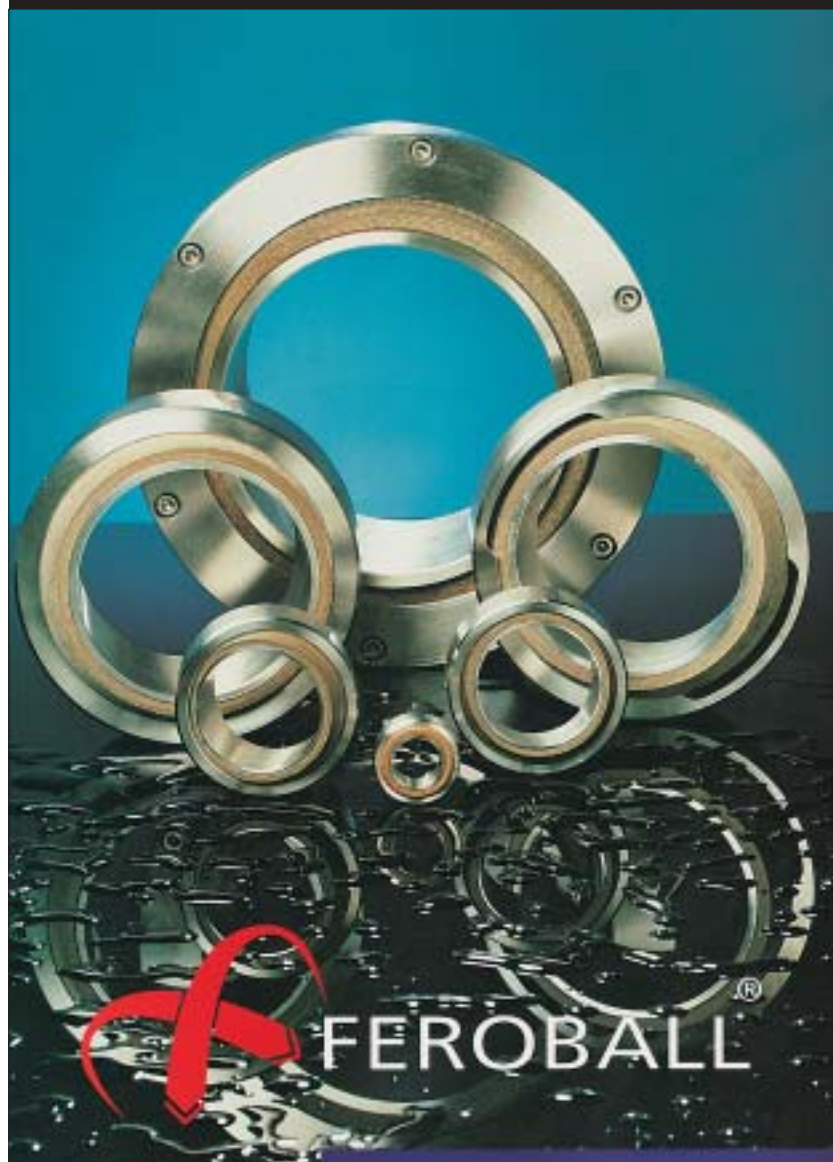




FEROBALL®



ONDERHOUDS- EN CORROSEARME GEWRICHTSLAGERS



***kühne***

<b>1. Introductie</b>	<b>5</b>
<b>2. FEROBALL: eigenschappen en toepassingsmogelijkheden</b>	<b>5</b>
2.1. standaarduitvoering	5
2.2. specials	5
2.3. selectiecriteria	6
2.4. toepassingsvoorbeelden	7
hydraulische cilinders	7
scharnierpunten	7
<b>3. Afmetingen en draaggetallen</b>	<b>8-9</b>
<b>4. Lagerberekening</b>	
4.1. bepaling lagergrootte	10
4.2. levensduurberekening	11
4.3. berekeningsvoorbeeld	12
<b>5. Bedrijfsprofiel Kühne</b>	<b>13</b>
5.1. drie pijlers	13
frictietechniek	13
lagertechniek	13
isolatietechniek	13
<b>Bijlagen</b>	
Bijlage 1: symbolenlijst	15
Bijlage 2: berekeningsblad	15

Kühne Industrie bv  
Hogebrinkerweg 18  
3871 KN Hoevelaken  
telefoon: 033 - 254 22 77  
fax: 033 - 258 07 24



### **FEROBALL FBT**

Sferisch lager met een RVS huis en binnenbus voorzien van een Ferroform glijlaag.



### **FEROBALL FBP**

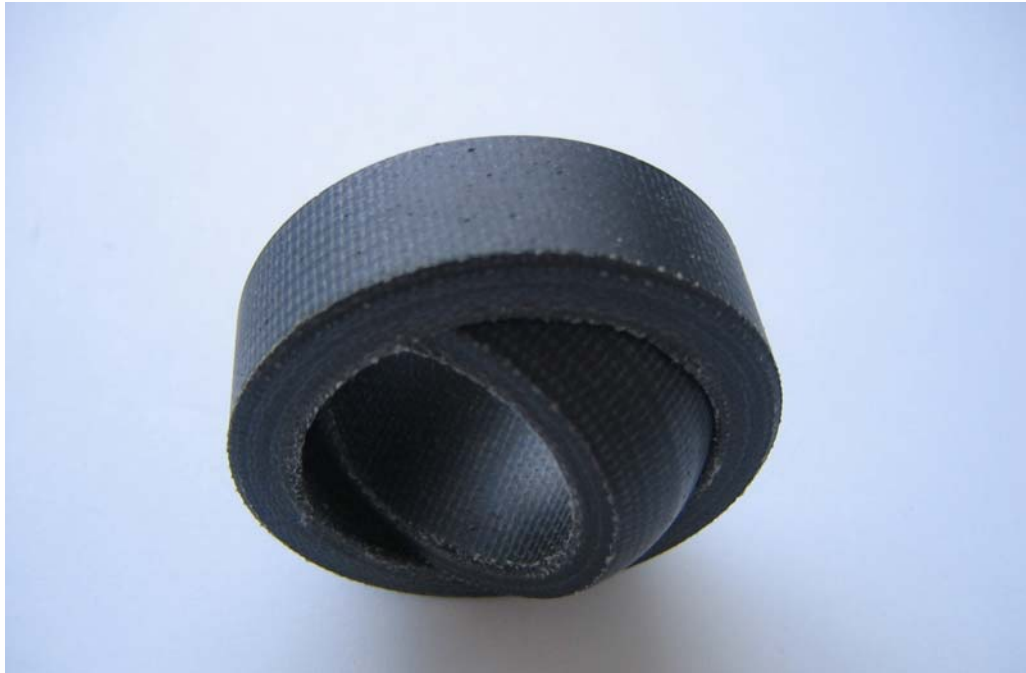
Sferisch lager met een polyester composiet huis en binnen bus voorzien van een RVS bol



### **FEROBALL FBA**

Sferisch lager volledig uit polyester composiet vervaardigd.





