

your global specialist

Detailinformation

## Prüfung von Schmierstoffen.

Die Basis individueller Schmierstofflösungen



1.0	Einleitung	3
2.0	Sinn und Zweck mechanisch-dynamischer Prüfverfahren	3
3.0	Systematik der Prüfverfahren	6
4.0	Nutzen und Kosten tribologischer Prüfungen	8
5.0	Überblick der Standard-Prüfverfahren bei Klüber Lubrication	10
6.0	Darstellung ausgewählter mechanisch-dynamischer Prüfverfahren und ihre Aussagekraft	16
6.1	Rollstabilitätstester	17
6.2	Shell-Vierkugelapparat (VKA)	18
6.3	Gelenkwellenprüfstand	19
6.4	FZG-Zahnradverspannungsprüfstand Flender-Graufleckentest	20
6.5	FZG-Zahnradverspannungsprüfstand	21
6.6	Schwing-Reibverschleiß-Gerät	22
6.7	EMCOR-Maschine	23
6.8	Tannert-Gleitindikator	24
6.9	Reichert-Reibverschleißwaage	25
6.10	Gleitreibprüfstand	26
6.11	Wasserauswaschtest	27
6.12	FE 9 Wälzlagerfett-Prüfmaschine	28
6.13	ROF Wälzlagerfett-Prüfmaschine	30
6.14	FE 8 Wälzlagerschmierstoff-Prüfgerät	32
6.15	SNR-FEB 2 Wälzlagerfett-Prüfmaschine	33
6.16	Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand - IP 186	34
6.17	Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand - ASTM D 1478	36
6.18	Wälzlager-Drehmomentprüfgerät	37
6.19	Schmierstoffprüfgerät nach Brugger	38
6.20	Fett-Testgerät FTG 2	39
6.21	GRW-Geräuschprüfgerät	40
6.22	Almen-Wieland-Schmierstoffprüfmaschine	41
6.23	HTN-Spengler	42
6.24	FAG-Schwinggütemeßgerät MGG 11	43
6.25	Zwick-Elastomer-Reibprüfstand	44
6.26	Press-Fit-Test	45
6.27	SKF-BeQuiet Fett-Geräuschprüfgerät	46
6.28	Timken-Maschine	47
7.0	Von Klüber Lubrication entwickelte, spezielle Bauteilprüfungen	48
7.1	Klüber-Schneckengetriebe-Prüfstand	49
7.2	Klüber-Hochtemperatur-Kettenprüfstand	50
7.3	Klüber-Leistungsketten-Prüfstand	51
7.4	Brückner-Test	52
7.5	Fahrradketten-Prüfstand	53
7.6	Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Stickslip-Test)	54
7.7	Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Life-Test)	55
7.8	Oszillierender Gleitplatten-Prüfstand	56
7.9	Weichenprüfstand	57
7.10	Schwingungs-Reibverschleiß-Prüfgerät	58
7.11	Elektro-Kontakt-Prüfstand	59
7.12	Trolley-Prüfstand	60
7.13	Seilprüfstand	61
7.14	Klüber-Pulley-Prüfstand	62
7.15	Klüber-Spindellager Prüfstand	63
7.16	Kugelgelenk Prüfstand	64
7.17	Fettentspannungs-Prüfstand	65

# 1.0

## Einleitung

Das Leistungsvermögen von Schmierstoffen kann durch Kenndaten, die durch Prüfungen ermittelt werden, nur von Fachleuten interpretiert werden, die die richtigen Schlußfolgerungen ziehen, um danach die bestmögliche Schmierstoffauswahl treffen zu können. Mit dem nötigen Erfahrungshorizont, den zu erweitern dieses Heft beitragen soll, stellen die Kenndaten jedoch wichtige Entscheidungshilfen bei der Schmierstoffauswahl dar. Grundsätzlich können zwei Arten der Kenndaten von Schmierstoffen unterschieden werden: **chemisch-physikalische und mechanisch-dynamische.**

Bei chemisch-physikalischen Prüfungen werden dem Schmierstoff nur einzelne spezifische Merkmale abgefordert, während in mechanisch-dynamischen Tests versucht wird, die gleichzeitige Auswirkung von Belastung, Geschwindigkeiten, Medien und Temperaturen auf das Reibungs- und Verschleißverhalten eines Tribosystems zu simulieren. Eine universelle Testapparatur gibt es nicht. Speziell bei Neukonstruktionen von Maschinen liegt oft nur die Konzeption auf Papier vor. Prototypen der Originalmaschine stehen für Prüfungen nur selten zur Verfügung. Somit ist der Prüflingenieur bei der Schmierstoffentwicklung oft allein auf Modellprüfstände angewiesen, die nur bedingt und vereinfacht das Originalsystem abbilden. Zahlreiche solcher Modellversuche mit unterschiedlichen Versuchsbedingungen sind nötig, um deren Ergebnisse richtig interpretieren und auf das Original übertragen zu können.

Grundsätzlich gehen chemisch-physikalische Prüfungen den mechanisch-dynamischen voraus. Je nach Schmierstofftyp und Anforderung kommen sehr unterschiedliche Prüfverfahren zur Anwendung, wie sie in *Tabelle 1a und 1b* auszugsweise dargestellt sind.

# 2.0

## Sinn und Zweck mechanisch-dynamischer Prüfverfahren

Sowohl bei der Schmierstoffentwicklung durch Klüber Lubrication, als auch bei Praxiserprobung und Einsatz durch den Anwender müssen die Anwendungstauglichkeit von Schmierstoffen und deren Leistungsgrenzen technisch beurteilt werden können. Dazu stellen mechanisch-dynamische Schmierstoffprüfungen, in denen Schmierstoff-Werkstoffpaarungen durch Temperatur, Kräfte, Relativbewegung und Medien beansprucht werden, ein wichtiges Bindeglied zwischen Klüber Lubrication und Anwender, zur erfolgreichen Entwicklung von Schmierstoffen und zur Lösung von Schmierungsproblemen, dar (*siehe Bild 1*). Im Einzelnen sind folgende Vorteile mechanisch-dynamischer Prüfungen zu nennen:

- Vereinfachende Abbildung der Schmierungsproblematik durch geeignete Prüfverfahren und Prüfbedingungen.
- Überprüfung von Produktidee, Konzept und Grundlagen-erarbeitung.
- Optimierung der Schmierstoffrezepturen und Herstellverfahren; Einfluß der Betriebs- und Versuchsparameter auf das Reibungs- und Verschleißverhalten.
- Technische Dokumentation und Absicherung der Schmierstoffempfehlungen.
- Reduzierung der komplexen, zeit- und kostenintensiven Praxiserprobung auf Tests mit wenigen, erfolgversprechenden Schmierstoffvarianten.
- Abkürzung der Entwicklungszeiten und Reduzierung der Kosten.

Mit den Ergebnissen mechanisch-dynamischer Prüfungen lassen sich die technologischen Vorteile von Spezialschmierstoffen belegen, wobei die Betrachtung und Interpretation der diversen Prüfergebnisse – je nach Profession – mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung erfolgt.

- Dem Chemiker dienen sie als Beurteilungsbasis dafür, inwieweit die Vorgaben durch das Schmierstoffanforderungsprofil erfüllt wurden.
- Dem Prüflingenieur und Konstrukteur ermöglichen die Ergebnisse in ihrer Gesamtheit Interpretationen bzw. ableitbare Aussagen bezüglich der Anwendung und der Einsatzgrenzen.
- Bei der Schmierstoffproduktion dienen die Resultate zur Überprüfung des Qualitätsstandards und als Beleg für die Qualitätssicherung.
- Technischer Vertrieb, Marketing und Anwendungstechniker können eine fundiert dokumentierte und kompetente Empfehlung an den Anwender geben.
- Der Anwender kann die Produkt-ergebnisse von Tests auf genormten Prüfmaschinen direkt vergleichen bzw. die Versuchswerte von Tests auf sonstigen Prüfgeräten bezüglich Methodik und Aussagekraft relativ zueinander zuordnen und ihre Übertragbarkeit auf den praktischen Einsatzfall abschätzen.

