10,5	-40	+150
LGFP 2	Bruikbaar bij voedsel	2	Aluminiumcomplex/medische witte olie	130	7,3	-20	+110
LGGB 2	Biologisch afbreekbaar en met lage toxiciteit	2	Lithium-calciumzeep/ester-olie	110	13	-40	+120
LGWA 2	Breed temperatuurbereik	2	Lithiumcomplex zeep/minerale olie	185	15	-30 pieken: +220	+140
LGHB 2	Hoge viscositeit en hoge temperatuur	2	Calciumcomplex sulfonaat/minerale olie	450	26,5	-20 pieken: +200	+150
LGET 2	Extreme temperatuur	2	PTFE/synthetisch (gefluorineerde polyether)	400	38	-40	+260
LGEM 2	Hoge viscositeit met vaste smeermiddelen	2	Lithiumzeep/minerale olie	500	32	-20	+120
LGEV 2	Extreem hoge viscositeit met vaste smeermiddelen	2	Lithium-calciumzeep/minerale olie	1 000	58	-10	+120
LGWM 1	Extreme druk, lage temperatuur	1	Lithiumzeep/minerale olie	200	16	-30	+110

1) LTL: lage temperatuurgrens. Voor veilig bedrijfstemperatuur → gedeelte "Temperatuurbereik – het SKF verkeerslichtconcept" vanaf pagina 232
 2) HTPL: prestatielimiet hoge temperatuur

Tabel 2

SKF vetten – technische specificatie en kenmerken

Deel 2: Kenmerken

Aanduiding	Hoge temperatuur boven +120 °C	Lage temperatuur ¹⁾	Zeer hoog toerental	Zeer laag toerental of oscillaties	Lage koppel, lage wrijving	Ernstige trillingen	Hoge belasting	Corrosiewerende eigenschappen	Waterbestendigheid
LGMT 2			o	-	+	+	o	+	+
LGMT 3			o	-	o	+	o	o	+
LGEP 2			o	o	-	+	+	+	+
LGLT 2		+	+	-	+	-	-	o	o
LGHP 2	+	o	+	-	o	+	o	+	+
LGFP 2			o	-	o	o		+	+
LGGB 2		o	o	o	o	+	+	o	+
LGWA 2	+		o	o	o	+	+	+	+
LGHB 2	+		o	+	-	+	+	+	+
LGET 2	Neem contact op met SKF application engineering service								
LGEM 2			-	+	-	+	+	+	+
LGEV 2			-	+	-	+	+	+	+
LGWM 1		+	o	o	o	-	+	+	+

Symbolen: + Aanbevolen
 o Geschikt
 - Ongeschikt

Waar geen symbool wordt gegeven, kan het betreffende vet worden gebruikt – dit verdient echter geen aanbeveling. Neem contact op met de SKF application engineering service voor meer informatie

¹⁾ Voor veilig bedrijfstemperatuur → gedeelte "Temperatuurbereik – het SKF verkeerslichtconcept" vanaf pagina 232

Schmierung

Schmierfette mit besonderer Eignung

Die Schaeffler Gruppe Industrie verwendet Schmierfette nach der Tabelle Fette. Diese haben sich in mechanisch-dynamischen Tests für die Anwendungen als besonders geeignet erwiesen.

Fette	Kurzzeichen	Klassifizierung	Art des Schmierfettes	Gebrauchstemperaturbereich °C	obere Dauergrenztemperatur $T_{\text{Grenz, oben}}^1$ °C	NLGI-Klasse	Drehzahlkennwert $n \cdot d_M$ $\text{min}^{-1} \cdot \text{mm}$	ISO-VG-Klasse (Grundöl) ²⁾	Kurzzeichen
	GA01	Kugellagerfett für $T < +180$ °C	Polyharnstoff Esteröl	-40 bis +180	+115	2 bis 3	600 000	68 bis 220	GA01
	GA02	Kugellagerfett für $T < +160$ °C	Polyharnstoff SHC	-40 bis +160	+85	2 bis 3	500 000	68 bis 220	GA02
	GA13	Kugel-/Spannlagerfett Standard für $D > 62$ mm	Lithiumseife Mineralöl	-30 bis +140	+75	3	500 000	68 bis 150	GA13
	GA14	Kugellagerfett geräuscharm für $D \leq 62$ mm	Lithiumseife Mineralöl	-30 bis +140	+75	2	500 000	68 bis 150	GA14
	GA15	Kugellagerfett geräuscharm, hohe Drehzahlen	Lithiumseife Esteröl	-50 bis +150	+70	2 bis 3	1 000 000	22 bis 32	GA15
	GA22	Leichtlauf fett mit niedrigem Reibungsmoment	Lithiumseife Esteröl	-50 bis +120	+70	2	1 000 000	10 bis 22	GA22
	L014	Spannlager-Erstbefettung bei tiefen Temperaturen	Gel Esteröl	-54 bis +204 ³⁾	+80	1 bis 2	900 000	22 bis 46	L014
	L086	Spannlager-Erstbefettung für weiten Temperaturbereich und niedrige Belastungen	Natriumkomplekseife Silikonöl	-40 bis +180	+115	3	150 000	68 bis 150	L086
	GA08	Fett für Linienberührung	Lithiumkomplekseife Mineralöl	-30 bis +140	+95	2 bis 3	500 000	150 bis 320	GA08
	GA26	Standardfett für Hülsenfreiläufe	Calcium-Lithiumseife Mineralöl	-20 bis +80	+60	2	500 000	10 bis 22	GA26
	GA28	Vorschubspindellagerfett	Lithiumseife Esteröl	-30 bis +160	+110	2	600 000	15 bis 100	GA28
	GA11	medienbeständiges Wälzlagerfett für Temperaturen bis +250 °C	PTFE Alkoxyfluorether	-40 bis +250	+180	2	300 000	460 bis 680	GA11
	GA47	medienbeständiges Wälzlagerfett für Temperaturen bis +140 °C	Bariumkomplekseife Mineralöl	-20 bis +140	+70	1 bis 2	350 000	150 bis 320	GA47

¹⁾ Die obere Dauergrenztemperatur $T_{\text{Grenz, oben}}$ darf nicht überschritten werden, wenn eine temperaturbedingte Minderung der Fettgebrauchsdauer vermieden werden soll.

²⁾ Abhängig vom Lagertyp.

³⁾ Gebrauchstemperaturbereich nicht nach DIN 51825 bestimmt, sondern nach MIL-Spezifikation