#### Voorraadbeschikbaarheid:

As-afmetingen: Ø25-Ø100 mm

#### Toepassingsgebieden:

- Offshore
- Baggerindustrie
- Weg- en waterbouw
- Cilinderbouw
- Machinebouw

#### Materiaalomschrijving:

Vezelmateriaal : Polyester  
Harssoort: Polyester  
Additief: MoS<sub>2</sub>

Deze sferische lagers zijn volledig vervaardigd uit ons materiaal Multiglide PPM.  
Multiglide PPM behoort tot het uitgebreide pakket glijlagermaterialen van Kühne. Het betreft hier een composiet lagermateriaal speciaal geschikt voor toepassingen met hoge belasting. Het bestaat uit een synthetisch(=polyester) weefsel dat door thermoharder(=polyester) hars gebonden wordt. Tijdens het productieproces is een vast glijmiddel zoals MoS<sub>2</sub> toegevoegd welke een gunstige invloed op de wrijvingswaarde heeft. Het product is grijs van kleur.

#### Toepassingen:

- Sferisch lagers

#### Certificaten:

-

FEROBALL® is een geregistreerd handelsmerk van Kühne Industrie B.V. en mag niet zonder uitdrukkelijke toestemming van Kühne Industrie B.V. gebruikt worden.

Niets uit deze uitgave, geheel of gedeeltelijk, inclusief tekeningen en/of tekst, mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

© copyright Kühne Industrie B.V. 1997

## 1. Introductie

Deze brochure gaat over Feroball gewrichtslagers. Gewrichtslagers, door Kühne ontwikkeld, die volkomen vrij en corrosiebestendig zijn. De *feroform* glijlaag zorgt voor een optimale lagerfunctie. Het hoogwaardige roestvaststaal, dat voor metaaldelen gebruikt wordt, heeft met name in de offshore en chemische industrie zijn bestaansrecht bewezen. Bij de keuze voor de metaalstof is met name gekeken naar sterkte, stijfheid en maximale bestendigheid tegen elke vorm van corrosie. De daadwerkelijke lagering komt voor rekening van de *feroform* bol, gecombineerd met een speciaal bewerkt loopvlak. *Feroform* is een vezelversterkte kunststof, speciaal ontworpen om als lagermateriaal te fungeren. Het materiaal is uniek door de zeer hoge, eigen sterkte enerzijds en de hoge slijtage-weerstand anderzijds. Gecombineerd met het juiste tegenmateriaal ontstaat een zeer lage wrijvingswaarde. Stick-slip-verschijnselen zijn *feroform* vreemd. Een soepele, schokvrije beweging is daarom onder alle omstandigheden gegarandeerd. Feroball lagers kunnen in alle opzichten concurreren met andere bestaande onderhoudsarme gewrichtslagers. Aangezien de belastbaarheid van de Feroball lagers aanzienlijk hoger ligt dan bij vergelijkbare lagers, kan vaak een kleiner type geadviseerd worden, wat zowel technische als commerciële voordelen geeft. In een groot aantal eigenschappen onderscheiden Feroball lagers daarnaast nog in positieve zin. Zo is de *feroform* glijlaag minimaal enkele millimeters dik, zodat ook in zeer abrasieve milieus nog acceptabele standtijden worden gerealiseerd. Gecombineerd met de stijfheid en het energie-absorberende vermogen, zorgt de laagdikte er zelfs voor dat de lagers uitstekend schokken kunnen absorberen. In zekere mate worden zelfs trillingsniveaus gereduceerd. Tenslotte zijn Feroball lagers bestand tegen vrijwel alle omgevingsinvloeden. Zonder extra voorzieningen kunnen ze ook onder water worden ingezet.

Kühne past *feroform* overigens niet alleen toe in de Feroball lagers. Ook in de lagerbussen, glijstrippen, taatlagers en andere lagervormen van Kühne wordt *feroform* verwerkt. Hierover kunt u meer lezen in hoofdstuk 5 (bedrijfsprofiel).

## 2. Feroball: eigenschappen en toepassingsmogelijkheden

Graag gaan we in op de kwaliteit van Feroball lagers. Eerst wordt stilgestaan bij de standaard-uitvoeringen van Feroball. Vanzelfsprekend leveren we niet alleen standaard-uitvoeringen; er zijn tal van mogelijkheden om aan specifieke eisen van de klant te voldoen. Aansluitend is een tabel opgenomen met de belangrijkste eigenschappen van de lagers. Tenslotte wordt ingegaan op enkele toepassingen.

### 2.1. standaarduitvoering

De standaard Feroball lagers zijn er in twee varianten: normaal en HD (heavy duty). Constructie en eigenschappen van beide zijn identiek, de afmetingen verschillen. De HD-serie beschikt over een groter werkzaam lageroppervlak, zodat bij gelijke asmaat een hogere belasting toelaatbaar is.

De maten van de normale variant zijn gelijk aan die van de 'gewone' gewrichtslagers (bijvoorbeeld lagers die in staalop-staal-uitvoering veel toegepast worden in hydraulische cilinders). De serie begint bij asmaat  $\varnothing 30$  millimeter en loopt op tot  $\varnothing 1000$  millimeter. Het kleinste lager uit de HD-serie heeft een asmaat van  $\varnothing 100$  millimeter en loopt eveneens door tot  $\varnothing 1000$  millimeter. De maten uit de HD-serie komen overeen met die van 'brede' gewrichtslagers. Deze worden veel toegepast in bijvoorbeeld bruggen, sluizen en andere civiele werken. Ook worden ze gebruikt bij toepassingen, waarbij de maximale belasting van een 'smal' lager ontoereikend is. Om een voorbeeld te geven: de belastingklasse van een HD-lager met asmaat  $\varnothing 100$  millimeter ligt al 17% hoger dan een lager van de 'normale' variant.

Het verschil kan oplopen tot 92% bij lagers van type 1000.

### 2.2. specials

Niet altijd zal het mogelijk zijn om te kiezen voor een standaarduitvoering (normaal of HD). Daarom komt Kühne graag aan specifieke klantwensen tegemoet. Zo kunnen de lagers bijvoorbeeld geleverd worden in afwijkende maten (lagers met  $\varnothing 125$  millimeter of lagers met inch-afmetingen), met speciale toleranties (binnenbus met D 10-passing) of andere uitvoeringsvormen (lagers voor montage met behulp van klembus of spiebaan). Ook afwijkende metaalcombinaties (Inconel huis) of andere glijmaterialen (bijvoorbeeld *feroform* F 363 voor hogere temperaturen) behoren tot de mogelijkheden van Kühne. Vanzelfsprekend vormen deze voorbeelden slechts een illustratie van de vele mogelijkheden die er zijn. Als de wensen van de klant constructie- en lagertechneer realiseerbaar zijn, zorgt Kühne voor de productie. Snelheid en efficiëntie staan in de productie van Feroball-lagers voorop.