**Tabelle 1.0 a: Chemisch-physikalische Kenndaten von Schmierölen**

Kenndaten	Prüfung	Bemerkung
Farbe/Farbzahl	DIN 51 411 ISO 2049	Bestimmung der Farbe mittels Colorimeter bzw. nach Saybolt; Identifikationshilfsmittel
Dichte	DIN 51 757	Quotient aus der Masse eines Stoffes zum Volumen
Flammpunkt	DIN ISO 2592	Niedrigste Temperatur, bei der das Dampf-Luftgemisch über einem Tiegel durch Fremdzündung entflammt
Aschegehalt	DIN 51 575 DIN EN 7	Rückstand, der beim Veraschen als Oxid oder Sulfat verbleibt; Sulfatasche nur für Öle mit metallorganischen Zusätzen und für gebrauchte Öle
Viskosität	DIN 51 561	Maß für den Widerstand, den eine Flüssigkeit dem Fließen entgegensetzt <b>Dynamische Viskosität:</b> Verhältnis von Schubspannung und Schergefälle, Einheit: Pa s oder N s/m <sup>2</sup> <b>Kinematische Viskosität:</b> Verhältnis Dynamische Viskosität/ Dichte, Einheit: mm <sup>2</sup> /s
Emulgierfestigkeit	DIN 51 589	Widerstand eines Öles gegen Emulsionsbildung
Verseifungszahl	DIN 51 559	Verbrauchte Alkalimenge (mg KOH), um die in 1 g Öl enthaltenen freien Säuren zu neutralisieren und die Ester zu verseifen
Pourpoint	DIN ISO 3016	Die Temperatur, bei der eine Schmierölprobe beim Abkühlen unter festgelegten Bedingungen gerade noch fließfähig ist
Viskosität-Temperatur- verhalten (VT)	DIN 51 563	Abhängigkeit der Fließeigenschaften eines Schmieröles von der Temperatur
Viskositätsindex (VI)	DIN ISO 2909	Dimensionslose Zahl, die die Viskositätsänderung mit der Temperatur charakterisiert
Verdampfungsverlust	DIN 51 581	Quantitative Bestimmung der Ölverdampfung bei erhöhter Temperatur
Viskosität- Druckverhalten (VP)	–	Abhängigkeit der Viskosität eines Schmieröls vom Druck
Wassergehalt		<b>Qualitativer Nachweis</b> durch die Spratzprobe: Beim Erhitzen von Öl im Reagenzglas > 100 °C entsteht ein spratzendes Geräusch beim Verdampfen des Wasseranteils <b>Quantitativer Nachweis:</b> Das Schmieröl wird unter Verwendung eines Rückflußkühlers mit Xylol oder Kohlenwasserstoffen – wie z. B. Siedegrenzenbenzin – auf > 100 °C erhitzt; das destillierte Wasser wird in einer Meßvorrichtung aufgefangen
Luftabscheide- vermögen (LAV)	DIN 51 381	Ermittlung der dispergierten Luft in einem Schmieröl

**Tabelle 1.0 b: Chemisch-physikalische Kenndaten von Schmierfetten**

Kenndaten	Prüfung	Bemerkung
Struktur	–	Kohäsionsverhalten
Dichte	DIN 51 757	Quotient von Masse zu Volumen eines Stoffes; Identifikationshilfsgröße
Grundölviskosität	DIN 51 561	Indikator für das Lasttragevermögen bzw. Reibungs- und physikalisches Verschleißverhalten wie auch Fließverhalten
Tropfpunkt	DIN ISO 2176	Bestimmt wird die Temperatur, bei der das Schmierfett unzersetzt aus der Testeinheit abtropft
Penetration	DIN ISO 2137	Ein Maß für die Steifigkeit eines Schmierfettes; Eindringtiefe eines Metallkonus in einem fettgefüllten Becher in 1/10 mm; Bandbreiten sind in NLGI-Klassen eingeteilt
Scheinbare Viskosität	DIN 53 018, Teil 1	Bestimmung des inneren Widerstandes eines Schmierfettes gegenüber Scherung unter Annahme Newton'schen Fließverhaltens
Fließdruck	DIN 51 805	Notwendiger, temperaturabhängiger Druck, um Fett aus einer Düse herauszutreiben; Indikator für untere Gebrauchstemperatur
Korrosivität gegenüber Kupfer/Stahl	DIN 51 811	Korrosionsschutz bzw. (-verursachung) des Schmierstoffes bei Buntmetall-Legierungen bzw. Stählen
Oxidationsbeständigkeit	DIN 51 808	Widerstand des Schmierfettes gegen die Aufnahme von Sauerstoff, gemessen als Druckabfall; Indikator für Alterung
Wasserbeständigkeit	DIN 51 807, Teil 1	Statischer Test, um ein Emulgieren des Schmierfettes zu prüfen
Ölabscheidung	DIN 51 817	Bestimmung der Ölausblutung; Angabe erfolgt in Gewichtsprozent

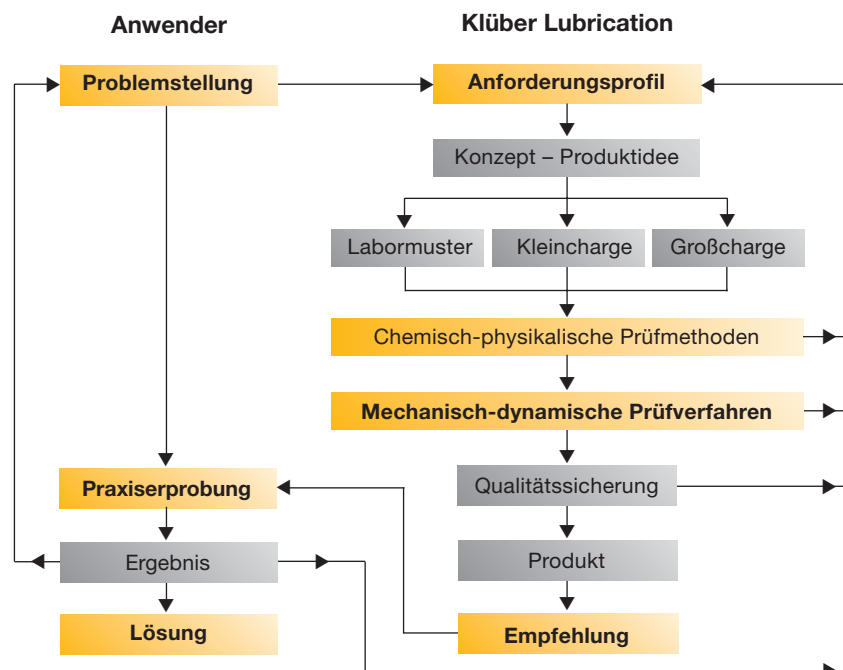


Bild 1: Schematische Darstellung der Schmierstoffentwicklung



# 3.0

## Systematik der Prüfverfahren

Für die Schmierstoffuntersuchung bietet DIN 50 322 Hilfestellung. Nach dieser Norm lassen sich sechs Kategorien von Prüfsystemen unterscheiden. In Bild 2 sind an dem praktischen Beispiel „Verschleißprüfung eines Nutzfahrzeug-Schaltgetriebes“ die Prüfkategorien anschaulich dargestellt.

### I Praxistest

Das komplette Originalgerät läuft im Feldversuch unter realen Betriebsbedingungen.

### II Prüfstandsversuch

Das Originalgerät läuft im Labor unter reproduzierbaren, betriebsähnlich eingestellten Versuchsparametern.

### III Baugruppen bzw. Bauteilversuch

Komponenten aus dem Originalgerät werden im Labor definierten, praxisähnlichen Beanspruchungen unterworfen.