2.3. selectiecriteria

criterium	Waarde	Toelichting
Dynamische vlaktedruk (N/mm <sup>2</sup> )	220	Dit is de uiterste belasting, waaronder het lager kan blijven functioneren. Voor bijbehorende levensduur en glijweg zie hoofdstuk 4: 'Lagerberekening'.
Belastingklasse dyn.(C) van lager type 100 (in KN)	1432	Deze waarde is opgenomen ter illustratie. Voor meer gegevens zie hoofdstuk 3: 'Afmetingen en draaggetallen'.
Statische vlaktedruk (N/mm <sup>2</sup> )	350	Deze waarde geeft in feite de ingebouwde veiligheidsmarge weer. Ondanks de zeer hoge toelaatbare dynamische vlaktedrukken is deze marge voldoende ruim om de meeste calamiteiten probleemloos op te vangen.
Belastingklasse statisch (C <sub>0</sub> ) van lager type 100 (in KN)	2291	Deze waarde is eveneens opgenomen ter illustratie, nadat het lager ingelopen is. De exacte wrijvingswaarde is onder andere afhankelijk van belasting, milieu en temperatuur.
Wrijvingscoëfficiënt	0.10	Dit is de gemiddelde wrijvingswaarde nadat het lager ingelopen is. De exacte wrijvingswaarde is onder andere afhankelijk van de belasting, milieu en temperatuur.
Bestendigheid tegen beperkte vervuiling	goed	'Gewone' <i>feroform</i> lagers worden op grote schaal toegepast in onder andere de 'baggerwereld' en off-shore industrie vanwege de uitstekende slijtagebestendigheid, zowel boven als onder water.
Bestendigheid tegen binnengedrongen vocht	goed	In tegenstelling tot veel kunststoffen is <i>feroform</i> ongevoelig voor vocht, binnendringend water heeft zelfs een voordelig effect op het functioneren en de levensduur van de lagers.
Corrosie bestendigheid	goed	De gebruikte metaalsoort is mede geselecteerd op maximale bestendigheid tegen alle vormen van corrosie en <i>feroform</i> is een vrijwel inert materiaal. Corrosie van het lager is daarmee nagenoeg uitgesloten.
Bestendigheid tegen stoten en trillingen.	goed	Vanwege de laagdikte en stijfheid van <i>feroform</i> functioneert dit in zekere mate als isolatielaag. De metaaldelen zijn sterk maar niet bros, waardoor schokken en trillingen beter geabsorbeerd worden dan in andere gewrichtslager-varianten.
Geschiktheid voor toepassing bij microbewegingen	goed	Bij veel lagers zorgen microbewegingen voor vermoeiing, hetgeen de levensduur verkort. Bij Feroball is dit niet het geval.
Geschikt voor toepassing bij wisselende belastingen	goed	Het probleem van wisselende belastingen is de resulterende stootbelasting. Voor Feroball is dit geen probleem.
Geschikt voor gebruik in buitentoepassingen	goed	Ongevoeligheid voor vocht, in combinatie met de uitstekende corrosiebestendigheid zorgen ervoor dat de lagers zelfs op zee garant staan voor een lang en probleemloos buitenleven.
Onderhoudsvrije toepassing	goed	Na montage behoeven de lagers in principe geen onderhoud meer; smeren is wel altijd toegestaan.
Toepassing bij grotere asdiameters dan 300 mm	goed	Asdiameters tot 1000 millimeter zijn mogelijk, zonder concessies te doen aan de kwaliteiten van de lagers.
Geschiktheid voor toepassing bij extreem lage of hoge temperaturen	redelijk	De eigenschappen van Feroball blijven vrij constant bij temperaturen van -30 °C tot circa + 50 °C. Bij hogere temperaturen nemen de toelaatbare belastingen, pv-waarden en glijwegen af (zie ook hoofdstuk 4: 'Lagerberekening') F 363 Kan tot 200 °C worden toepast.
Mogelijkheid tot aanpassing lagers aan specifieke eisen	goed	De productie van de lagers is zodanig opgezet dat afwijkende lagers efficiënt geproduceerd kunnen worden. Zowel andere dimensies als verschillende materiaalcombinaties behoren tot de mogelijkheden.

## 2.4. toepassingsvoorbeelden

### hydraulische cilinders

Veel gewrichtslagers worden gebruikt in hydraulische cilinders. Een karakteristiek van de situatie, waarin deze lagers gebruikt worden:

#### ■ Hoge belasting.

Als de toelaatbare belasting van het lager hoger wordt, kan daardoor de rest van de constructie kleiner - en dus goedkoper - worden.

#### ■ Moeilijk te smeren en af te dichten.

Smeervoorzieningen en externe afdichtingen kosten geld, zijn storinggevoelig, vergen onderhoud en zitten vaak op plaatsen die niet of slecht toegankelijk zijn. Indien een lager zoals Feroball kan functioneren zonder deze voorzieningen is dat een groot voordeel.

#### ■ Buitenopstelling.

Als cilinders bijvoorbeeld op schepen worden toegepast (boven of onder water) is het van groot belang dat het lager bestand is tegen binnendringend vocht. Zelfs als er een constructie is om de lagers schoon te houden, garanderen een goede vocht- en corrosiebestendigheid een hoge mate van bedrijfszekerheid.

Kortom: aan lagers in hydraulische cilinders worden hoge specifieke eisen gesteld. Conventionele gewrichtslagers kunnen aan deze combinatie van eisen niet voldoen. Lagers met een metaal-metaal-combinatie als glijvlak moeten gesmeerd worden. Lagers met een teflon glijvlak zijn te weinig bestand tegen vocht, vet, vervuiling en wisselende belastingen en zijn daardoor slijtage-gevoelig. Feroball lagers voldoen wel aan de genoemde eisen. De toelaatbare belasting is hoog, wisselende belastingen worden goed geabsorbeerd, smering en onderhoud zijn overbodig en tenslotte zijn Feroball lagers goed bestand tegen vocht en corrosie.

### scharnierpunten

Gewrichtslagers worden ook veel gebruikt in scharnierende constructies,

bijvoorbeeld in grote havenkranen, kleppen of ophaalbruggen. De lagers moeten in dit geval onder de volgende omstandigheden functioneren:

#### ■ Barre omstandigheden.

De constructies worden veelal blootgesteld aan weer en wind. Daarom moeten ze bestand zijn tegen regen, wind en temperaturen tussen de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  en  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### ■ Geringe hoekverdraaiing en voortdurende belasting.

Omdat de hoekverdraaiing gering is en de belasting continu aanwezig is, wordt de smering langzaam maar zeker tussen de contactvlakken vandaan geperst.

#### ■ Wisselende belasting.

De cilinders bewegen heen en weer, zodat de belasting van de lagers wisselt.

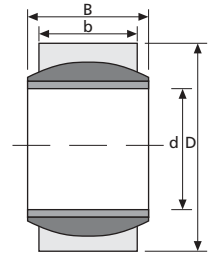
De belasting op de lagers is niet alleen continu aanwezig, maar is vaak ook wisselend van karakter. Bijvoorbeeld omdat er zware vrachtauto's overheen rijden (bij bruggen) of wisselende lasten moeten verwerken (bij kranen). De lagers moeten hiertegen bestand zijn. Daarnaast is het een groot voordeel als de lagers voor enige demping kunnen zorgen. Hierdoor worden de piekbelastingen, zoals die worden doorgegeven aan de rest van de constructie, aanzienlijk verminderd.