### IV Modellversuch mit maßstäblich geänderten Baugruppen bzw. Bauteilen

Die meist verkleinerten Baugruppen bzw. Bauteile werden im Labor unter definierten, jedoch der Verkleinerung angepaßten Beanspruchungen getestet.

### V Modellversuch mit vereinfachten Bauteilen

Dem Bauteil ähnliche bzw. vereinfachte Prüfkörper werden ähnlich wie in der Praxis beansprucht.

### VI Modellversuch mit einfachsten Prüfkörpern

Prüfkörper simpler geometrischer Art werden im Labor unter vereinfachten definierten und einstellbaren Beanspruchungen getestet.

Da Praxistest und Prüfstandsversuche meßtechnisch komplex, aufwendig und außerdem sehr teuer sind, wird in der Prüftechnik meist auf Ersatzsysteme ausgewichen. Hierzu ist es notwendig, das Originalgerät auf ein tribologisches System zu reduzieren und die für das Reibungs- und Verschleißverhalten relevanten Beanspruchungsgrößen abzu-

Kategorie	Art des Versuchs		Symbol
I	Betriebs- bzw. betriebs-ähnliche Versuche	Praxistest (Feldversuch)	
II		Prüfstandsversuch	
III		Baugruppen- bzw. Bauteilversuch	
IV	Versuch mit Modell-system	Versuch mit unverändertem Bauteil oder verkleinertem Aggregat	
V		Beanspruchungsähnlicher Versuch mit Probekörpern	
VI		Modellversuch mit einfachen Probekörpern	

Bild 2: Kategorien mechanisch-dynamischer Versuche nach DIN 50 322

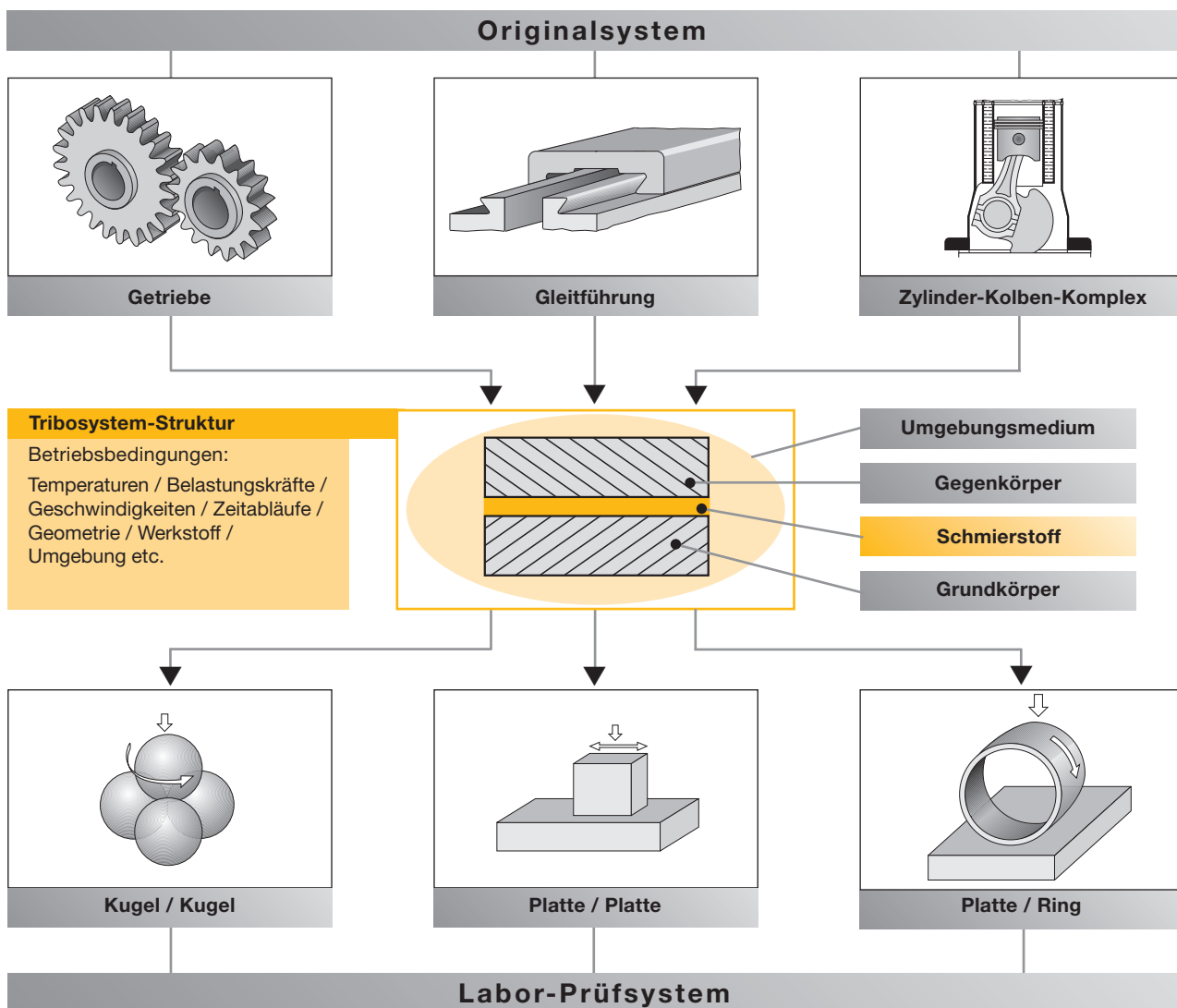


Bild 3: Modellierung des Originals über die Analyse des Tribosystems

schätzen (siehe dazu Bild 3). Der Versuchsaufbau, die Prüfkörper, aber auch die Meßtechnik sind bei Bauteilprüfgeräten weitaus komplizierter, die Akzeptanz der Ergebnisse aber um ein Vielfaches höher, als bei Modellprüfmaschinen. Dem Hersteller von Spezialschmierstoffen ist es meist nur möglich, Baugruppen- bzw. Bauteilversuche durchzuführen, bzw. mit Modellsystemen zu arbeiten.

Modellprüfstände bieten Vorteile durch geometrisch einfache Prüfkörper (Werkstoffe und Bearbeitungsoberflächen sind leicht modifizierbar), meist kürzere Prüfzeiten und durch bessere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse auf Grund der geringeren Anzahl möglicher Einflußfaktoren. Zudem sind die Versuchsparameter in einem weiten Bereich veränderbar und die Prüfkosten geringer. Baugruppenversuchsstände sind da-

gegen sehr teuer und die damit durchgeführten Tests zeit- und kostenintensiver. Sind die mit Modellprüfgeräten ermittelten Ergebnisse bezüglich des Einflusses der Versuchsparameter besser interpretierbar, so sind wiederum die Prüfergebnisse, die mit Hilfe von Baugruppen- bzw. Bauteilprüfmaschinen ermittelt wurden, im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit auf die Praxis leichter und sicherer zu interpretieren. Bei der Realisierung einfacher Prüfprinzipien muß von der Forderung ausgegangen werden, daß die Prüfkörper einfach erhältlich oder zu fertigen sind. Bewährt haben sich handelsübliche Grundelemente, wie Wälzlagering, Kugeln, Zylinder, Scheiben, Klötzchen, Platten usw.



	Praxistest	Bauteilprüfung	Modellprüfung
Einsatzfall	Konkreter Anwendungsfall	Anwendungsfall bzw. Entwicklung	Grundlagenuntersuchung (Phänomen)
Prüfkörper	Orig. Maschinen bzw. Geräte(teile)	meist einfache Maschinenelemente	meist einfache Kontaktgeometrie
Parameterüberwachung bzw. -trennung	nur bedingt möglich	teilweise möglich	möglich
Feststellen des Versagenskriteriums	nur bedingt möglich	teilweise möglich	möglich
Übertragung auf die Praxis	möglich	teilweise möglich	nur bedingt möglich
Messmittelaufwand	niedrig bis hoch	mittel bis hoch	niedrig bis mittel
Zeitaufwand	hoch	mittel	gering

Tabelle 2: Vor- und Nachteile von Prüfsystemen

## 4.0 Nutzen und Kosten tribologischer Prüfungen

Bei der Anschaffung von Prüfmaschinen werden die Kosten im wesentlichen vom Konzept, den einstellbaren Bereichen von aufzubringenden Kräften, Momenten, Temperaturen, Drehzahlen, Geschwindigkeiten und der verwendeten Meßtechnik – incl. Datenerfassung – bestimmt.