Ook onder deze omstandigheden functioneren Feroball lagers uitstekend; beter dan andere lagers. Weer en wind hebben geen invloed, smering is overbodig (en kan dus ook niet worden weggeperst) en de dempingswaarde van Feroball lagers is hoger dan van andere typen.



### 3. Afmetingen en draaggetallen

De volgende tabellen bevatten de belangrijkste gegevens van de Feroball lagers uit de standaard- en de HD-serie.

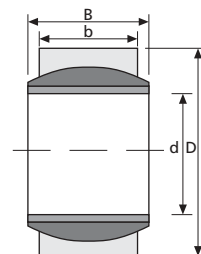


<b>FEROBALL, STANDAARD-SERIE</b>								
Type	Maten				Glijopp.	K'hoek	Draaggetallen	
	d	D	b	B	A <sub>G</sub>	β	C	C <sub>0</sub>
	mm				mm <sup>2</sup>	°	10 <sup>3</sup> N	
FBT 30	30	47	18	22	671	6	148	236
FBT 35	35	55	20	25	871	6	192	307
FBT 40	40	62	22	28	1075	7	236	378
FBT 45	45	68	25	32	1349	7	297	475
FBT 50	50	75	28	35	1681	6	370	592
FBT 60	60	90	36	44	2616	6	576	921
FBT 70	70	105	40	49	3294	6	725	1159
FBT 80	80	120	45	55	4303	6	947	1515
FBT 90	90	130	50	60	5254	5	1156	1849
FBT 100	100	150	55	70	6510	7	1432	2291
FBT 110	110	160	55	70	7031	6	1547	2475
FBT 120	120	180	70	85	9803	6	2157	3451
FBT 140	140	210	70	90	11401	7	2508	4013
FBT 160	160	230	80	105	14394	8	3167	5067
FBT 180	180	260	80	105	16055	6	3532	5651
FBT 200	200	290	100	130	22917	7	5042	8067
FBT 220	220	320	100	135	24991	8	5498	8797
FBT 240	240	340	100	140	27429	8	6034	9655
FBT 260	260	370	110	150	32880	7	7234	11574
FBT 280	280	400	120	155	38150	6	8393	13429
FBT 300	300	430	120	165	40842	7	8985	14376
FBT 320	320	440	135	160	46384	4	10205	16327
FBT 340	340	460	135	160	50178	3	11039	17663
FBT 360	360	480	135	160	52698	3	11594	18550
FBT 380	380	520	160	190	66322	4	14591	23345
FBT 400	400	540	160	190	69319	3	15250	24400
FBT 420	420	560	160	190	72309	3	15908	25453
FBT 440	440	600	185	218	89805	3	19757	31611
FBT 460	460	620	185	218	93269	3	20519	32831
FBT 480	480	650	195	230	101652	3	22363	35782
FBT 500	500	670	195	230	105299	3	23166	37065
FBT 530	530	710	205	243	116131	3	25549	40878
FBT 560	560	750	215	258	127492	4	28048	44877
FBT 600	600	800	230	272	146602	3	32252	51604
FBT 630	630	850	260	300	174217	3	38328	61324
FBT 670	670	900	260	308	183958	3	40471	64753
FBT 710	710	950	275	325	206786	3	45493	72789
FBT 750	750	1000	280	335	223406	3	49149	78639
FBT 800	800	1060	300	335	252462	3	55542	88867
FBT 850	850	1120	310	365	260856	3	61744	98791
FBT 900	900	1180	320	375	304150	3	66913	107061
FBT 950	950	1250	340	400	334345	3	75756	121210
FBT 1000	1000	1320	370	438	393803	3	86637	138619

toleranties volgens DIN 648

# 3

De HD serie onderscheidt zich van de standaard-serie door het grotere glijoppervlak.  
Hierdoor zijn de toelaatbare belastingen hoger, maar is de maximale kantelhoek kleiner.



## FEROBALL, HD-SERIE

Type	Maten				Glijopp.	K'hoek	Draaggetallen	
	d	D	b	B	A <sub>G</sub>	β	C	C <sub>0</sub>
	mm				mm <sup>2</sup>	°	10 <sup>3</sup> N	
FBT 100-HD	100	150	67	71	7615	2	1675	2681
FBT 110-HD	110	160	74	78	9144	2	2012	3219
FBT 120-HD	120	180	80	85	11013	2	2423	3877
FBT 140-HD	140	210	95	100	14937	2	3286	5258
FBT 160-HD	160	230	109	115	19298	2	4246	6793
FBT 180-HD	180	260	122	128	24290	2	5344	8550
FBT 200-HD	200	290	134	140	29671	2	6528	10444
FBT 220-HD	220	320	148	155	35704	2	7855	12568
FBT 240-HD	240	340	162	170	42290	2	9304	14886
FBT 260-HD	260	370	175	185	49888	2	10975	17561
FBT 280-HD	280	400	190	200	58250	2	12815	20504
FBT 300-HD	300	430	200	212	65498	2	14410	23055
FBT 320-HD	320	460	218	230	75899	2	16698	26716
FBT 340-HD	340	480	230	243	85215	2	18747	29996
FBT 360-HD	360	520	243	258	96350	2	21197	33915
FBT 380-HD	380	540	258	272	107337	2	23614	37783
FBT 400-HD	400	580	265	280	116008	2	25522	40835
FBT 420-HD	420	600	280	300	129149	2	28413	45460
FBT 440-HD	440	630	300	315	145596	2	32031	51250
FBT 460-HD	460	650	308	325	154875	2	34072	54516
FBT 480-HD	480	680	320	340	169313	2	37249	59598
FBT 500-HD	500	710	335	355	185775	2	40870	65393
FBT 530-HD	530	750	355	375	206815	2	45499	72799
FBT 560-HD	560	800	380	400	233751	2	51425	82280
FBT 600-HD	600	850	400	425	263569	2	57985	92776
FBT 630-HD	630	900	425	450	293881	2	64654	103446
FBT 670-HD	670	950	450	475	330255	2	72656	116250
FBT 710-HD	710	1000	475	500	368750	2	81125	129800
FBT 750-HD	750	1060	500	530	409365	2	90060	144096
FBT 800-HD	800	1120	530	565	466115	2	102545	164073
FBT 850-HD	850	1220	565	600	535991	2	117918	188669
FBT 900-HD	900	1250	600	635	587120	2	129166	206666
FBT 950-HD	950	1360	635	670	671569	2	147745	236392
FBT 1000-HD	1000	1450	670	710	754942	2	166087	265739

toleranties volgens DIN 648

## 4. Lagerberekening

Om een juiste keus voor een lager te maken, zijn twee zaken van groot belang. In de eerste plaats moet worden nagegaan of een lager de optredende belasting aankan. Daarnaast zal een berekening moeten worden gemaakt van de verwachte levensduur van het lager. Zo'n berekening kan gemaakt worden als er goede gegevens zijn over de glijweg en de omstandigheden daarbij.

### 4.1. bepaling lagergrootte

Om te bepalen of het lager geschikt is voor de optredende belasting wordt de zogenaamde equivalentbelasting ( $F_e$ ) gebruikt. Deze waarde verdisconteert de invloed van een eventuele axiaalbelasting op de toelaatbare radiale belasting van een lager. Vanwege de structuur van feroform en de geometrie van de lagers heeft een axiaalbelasting een grotere invloed op de maximaal toegestane last dan een kracht die radiaal werkt. Als de belasting niet zuiver radiaal wordt aangebracht, moet deze belasting opgesplitst worden in een radiaal- en axiaalcomponent. Hieruit kan volgens onderstaande formule de equivalentbelasting,  $F_e$  berekend worden. De optredende axiaalbelasting mag maximaal 15% van de radiaalbelasting bedragen.

$$F_e = F_{rad} + 5.75 F_{ax} \wedge F_{ax} \leq 0.15 F_{rad}$$

Eenzijds moet deze  $F_e$  berekend worden voor de normale dynamische, bedrijfssituatie. Anderzijds moet er (indien van toepassing) een berekening worden gemaakt voor de statische situatie, waarbij er geen beweging optreedt maar er wel een hogere belasting kan voorkomen dan in de dynamische toestand. Dit is bijvoorbeeld regelmatig het geval bij de lagering van kranen en bij andere constructies die in een statische toestand blootgesteld kunnen worden aan bijvoorbeeld stotende belastingen. Vervolgens wordt getoetst of deze  $F_e$ -waarden voldoen aan de belastingfactoren van het gekozen lagertype. De toelaatbare dynamische en statische belastingfactoren ( $P_{td}$  en  $P_{ts}$ ) worden bepaald volgens onderstaande formules.

$$P_{td} = C * Z_1 * Z_2 * Z_3 * Z_4$$

$$P_{ts} = C_0 * Z_1 * Z_2 * Z_3$$

De waarden van C en  $C_0$  zijn vermeld in de tabellen met lagergegevens van hoofdstuk 3. De factoren  $z_1$  tot en met  $z_4$  hebben de volgende betekenis:

$z_1$  = veiligheidsfactor = 0.6.

$z_2$  = belastingfactor:

$z_2 = 1$  bij een constante belasting

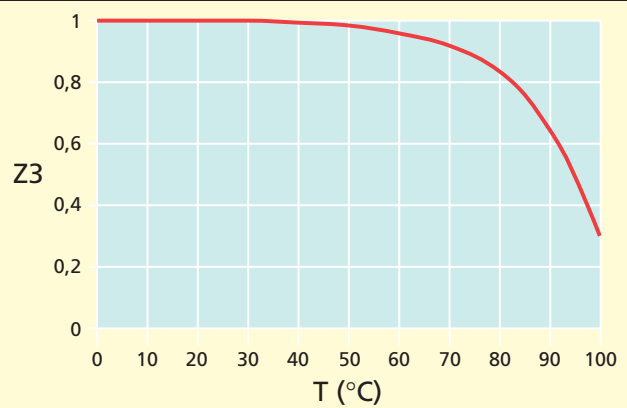
$z_2 = 0.5$  als de beweging cyclisch of oscillerend is

$z_3$  = temperatuurfactor (zie onderstaande grafiek)

Als temperatuur wordt de hoogste te verwachten

temperatuur genomen, waaraan het lager gedurende langere tijd kan worden blootgesteld.

GRAFIEK 1: temperatuurfactor  $z_3$

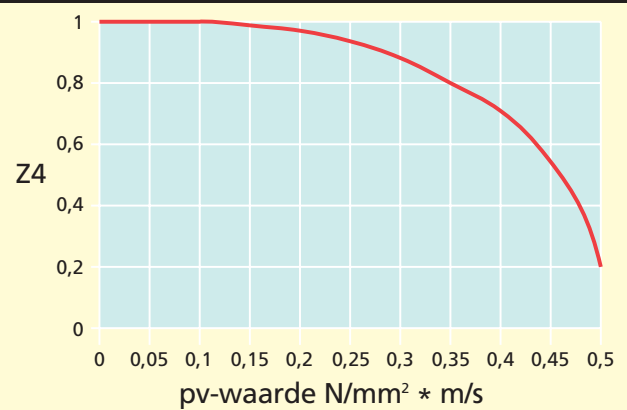


$z_4$  = gebruiksfactor (zie de grafiek 2)

Voor bepaling van de gebruiksfactor wordt eerst de pv-waarde ( $p_e$  in  $N/mm^2$  en  $v$  in  $m/s$ ) bepaald. De ' $p_e$ ' kan eenvoudig worden berekend door de optredende equivalentbelasting  $F_e$ , te delen door het glijoppervlak,  $A_g$ , zoals vermeld in de tabellen van hoofdstuk 3.

Voor bepaling van de omtreksnelheid wordt de hoeksnelheid (aantal omwentelingen per seconde, in  $s^{-1}$ ) vermenigvuldigd met de lageromtrek ( $\pi * D$ , in mm). Bij verschillende combinaties van belasting en bijbehorende omtreksnelheid wordt de hoogste pv-waarde gehanteerd om de gebruiksfactor,  $z_4$ , af te lezen.

GRAFIEK 2: gebruiksfactor  $z_4$



Met de aldus verkregen toelaatbare dynamische- en statische belastingfactoren kan nu getoetst worden of de optredende equivalentbelastingen onder deze maximumwaarden blijven.

In formulevorm:

$$F_{e,d} < P_{td} \wedge F_{e,s} < P_{ts}$$

Als aan beide criteria wordt voldaan, is het gekozen lagertype in principe geschikt. Vervolgens kan dan nog berekend worden of de levensduur voldoet aan de eisen.

# 4.2

## 4.2. levensduurberekening

In tegenstelling tot een draagkrachtberekening is een levensduurberekening altijd slechts een benadering. Het aantal factoren dat invloed heeft op de uiteindelijke te behalen levensduur is zeer groot en bovendien in veel gevallen niet exact te kwantificeren.

In de praktijk blijkt echter dat onderstaande berekeningsmethode (waarin wordt uitgegaan van de belangrijkste invloedfactoren) in de meeste gevallen de werkelijkheid redelijk dicht benadert. Bij twijfel zijn uiteraard de engineers van Kühne beschikbaar voor advies.