So kosten Modellprüfstände im Mittel zwischen 5 und 75 T€, Bauteilprüfstände zwischen 15 und 250 T€, wobei die Grenzen nach oben offen sind, wenn Lastkollektive, d. h. dynamische Veränderungen der Beanspruchungsgrößen, abgeprüft werden. Hinzu kommen Kosten für Betrieb und Instandhaltung des Prüfstandes, Kosten für die nötige Prüf- und Messperipherie und letztlich die Personalkosten. Diese Hauptkostenarten sind nochmals in *Bild 4* dargestellt. Eine grobe Kalkulation für einen

Modellprüflauf mit Auswertung ergibt Beträge zwischen 50 und 500 € je nach Gerät. Für eine Bauteilprüfung schwanken die Kosten zwischen mehreren 1000 €. Diese Aufwendungen für mechanisch-dynamische Prüfungen stehen aber den zu erwartenden Kosten gegenüber, die bei unfundierten Empfehlungen oder falscher Anwendung des Schmierstoffes entstehen würden. So summieren sich Maschinenschadens-, Reparatur-, Stillstands- und Folgekosten aufgrund zunehmender Vernetzung von Maschinenanlagen schnell auf ein Vielfaches etwaiger Prüfkosten.

Der hohe Aufwand für auf den speziellen Einsatzfall entwickelte, getestete, und auch auf Fertigungsqualität überprüfte Schmierstoffe schlägt sich im Preis nieder, gibt jedoch Sicherheit für



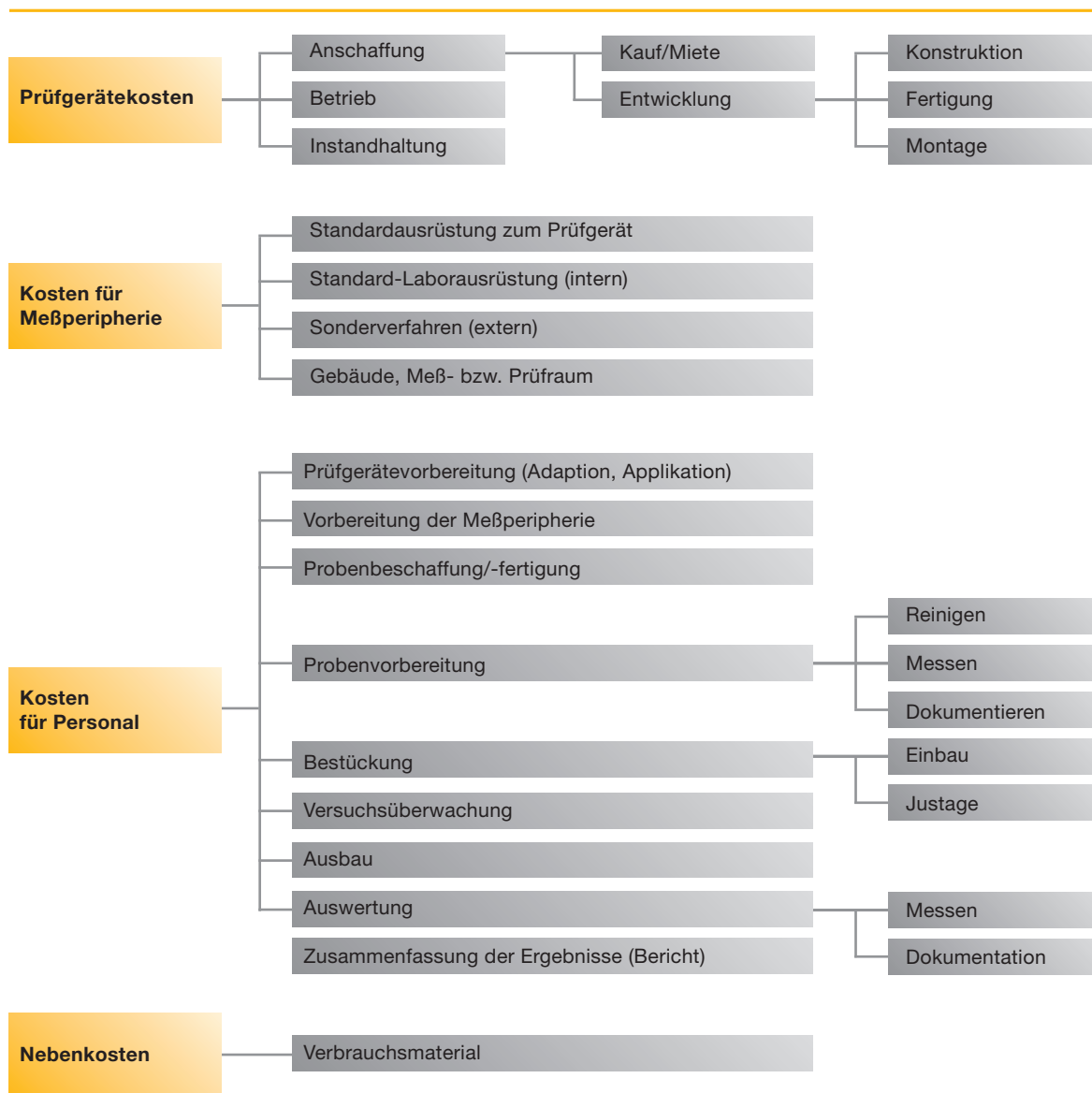
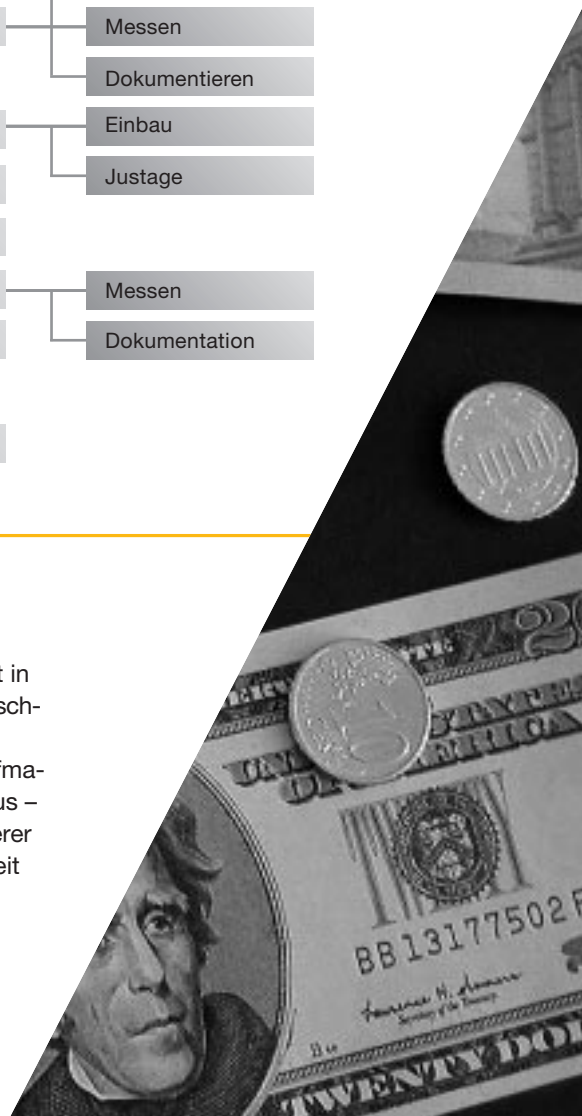


Bild 4: Aufteilung der Hauptkostenarten bei tribologischen Prüfungen

einen langen, störungsfreien Betrieb der Maschinenanlagen und somit einen schnellen „return of investment“. Klüber-Qualität wird nicht dem Zufall überlassen. Ob bei der Rohstoffeignung, bei Ermittlung des Leistungsvermögens oder bei der Überprüfung der Qualitätsdaten des Schmierstoffes: tribologische Tests gehören dazu – intern oder extern ausgeführt.