De levensduur wordt berekend op basis van de te verwachten glijweg. Een criterium van een maximale slijtage van de glijlaag van 1 millimeter wordt hierbij gehanteerd. De formule, waarmee de glijweg,  $W_g$  wordt berekend, is als volgt:

$$W_g = 7150 * \frac{k_1 * k_2 * k_3 * k_4}{P_e} (10^3 \text{ m})$$

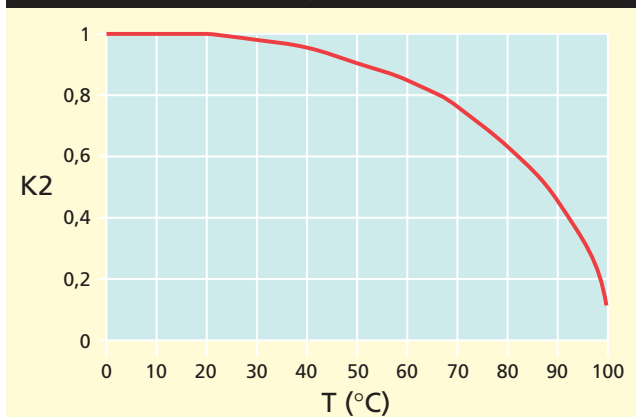
De betekenis en grootte van factoren  $k_1$  tot en met  $k_4$  en  $p_e$  zijn:  
 $k_1$  = toepassingsfactor:

- $k_1 = 1$  als het lager droog en ongesmeerd toegepast wordt
- $k_1 = 2$  als het lager continu ondergedompeld is in water of een ander vloeibaar medium
- $k_1 = 4$  bij een lager dat voorzien wordt van vet- of oliesmering

$k_2$  = temperatuurfactor (zie grafiek 3)

Let op: deze factor verschilt van de temperatuurfactor  $z_3$ , die gebruikt wordt bij de bepaling van de lagergrootte. De invloed van de temperatuur op de levensduur is sterker dan de invloed op de draagkracht.

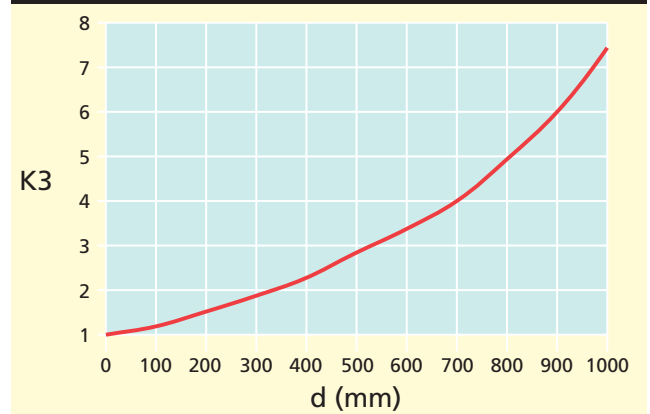
**GRAFIEK 3: temperatuurfactor  $k_2$**



$k_3$  = dimensiefactor (zie onderstaande grafiek)

Bij gelijke omstandigheden geldt: hoe groter een lager, des te langer de levensduur. De relatie tussen grootte en levensduur is weergegeven in onderstaande grafiek.

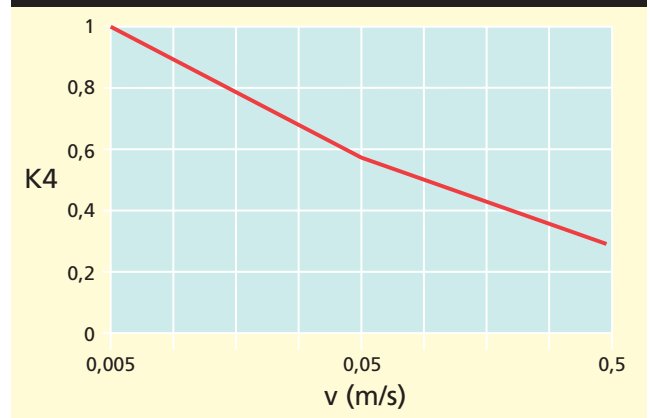
**GRAFIEK 4: dimensiefactor  $k_3$**



$k_4$  = snelheidsfactor (zie onderstaande grafiek)

De betreffende snelheid,  $v$ , is de omtreksnelheid, die al berekend is voor het bepalen van de gebruiksfactor,  $z_4$ . Zie eventueel paragraaf 4.1.

**GRAFIEK 5: snelheidsfactor  $k_4$**



$P_e$  = vlaktedruk:

Deze waarde is eveneens reeds berekend bij de bepaling van gebruiksfactor,  $z_4$ .

De te verwachten glijweg,  $W_g$ , van het gekozen lager is nu te berekenen. Om dit te vertalen naar het aantal te realiseren bewegingen kan deze waarde gedeeld worden door de af te leggen weg per beweging.

### 4.3. berekeningsvoorbeeld

Ter illustratie volgt hieronder de berekening van de lagering van een ophaalbrug.

#### Gegevens constructie:

##### Dynamische belasting: 100 kN:

dit is de belasting per lager, veroorzaakt door de massa van de brug, de wind op het brugdek, enzovoort.

##### Statische belasting: 400 kN:

dit is de maximale statische belasting waarop de brug ontworpen is en waartegen de lagering dus ook bestand moet zijn (eveneens per lager).

De axiaalcomponent van de belasting is te verwaarlozen.

De brug gaat gemiddeld 20 keer per dag, 7 dagen per week, over een hoek van  $80^\circ$  open (en dicht), en doet dit in 15 seconden. Momenteel worden tonlagers met asmaat 80 toegepast, deze worden vervangen door Feroball lagers die minimaal 30 jaar moeten meegaan. Bij voorkeur blijft de huidige as gehandhaafd, zodat alleen het lagerhuis aangepast hoeft te worden.

#### Berekening:

Er wordt uitgegaan van een FBT80 lager. Achtereenvolgens wordt gecontroleerd of het lager bestand is tegen de optredende belastingen en of de gewenste levensduur realiseerbaar is. De berekening gaat in de rechts aangegeven stappen:

#### 1. Bepaling equivalentbelastingen

Belasting is vrijwel radiaal:

$$\begin{aligned} \text{Dynamisch: } F_{\text{rad}} &= 100 \text{ kN}, F_{\text{ax}} = 0, & F_e &= 100 * 10^3 + 5.75 * 0, & F_{e,d} &= 100 * 10^3 \text{ N} \\ \text{Statisch: } F_{\text{rad}} &= 400 \text{ kN}, F_{\text{ax}} = 0, & F_e &= 400 * 10^3 + 5.75 * 0, & F_{e,s} &= 400 * 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 2. Bepaling draagkrachtfactoren

$$C = 947 * 10^3 \text{ N}, C_0 = 1515 * 10^3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Z_1: & & z_1 &= 0.6 \\ Z_2: & \text{beweging is cyclisch,} & z_2 &= 0.5 \\ Z_3: & \text{zie grafiek 1; de temperatuur blijft altijd onder } 50^\circ \text{C,} & z_3 &= 0.98 \\ Z_4: & \text{eerst bepaling 'p}_e\text{' en 'v'.} & & \\ & p_e: F_e = 100 * 10^3 \text{ N}, A_g = 4303 \text{ mm}^2, P_e = 100000 / 4303, p = 23.2 \text{ N/mm}^2 & & \\ & v: \text{omtrek is } \pi * D = 0.377 \text{ m, hoeksnelheid} = 80^\circ / 15 \text{ s} = 5.3^\circ / \text{s,} & & \\ & v = 0.377 * 5.3 / 360 \text{ m/s, } v = 0.0056 \text{ m/s} = 5.6 * 10^3 \text{ m/s} & & \\ & p * v = 23.2 * 5.6 * 10^3, \text{ pv-waarde} = 0.13, \text{ zie grafiek 2:} & z_4 &= 0.99 \end{aligned}$$

#### 3. Berekening belastingfactoren

$$\begin{aligned} P_{td} &= C * Z_1 * Z_2 * Z_3 * Z_4, P_{td} = 947 * 10^3 * 0.6 * 0.5 * 0.98 * 0.99, & P_{td} &= 275 * 10^3 \text{ N} \\ P_{ts} &= C_0 * Z_1 * Z_2 * Z_3, P_{ts} = 1515 * 10^3 * 0.6 * 0.5 * 0.98, & P_{ts} &= 445 * 10^3 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 4. Toetsen equivalentbelastingen aan belastingfactoren

$$\begin{aligned} F_{e,d} < P_{td}?, & F_{e,d} = 100 * 10^3 < P_{td} = 275 * 10^3 & \text{ja, in de dynamische situatie} \\ & & & \text{voldoet het lager} \\ F_{e,s} < P_{ts}?, & F_{e,s} = 400 * 10^3 < P_{ts} = 445 * 10^3 & \text{ja, ook in het statische geval} \\ & & & \text{is het lager geschikt} \end{aligned}$$

Qua belasting is een lager type FBT80 dus een goede keus.

Hierna wordt gecontroleerd of ook de levensduur aan de eisen voldoet.

#### 5. Bepaling levensduurfactoren

$$\begin{aligned} k_1: & \text{het lager wordt niet gesmeerd,} & K_1 &= 1 \\ k_2: & \text{zie grafiek 3, de temperatuur wordt maximaal } 50^\circ \text{C,} & K_2 &= 0.9 \\ k_3: & \text{zie grafiek 4, } d = 80 \text{ mm,} & K_3 &= 1.2 \\ k_4: & \text{zie grafiek 5, } v = 0.0056 \text{ m/s,} & K_4 &= 0.99 \\ p_e &= 23.2 \text{ N/mm}^2 & & \end{aligned}$$

#### 6. Invullen glijwegformule

$$\begin{aligned} W_g &= 7150 * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 / p_e \text{ (} 10^3 \text{ m)}, W_g = 7.15 * 10^3 * 1 * 0.9 * 1.2 * 0.99 / 23.2 \text{ m} \\ W_g &= 329 * 10^3 \text{ m} \end{aligned}$$

De brug gaat per dag 20 keer open en dus ook 20 keer weer dicht over een hoek van  $80^\circ$ . De weg, die de lagering daarbij aflegt, bedraagt  $(20 + 20) * (80^\circ / 360^\circ) * \pi * 0.120 = 3.35 \text{ m}$ . Dit betekent dat de Feroball's het  $329 * 10^3 / 3.35 = 98209$  dagen vol zullen houden.

Dit komt - schrikkeljaren niet meegerekend - overeen met 269 jaar en 24 dagen.

Ook qua levensduur voldoen de lagers dus ruimschoots aan de gestelde eisen

## 5. Bedrijfsprofiel Kühne

Productie en levering van gewrichtslagers is slechts een van de activiteiten van Kühne Industrie bv. Sinds 1929 is Kühne actief als industrieel dienstverlener.

Aanvankelijk was met name de frictietechniek een belangrijke pijler in het bedrijf. Inmiddels zijn de activiteiten rondom lager- en isolatietechniek evenzeer van groot belang.

De klantenkring van Kühne bevindt zich grotendeels in de Benelux. Vele (middel) grote en kleine industriële ondernemingen mag Kühne tot haar vaste klantenkring rekenen. En ook aan tal van (semi) overheidsinstellingen levert Kühne haar producten.

De positie die Kühne in bovengenoemde vakgebieden inneemt, is niet steeds dezelfde. Toch zijn er overeenkomsten. Kühne werkt met materialen, die alle betiteld kunnen worden als 'technisch kunststof'. Het gaat veelal om materialen, waar vroeger asbest in verwerkt was. Kühne speelt frequent een rol in de introductie en toepassing van nieuwe materialen.

Kühne werkt nauw samen met een beperkt aantal vooraanstaande concerns, die de ruwe materialen produceren en aanleveren. Kühne vervaardigt daarvan - in eigen beheer - eindproducten. Natuurlijk zijn dit regelmatig standaard-producten, zoals de Feroball standaard-serie. Vaker echter, levert Kühne maatwerk dat volledig is toegespitst op en aangepast aan de wensen van de klant.

Vooraf bij deze producten wordt er optimaal gebruik gemaakt van de kennis, ontwikkelings- en laboratoriumcapaciteit die er binnen Kühne aanwezig is. Flexibiliteit en onafhankelijkheid zijn daarbij het credo.

Alle inspanningen zijn gericht op:

- verlenging van standtijden
- vermindering van onderhoud
- vervanging van stoffen, die schadelijk zijn voor mens en milieu.

Zowel op het hoofdkantoor van Kühne (in Hoevelaken) als in de vestiging Schiedam is een goed geoutilleerde werkplaats aanwezig, waar alle voorkomende mechani-

sche bewerkingen adequaat worden uitgevoerd. Ook bewerkingen die specifiek zijn voor de Kühne-producten (zoals vulkaniseren) kunnen ter plekke worden verricht. Deze bewerkingsmogelijkheden en de grote voorraad halffabrikaten stellen Kühne in staat om snel en op maat te leveren.

### 5.1. drie pijlers

#### *frictietechniek*

De industriële frictietechniek in Nederland houdt zich voornamelijk bezig met de revisie van remsystemen en koppelingen. De belangstelling voor dit vakgebied is groeiende, met name sinds het verdwijnen van asbest uit frictiematerialen. Moderne, asbestvrije materialen verschillen veelal van hun asbesthoudende voorgangers; ze zijn over het algemeen minder veelzijdig inzetbaar. Remsystemen, die vroeger 'goed' functioneerden, vertonen nu ongewenste verschijnselen. Het materiaal verglaast, piept, slijt snel, heeft onvoldoende houdkracht en ga zo maar door. Gelukkig zorgt Kühne ervoor dat dit definitief tot het verleden behoort. Samen met Ferodo (partner van Kühne en 's werelds leidende producent in frictiematerialen) is Kühne er namelijk in geslaagd om een kwalitatief gelijkwaardig materiaal te ontwikkelen. Gecombineerd met de kennis en toepassings- en bewerkingsmogelijkheden binnen Kühne, zorgt dit ervoor dat er voor elke frictietoepassing een kwalitatief uitstekende oplossing kan worden gevonden.