Klüber Lubrication hat in letzter Zeit in Prüffeld und Prüftechnik für mechanisch-dynamische Prüfungen sechsstellige Beträge investiert und baut den Prüfmaschinenpark kontinuierlich weiter aus – zur Sicherstellung der Qualität unserer Produkte und somit zur Zufriedenheit der Kunden und Anwender.



# 5.0 Überblick der Standard-Prüfverfahren bei Klüber Lubrication

lfd. Nr.	Prüfung/Verfahren	Kurzbeschreibung	Anwendung	
1	FE 9 Wälzlagerfett-Prüfmaschine ROF Wälzlagerfett-Prüfmaschine	Gebrauchsdauer von Schmierfetten	W	
2	Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand - IP 186, - ASTM 1478	Tieftemperaturdrehmoment von fettgeschmierten Wälzlager	W, G	
3	ROF Wälzlagerfett-Prüfmaschine	Gebrauchsdauer von Schmierfetten	W	
4	FE 8 Wälzlagerschmierstoff-Prüfgerät	Verschleißschutzverhalten von Schmierfetten		
5	FE 8 Wälzlagerschmierstoff-Prüfgerät	Verschleißschutzverhalten von Schmierfetten		
6	FE 9 Wälzlagerfett-Prüfmaschine ROF Wälzlagerfett-Prüfmaschine	Gebrauchsdauer von Schmierfetten		
7	ROF Wälzlagerfett-Prüfmaschine	Gebrauchsdauer von Schmierfetten		
8	SNR - FEB 2 Wälzlagerfett-Prüfmaschine	Verschleißschutzverhalten von Schmierfetten		
9	EMCOR-Maschine	Korrosionsschutzverhalten von Schmierfetten		
10	FAG - Schwinggütemeßgerät MGG 11, SKF - MVH 90 B	Geräuschverhalten von Schmierfetten		
11	FAG Wälzlagerfett-Prüfmaschine „KSM“	Schmierstoffverhalten im Wälzlager		
12	Schwing-Reibverschleiß-Gerät	Gebrauchswert von Schmierstoffen	W, G, K, A	
13	Wälzlager-Drehmomentprüfgerät	Anlauf- und Reibmomentprüfung von Schmierfetten	W	
14	Wasserauswaschtest	Wasserbeständigkeit von Schmierfetten		
15	Rollstabilitätstester	Walkbeständigkeit von Schmierfetten	W, G	
16	Shell-Vierkugelapparat (VKA)	Verschleißschutzverhalten von Schmierstoffen	W, G, K	
17	Gleitreibprüfstand	Gleitreibungsverhalten von Schmierstoffen ball-on-disk, pin-on-disk		

## Legende zu Spalte „Anwendung“

<b>A</b>	Sanitärarmaturen	<b>P</b>	Presswerkzeuge
<b>GF</b>	Gleitlagerung und Führungen	<b>S</b>	Schneidwerkzeuge
<b>K</b>	Ketten	<b>W</b>	Wälzlager
<b>G</b>	Getriebe		

In *Tabelle 3* sind die geläufigsten Prüfungen und Prüfverfahren dargestellt. Neben einer Kurzbeschreibung des Tests werden die primären Prüfungsparameter und die Beanspruchung des Schmierstoffes aufgeführt. Außerdem ist die Hauptanwendung der Prüfung und die Kategorie des Prüfsystems erfaßt.

Beanspruchung	Primäre Prüfparameter und Prüfaussage	Modell-, Bauteil- oder Aggregatsprüfung
Hochtemperatur	Temperatur: 100 bis 250 °C, Ausfallzeit, obere Gebrauchsdauer	Bauteil
Tieftemperatur	Start- und Laufdrehmoment, Temperatur: -70 bis 0 °C, untere Gebrauchstemperatur	
hohe Drehzahlen	Drehzahl: 1000 bis 20 000 (30 000) min <sup>-1</sup> , Ausfallzeit	
niedrige Drehzahlen	Drehzahl: 7,5 bis 3 000 min <sup>-1</sup> , Verschleißwägung, Beharrungstemperatur und Reibmomentverlauf	
Schwerlast	Axialkraft bis 80 000 N, Verschleißwägung, Beharrungstemperatur und Reibmomentverlauf	
mittlere Last	Axialkraft 1 500 bis 4 500 N (FE 9), Radialkraft bis 800 N (ROF), Ausfallzeit	
leichte Last	Radialkraft 50 bis 200 N, Axialkraft 100 N	
oszillierende Bewegung	Schwingwinkel ± 3 °, Verschleiß in mg	
Stop- and go-Betrieb unter Medieneinfluss	Korrosionsgrad (Tabelle DIN 51 802)	
Axialkraft, Drehzahl	Körperschallmessung nach Geräuschkategorie oder Niveau, Einlaufverhalten	
Axialkraft, Drehzahl, Temperatur	Reibmoment, Beharrungstemperatur, visuelle Beurteilung (Ölabscheidung, Fettkragen usw.)	
oszillierende Bewegung	Temperatur bis max. 280 °C, Reibzahlverlauf, Verschleiß	Modell
Axialkraft, Drehzahl	Start- und Laufdrehmoment über die Zeit	Bauteil
Medieneinfluss, Drehzahl	Fettverlust in Gewichtsprozent und visuelle Beurteilung	
Temperatur, Walkung	Temperatur bis 250 °C, Penetration, Walkdauer, visuelle Beurteilung	Modell
Kraft (Kurz- oder Dauerbelastung), Drehzahl, Temperatur	Verschleißkraft, Verschleißdurchmesser, Scherstabilität	
Normalkraft, Gleitgeschwindigkeit, Reibung, Verschleiß	Temperatur bis 150 °C, Reibzahl über die Zeit	

lfd. Nr.	Prüfung/Verfahren	Kurzbeschreibung	Anwendung	
18	Klüber-Hochtemperaturkettenprüfstand	Gebrauchsverhalten von Schmierölen	K	
19	Tannert-Gleitindikator	Gleitreibungsverhalten von Schmierstoffen und Werkstoffpaarungen	W, G, K, GF	
20	FZG-Zahnradverspannungsprüfstand	Verschleißschutzverhalten von Fließfetten und Schmierölen	G	
21	Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Life-Test)	Gebrauchsdauer von Schmierfetten in Sanitärarmaturen (Wasser)	A	
22	Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Stick-Slip-Test)	Reibungsverhalten von Schmierfetten in Sanitärarmaturen (Wasser)		
23	Reichert-Reibverschleiß-Waage	Druckaufnahmevermögen von Schmierstoff-/Werkstoffpaarungen	S	
24	Schmierstoffprüfgerät nach Brugger	Druckaufnahmevermögen von Schmierstoff-/Werkstoffpaarungen	P	
25	Press-Fit-Tester	Stick-Slip-Verhalten von Schmierstoffen	GF	
26	Klüber-Gashahn-Prüfgerät	Reib- und Stick-slip-Verhalten von Schmierfetten	A	
27	Brückner-Test	Schmierstoffverhalten in vertikal eingebauten Wälzlagerungen	W	
28	Klüber-Schneckengetriebeprüfstand	Verschleiß- und Reibungsverhalten von Schmierstoffen	G	
29	Klüber-Leistungsketten-Prüfstand	Gebrauchsverhalten von Schmierölen	K	
30	Oszillierender Gleitplatten-Prüfstand	Gleitreibungsverhalten von Schmierstoffen und Werkstoff-Paarungen	W, G, K, GF	
31	Weichenprüfstand	Reib- und Verschleißverhalten von Schmierstoffen	GF	

#### Legende zu Spalte „Anwendung“

<b>A</b>	Sanitärarmaturen	<b>P</b>	Presswerkzeuge
<b>GF</b>	Gleitlagerung und Führungen	<b>S</b>	Schneidwerkzeuge
<b>K</b>	Ketten	<b>W</b>	Wälzlager
<b>G</b>	Getriebe		

Beanspruchung	Primäre Prüfparameter und Prüfaussage	Modell-, Bauteil- oder Aggregatsprüfung
Temperatur, Zugkraft, Geschwindigkeit	Temperatur -30 °C bis 150 °C, Verschleiß- und Reibungswerte, Laufzeit	Bauteil
Normalkraft, Temperatur, niedrige Gleitgeschwindigkeit	Temperatur bis 250 °C, Gleitgeschwindigkeit von 0 bis 0,48 mm/s, Stick-slip-Erkennung, Reibungszahl	Modell
Kraft, Drehzahl, Temperatur, Verschleiß	Schadenskraftstufe und Verschleiß	Bauteil, Aggregat
Lastwechsel Öffnen/Schließen	Erreichte Lastwechsel bei 18 °C und 2,5 Nm Schließdrehmoment	Bauteil
Öffnungs-/Schließmoment abhängig von Lastwechselzahl	Drehwinkelabhängiger Reibmomentenverlauf bei 70 °C, Stick-slip-Erkennung	
Gleiten unter hohen Drücken	Spezifische Flächenpressung	
Gleiten unter hohen Drücken	Spezifische Flächenpressung	
Gleiten unter hohen Drücken bei niedrigen Gleitgeschwindigkeiten	Stick-Slip, Reibungszahl	
Lastwechsel unter Temperatur	Reibwert und Stick-Slip abhängig von Lastwechselzahl	
Hochtemperatur (> 150 °C), wechselnde Drehrichtungen, vertikale Einbaulage	Schmierstoffverlust, visuelle Beurteilung	Aggregat
Gleiten unter hohen Drücken	Verschleißverlauf, Wirkungsgrad, Schmierungszustand, Temperaturen	
Zugkraft, Geschwindigkeit, Temperatur	Temperaturen von -20 °C bis 150 °C Verschleiß- und Reibungsverhalten	Bauteil
Normalkraft, Temperatur, mittlere Gleitgeschwindigkeit	Temperatur <0 °C bis 150 °C, Gleitgeschwindigkeit von 1 bis 150 mm/sec, Stick-Slip, Verschleiß, Reibungszahl	Modell
Normalkraft, Temperatur, Medieneinfluß, Gleitgeschwindigkeit	Intermittierender Medieneinfluß, Reibkraftverlauf, optische Beurteilung	Bauteil



<b>lfd. Nr.</b>	<b>Prüfung/Verfahren</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>	<b>Anwendung</b>	
32	Schwingungs-Reibverschleiß-Prüfgerät	Schmierstoffverhalten bezüglich Schwingungsverschleiß und Tribokorrosion	GF, G, W	
33	Elektro-Kontakt-Prüfstand	Lebensdauerverhalten von Schmierstoffen in Elektrokontakten	GF	
34	Trolley-Prüfstand	Lebensdauerprüfung von Hochtemperatur-Schmierfetten in Trolley-Lagern	W	
35	Seilprüfstand	Lebensdauerermittlung von geschmierten Drahtseilen	GF	
36	Fett-Testgerät FTG 2	Ölausscheidung von Fetten unter Druckbelastung	W, GF, K	
37	GRW-Geräuschprüfgerät	Laufgeräuschverhalten von Schmierfetten im Wälzlager	W	
38	Almen-Wieland-Schmierstoffprüfmaschine	Hochdruck- und Verschleißverhalten von Schmierstoffen	GF, W, K, G	
39	Zwick-Elastomer-Reibprüfstand	Ermittlung der Haft- und Gleitreibung von Elastomeren	GF, G, A	
40	SKF-BeQuiet-Fett-Geräuschprüfgerät	Laufgeräuschverhalten von Schmierfetten im Wälzlager	W	
41	Radlager-Test	Schmierfettverlustmessung		
42	GMN - KGE 4	Geräuschverhalten von Schmierfetten		
43	Fettförderprüfstand (Zentralschmieranlagen)	Förderbarkeit von Schmierfetten		
44	Fettentspannungsprüfstand	Entspannungsverhalten von Schmierfetten in Leitungssystemen		
45	Flender-Schaumtester	Schaumverhalten von Schmierölen	G	
46	KFZ-Wasserpumpentest	Schmierstoffverhalten in kompletten Lagereinheiten	W	

#### Legende zu Spalte „Anwendung“

<b>A</b>	Sanitärarmaturen	<b>P</b>	Presswerkzeuge
<b>GF</b>	Gleitlagerung und Führungen	<b>S</b>	Schneidwerkzeuge
<b>K</b>	Ketten	<b>W</b>	Wälzlager
<b>G</b>	Getriebe		

Beanspruchung	Primäre Prüfparameter und Prüfaussage	Modell-, Bauteil- oder Aggregatsprüfung
Flächenpressung, Zeit, Schwingungsfrequenz	Tribokorrosionsgrad, Bewertungsklasseneinteilung	Modell
Spannung, Strom	Erreichte Zyklenzahl, Spannungsabfall	Bauteil
Temperatur, Drehzahl, oszillierende Drehrichtung	Temperatur bis 280 °C, Drehzahl von 20 min <sup>-1</sup> erreichte Laufzeit	
Zuglast, Umlenkungs-Seil	Belastung bis 200 N, Seilgeschwindigkeit 125 mm/sec Zyklenzahl	
Druck, Temperatur	Druck von 20 bar, Raumtemperatur, Ölausscheidung und Aushärtungsschichtdicke	Modell
Drehzahl, Axiallast	Frequenzbänder, Peaks und „Prasseln“	Bauteil
Gleitgeschwindigkeit, Radiallast	Prüflast bis 20 kN, Gleitgeschwindigkeit 0,066 m/s, Bruchlast, Abrieb, Reibungskraft	Modell
Normalkraft, Gleitgeschwindigkeit, Temperatur	Gleitgeschwindigkeit bis 800 mm/min, Reibkraft bis 10 N, Weg-Reibungszahl-Diagramm	
Drehzahl, Axiallast	Quantitative Bestimmung von Geräuschspitzen und Frequenzbändern, sowie Anlaufverhalten und Dämpfung	Bauteil
Temperatur/Drehzahl	Temperatur bis 163 °C, Fettverlust in g, visuelle Beurteilung	
Axialkraft, Drehzahl	Körperschallmessung nach Geräuschklasse oder Niveau, Einlaufverhalten	
Druck, Temperatur, Fördermenge, Förderzyklen	Temperatur bis 350 °C, Ölabscheidung, Ölverkokung, visuelle Beurteilung	Aggregat
Druck, Temperatur	Zeitabhängiger Restdruck bei verschiedenen Temperaturen	Bauteil
Drehzahl, Verzahnung	Flüssigkeits-/Schaumvolumen (zeitabhängig)	Modell
Temperatur und Drehzahl	Schmierstoffverlust, visuelle Beurteilung	Bauteil