#### *lagertechniek*

Kühne heeft zich met name gespecialiseerd in onderhoudsarme glijlagers. Kühne werkt hiervoor met uiteenlopende materialen, zoals speciale polymeren, vezelversterkte kunststoffen en keramische materialen. Kühne vervaardigt hiervan lagers in alle mogelijke vormen en maten. Van taatlagers tot lagerbussen of combinaties daarvan. Van enkele millimeters groot tot diameters van één of meer meters. Uit één stuk of gedeeld. Standaard of op maat-gesneden. Cilindrisch of in bolvorm. Kortom: de mogelijkheden zijn talloos. Kühne levert lagers voor onder en boven water, voor

levensmiddelenmachines (FDA-goedgekeurd), voor baggerschepen, voor laag- en hoogtoerige toepassingen, voor vlaktedrukken tot 777 N/mm<sup>2</sup>, voor temperaturen boven 1000 °C, voor 'clean room'-toepassingen, voor extreem abrasieve milieus, ter vervanging van bronzen lagers en als alternatief voor wentellagers. Kortom: wederom teveel om op te noemen. Bij het construeren of reviseren van een lagering, is het daarom vrijwel altijd de moeite waard om te onderzoeken welke onderhoudsvrije oplossingen er zijn. Vanzelfsprekend kunnen de engineers van Kühne daarover goed adviseren.

#### *isolatietechniek*

In deze techniek onderscheiden zich twee deelgebieden: thermische en elektrische isolatie. Ook op deze gebieden heeft Kühne een uitgebreide kennis en ervaring opgedaan. Daarnaast beschikt Kühne ook op het terrein van isolatietechniek over een zeer volledig productenpakket en een goede, hechte samenwerking met vooraanstaande fabrieken. Kühne loopt daarvoor vaak voorop bij de introductie van nieuwe materialen. Kühne is specialist in de zogenaamde moeilijke toepassingen. Bijvoorbeeld toepassingen, waarbij een goede thermische isolatie essentieel is, maar waarbij ook hoge eisen gesteld worden aan maat- en vormvastheid van de materialen (bijvoorbeeld bij de isolatie van persmatrijzen). Zo maakt Kühne bijvoorbeeld ook onderdelen voor de handhaving van glas in het productiestadium, voorziet ovens van nieuwe isolatie en levert trechters die gebruikt kunnen worden bij het gieten van vloeibaar staal. Het temperatuurbereik, waarbinnen Kühne actief is, loopt op tot 1600 °C. Op het gebied van elektrische isolatie is Kühne ondermeer actief in de productie en revisie van alle merken en typen vonkenkappen. De conclusie ligt voor de hand: als er aan isolatie hogere eisen worden gesteld dan de eisen waaraan bulkmateriaal (zoals glas- en steenwol) kan voldoen, is Kühne de juiste partner. Heeft u specifieke vragen over de producten van Kühne of wilt u een van onze andere productbrochures ontvangen? Neem gerust contact op. Wij helpen u graag verder.

## Bijlage 1: symbolenlijst

De gebruikte symbolen hebben de volgende eenheid en betekenis:

Symbol	Eenheid	Betekenis
$A_g$	mm <sup>2</sup>	effectief glijoppervlak, zie tabellen hoofdstuk 3
$C$	N	dynamisch draaggetal, zie tabellen hoofdstuk 3
$C_0$	N	statisch draaggetal, zie tabellen hoofdstuk 3
$F_{rad}$	N	de radiaalcomponent van de optredende belasting
$F_{ax}$	N	de axiaalcomponent van de optredende belasting
$F_e$	N	de equivalentbelasting
$k_1$	-	toepassingsfactor: de invloed van de omstandigheden, waaronder een lager functioneert op de levensduur
$k_2$	-	temperatuurfactor: de invloed van temperatuur op de levensduur van een lager
$k_3$	-	dimensiefactor: de invloed van de lagergrootte op de levensduur van een lager
$k_4$	-	snelheidsfactor: de invloed van glijnsnelheid op de levensduur van een lager
$P_e$	N/mm <sup>2</sup>	de berekende vlaktedruk op het loopvlak van het lager
pv-waarde	Nm/mm <sup>2</sup> s	het product van de vlaktedruk en de omtreksnelheid (N/mm <sup>2</sup> * m/s)
$P_{td}$	N	dynamische belastingfactor: een lager is geschikt voor de optredende dynamische krachten als de waarde hiervan groter is dan $F_{e,d}$
$P_{ts}$	N	statische belastingfactor: een lager is geschikt voor de optredende statische krachten als de waarde hiervan groter is dan $F_{e,s}$
$v$	m/s	de optredende glijnsnelheid, gebaseerd op de lageromtrek
$W_g$	m	de levensduur van een lager uitgedrukt in de af te leggen weg
$z_1$	-	veiligheidsfactor: karakteristiek voor de combinatie van glijmateriaal, loopvlak en vormgeving van de Feroball's
$z_2$	-	belastingfactor: de invloed van het soort belasting op de toelaatbare belasting
$z_3$	-	temperatuurfactor: de invloed van de temperatuur op de toelaatbare belasting
$z_4$	-	gebruiksfactor: de invloed van de pv-waarde op de toelaatbare belasting

# B.2

## Bijlage 2. berekeningsblad

Gegevens te gebruiken als hulpmiddel voor de lagerberekening

### Basisgegevens:

Dynamische belasting	(N)	$F_{e,d} = F_{rad,d} + 5.75 F_{ax,d}$	$F_{e,d} =$
Statische belasting	(N)	$F_{e,s} = F_{rad,s} + 5.75 F_{ax,gr}$	$F_{e,s} =$
Lagertype	FBT	$C =$	$C_0 =$ , $A_g =$ , $D =$
Hoeksnelheid	(omw/s)		
Max. temperatuur	(°C)		

$F_{ax} \leq 0.15 F_{rad}$  ? -> Ja: doorgaan. Nee: contact Kühne

### Controle lagergrootte:

Veiligheidsfactor,	$z_1$		
Belastingfactor,	$z_2$		
Temperatuurfactor,	$z_3$		
Gebruiksfactor,	$z_4$	$P_e = F_{e,d} / A_{gr}$ , $P_e =$	$v = omw/s * \pi * D$ , $v =$ , $p * v =$
		$P_{td} = C * z_1 * z_2 * z_3 * z_4$	$P_{td} =$
		$P_{ts} = C_0 * z_1 * z_2 * z_3$	$P_{ts} =$

$F_{e,d} \leq P_{td} \wedge F_{e,s} \leq P_{ts}$  ? -> Ja: doorgaan. Nee: kies groter lagertype

### Levensduurberekening:

Toepassingsfactor,	$k_1$		
Temperatuurfactor,	$k_2$		
Dimensiefactor,	$k_3$		
Snelheidsfactor,	$k_4$	$v = omw/s * \pi * D$ , $v =$	
Vlaktedruk,	$p_e$	$p_e = F_{e,d} / A_{gr}$ , $p_e =$	
		$W_g = 7150 * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 / p_e$ ( $10^3$ m), $W_g =$	( $10^3$ m)

voldoende ? -> Ja: klaar. Nee: kies groter lagertype of neem contact op met Kühne voor alternatieve mogelijkheden

**KÜHNE INDUSTRIE B.V.** • HOGEBRINKERWEG 18 • 3871 KN HOEVELAKEN • TELEFOON (033) 254 22 77 • FAX (033) 258 07 24  
**VESTIGING SCHIEDAM:** FOKKERSTRAAT 501 • 3125 BD SCHIEDAM • TELEFOON (010) 437 67 58 • FAX (010) 415 89 57

***kühne***