## 6.0

# Darstellung ausgewählter mechanisch-dynamischer Prüfverfahren

Inhalt	Seite
6.1 Rollstabilitätstester	17
6.2 Shell-Vierkugelapparat (VKA)	18
6.3 Gelenkwellenprüfstand	19
6.4 FZG-Zahnradverspannungsprüfstand Flender-Graufleckentest	20
6.5 FZG-Zahnradverspannungsprüfstand	21
6.6 Schwing-Reibverschleiß-Gerät	22
6.7 EMCOR-Maschine	23
6.8 Tannert-Gleitindikator	24
6.9 Reichert-Reibverschleißwaage	25
6.10 Gleitreibprüfstand	26
6.11 Wasserauswaschtest	27
6.12 FE 9 Wälzlagerfett-Prüfmaschine	28
6.13 ROF Wälzlagerfett-Prüfmaschine	30
6.14 FE 8 Wälzlagerschmierstoff-Prüfgerät	32
6.15 SNR-FEB 2 Wälzlagerfett-Prüfmaschine	33
6.16 Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand - IP 186	34
6.17 Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand - ASTM D 1478	36
6.18 Wälzlager-Drehmomentprüfgerät	37
6.19 Schmierstoffprüfgerät nach Brugger	38
6.20 Fett-Testgerät FTG 2	39
6.21 GRW-Geräuschprüfgerät	40
6.22 Almen-Wieland-Schmierstoffprüfmaschine	41
6.23 HTN-Spengler	42
6.24 FAG-Schwinggütemeßgerät MGG 11	43
6.25 Zwick-Elastomer-Reibprüfstand	44
6.26 Press-Fit-Test	45
6.27 SKF-BeQuiet Fett-Geräuschprüfgerät	46
6.28 Timken-Maschine	47

# 6.1

## Rollstabilitätstester

### Prüfaussage

Ermittlung der Walkstabilität von Schmierfetten; Feststellung von Öl- abscheidung bzw. Ölseparation; Konsistenzveränderung

### Prüfnorm

ASTM D 1831,  
Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Mit Schraubdeckel verschließbarer  
Hohlzylinder mit innen abrollendem  
Walkzylinder

### Prüfdaten

Prüfzeit: 2 h, 50 h, 100 h  
Fettmenge: 55 cm<sup>3</sup> bzw. 50 g bei  
Fetten mit einer Dichte  
0,9 g/cm<sup>3</sup>  
Drehzahl: 165 min<sup>-1</sup>  
Temperatur: Raumtemperatur,  
70 °C, 100 °C, 130 °C,  
150 °C

### Prüfablauf

- ☐ Entnahme der Schmierstoffprobe
- ☐ Walkpenetrationsmessung nach  
DIN 51 804/Teil 2
- ☐ Verteilung der definierten  
Schmierfettmenge auf der  
Zylinderinnenwand
- ☐ Einlegen des Rollgewichtes  
(Walkzylinders) und Verschließen  
des Hohlzylinders
- ☐ Einsetzen des Zylinders in die  
Prüfapparatur
- ☐ Einstellen von Vorheizzeit, Walkzeit  
und Versuchstemperatur
- ☐ Start des Motors nach Ablauf der  
Vorheizzeit
- ☐ Nach Versuchsende optische  
Bewertung des Schmierfettes  
und erneute Messung der  
Walkpenetration

### Prüfergebnis

- ☐ Die Walkpenetrationsänderung sowie  
die Versuchstemperatur und -dauer  
werden dokumentiert.

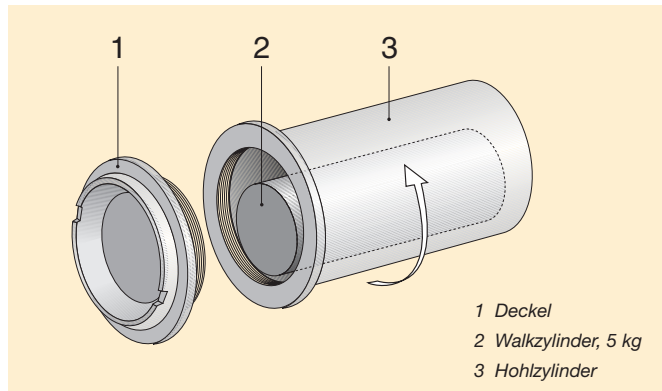


Bild 6: Prüfkörper für Rollstabilitätstester

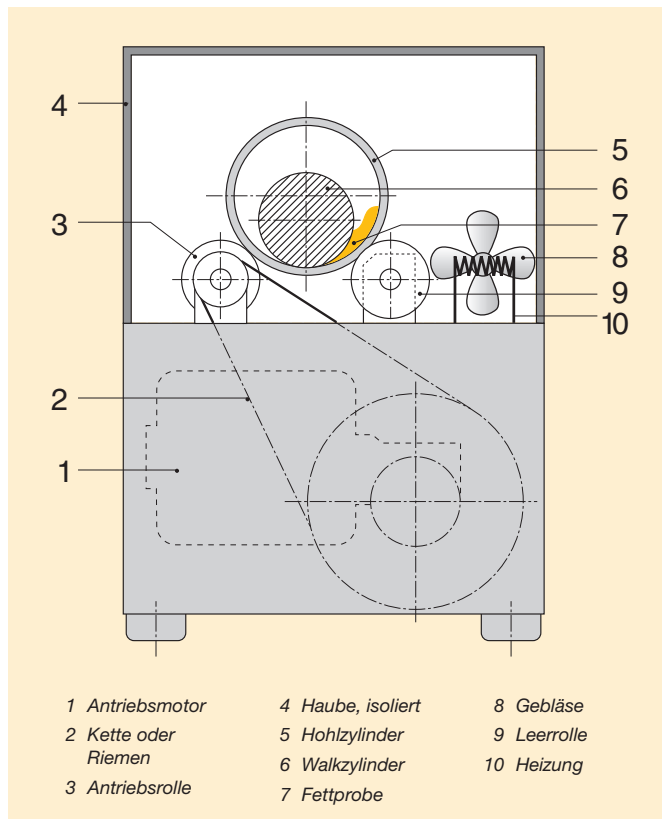


Bild 7: Prüfstandsskizze

## 6.2

# Shell-Vierkugelapparat (VKA)

### Prüfaussage

Bestimmung der Verschleißkennwerte sowie der Verschweißkraft flüssiger und konsistenter Schmierstoffe  
Wirksamkeit von AW- und EP-Additiven<sup>2)</sup> unter spezifischen Gleitreibungsbedingungen

### Prüfnorm

DIN 51 350 Teil 1 bis 5  
ASTM D 2266  
ASTM D 2596  
ASTM D 2783  
ASTM 4172

### Prüfkörper

4 Stahlkugeln 1/2" (100 Cr 6)  
SKF RB 12,7/310955

### Prüfdaten

Prüfdauer: 60 s Schweißkraft-  
ermittlung\*  
Drehzahl: 1450 min<sup>-1</sup> (nach DIN)  
bzw. 1490 min<sup>-1</sup>,  
1200 min<sup>-1</sup> (nach ASTM)  
Belastung: 57 Laststufen von  
150 bis 12000 N

### Prüfkörper

- ☐ Einspannen von drei Kugeln mit Haltering in den Kugeltopf
- ☐ Schmierstoffprobe bedeckt die drei Kugeln
- ☐ Einspannen der vierten Kugel über Spannzange in die obenliegende Spindel und Einsetzen des Kugeltopfes in die Prüfmaschine
- ☐ Einstellen der Prüfkraft, Drehzahl und Zeit, Prüfmaschine starten
- ☐ Nach Prüflauf Ausbau der Aufnahmevorrichtung und Freilegen der Prüfkörper

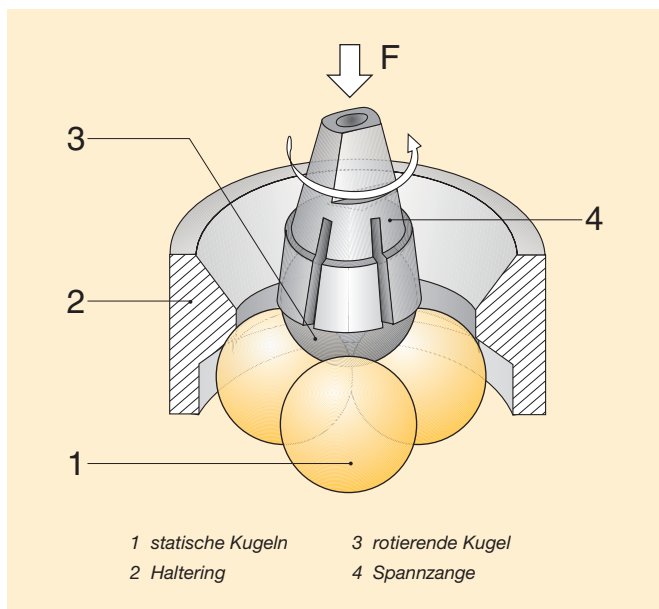
### Prüfablauf

- ☐ Ermittelte Gutlast, Schweißlast <sup>1)</sup>
- ☐ Vermessene Kalottengröße bei Gutlastkräften

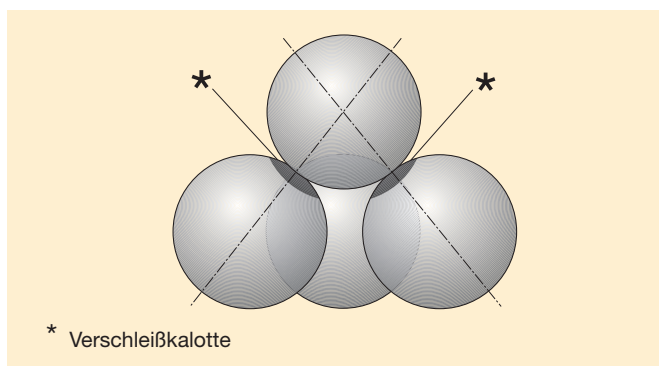
<sup>1)</sup> Als **Schweißlast** bezeichnet man die Prüfkraft, bei der ein Verschweißen des Vierkugelsystems im Prüfgerät eintritt.  
Als **Gutlast** bezeichnet man die vor Erreichen der Schweißkraft gemessene Prüfkraft, bei der noch kein Verschweißen des Vierkugelsystems im Prüfgerät eintritt.

<sup>2)</sup> AW = Anti Wear (Verschleißschutz)  
EP = Extreme Pressure (Hochdruck)

\* 60min Dauerverschleißermittlung



Prinzipieller Prüfaufbau für VKA



Messen der Kalottengröße: Ermittlung des Mittelwertes der Verschleißdurchmesser in und senkrecht zur Gleitrichtung



## 6.3 Gelenkwellen-Prüfstand

### Prüfaussage

Lebensdauerermittlung von Schmierfetten in Gleichlaufgelenken

### Prüfnorm

Klüber-Spezifikation

### Prüfkörper

4 Gleichlaufgelenke unterschiedlicher Geometrien

### Prüfdaten

Drehzahl: einstellbar,  
max.  $1700 \text{ min}^{-1}$

Belastungs-  
moment: einstellbar,  
max.  $1200 \text{ Nm}$

Beugewinkel: einstellbar \*

Länge der  
Gelenkwelle: 350 bis  $1000 \text{ mm}$

Die Gelenke können mit einem Luftstrom gekühlt oder erwärmt werden.

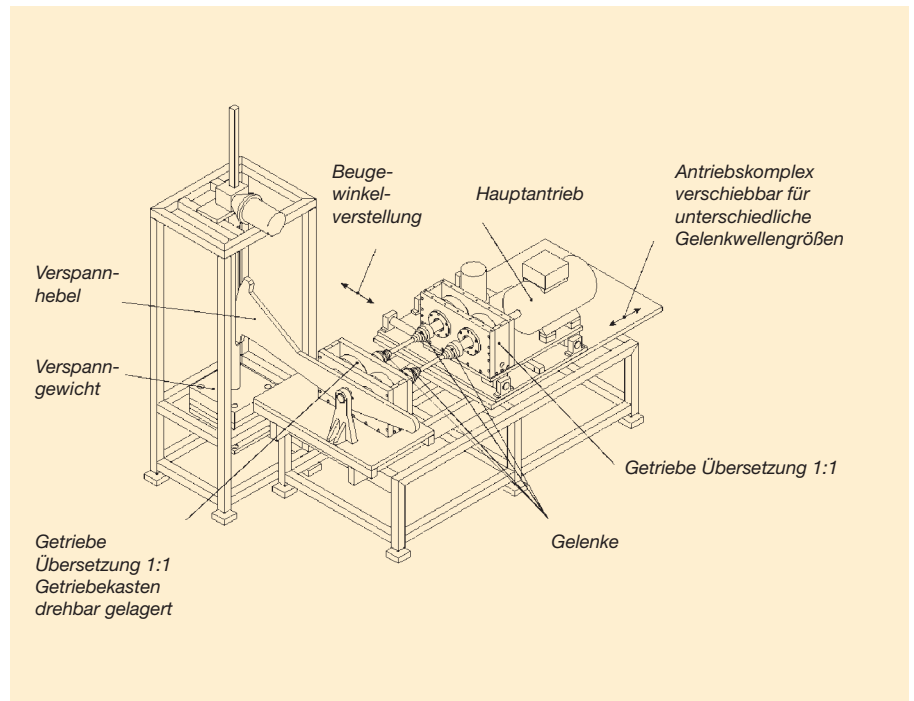
### Prüfablauf

- ☐ Reinigen und Befetten der Gelenke
- ☐ Montage der Gelenke in die Prüfeinheit
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ Starten der Prüfung
- ☐ Dokumentation der Temperaturverläufe
- ☐ Registriert wird die Laufzeit der einzelnen Gelenke in Anzahl der Umdrehungen/Überrollungen
- ☐ Die Prüfung wird durch Überschreitung der Grenztemperatur beendet
- ☐ Demontage der Prüfkörper, Reinigung und Vermessung der Verschleißmarken

### Prüfergebnis

Die Laufzeitwerte werden statistisch ausgewertet.

\* Maximalwert ist abhängig von der Länge der Gelenkwelle



Gelenkwellen-Prüfstand

## 6.4 FZG\*- Zahnrad- verspannungsprüfstand Flender-Graufleckentest

### Prüfaussage

Ermittlung der Graufleckentragfähigkeit  
von Getriebeölen

### Prüfnorm

Flender-Norm

### Prüfkörper

Zahnradpaar  
(C-Verzahnung nach Flender)

### Prüfdaten

Umfangsgeschwindigkeit:  $8,3 \text{ m s}^{-1}$   
Ritzeldrehzahl:  $2170 \text{ min}^{-1}$   
Schmierungsverfahren: Tauchschmierung  
Ölsumpftemperatur: max  $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (gekühlt)  
Belastung: Kraftstufe 10 ( $p_c = 1547 \text{ N/mm}^2$ )  
Einlauf: 1 h Kraftstufe 4  
Prüfzeit: 100 h (Kurztest)  
300 h (Langtest)

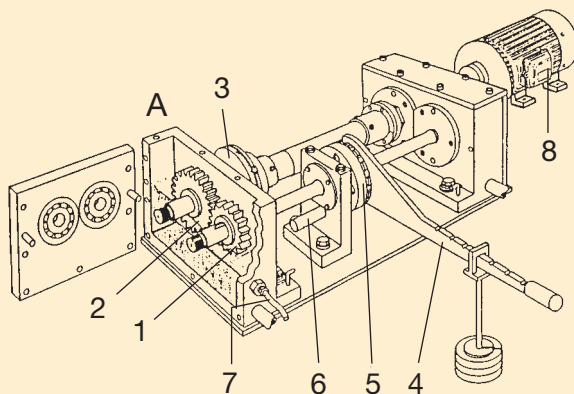


Zahnradpaar (C-Verzahnung nach Flender))

### Prüfablauf

- ☐ Reinigen und Einbau des Prüfzahnradpaares
- ☐ Befüllung mit Schmierstoff
- ☐ Einstellen der Last bei Kraftstufe 10 und Start bei RT
- ☐ Prüflauf bei  $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (gekühlt)
- ☐ Nach 100 h Kurztest Ausbau und Bewertung
- ☐ Falls Bewertung positiv:  
Anschließender Dauertest bei Kraftstufe 10 für 300 h mit dem gleichen Öl und auf gleicher Flanke

### Zahnradverspannungsprüfstand



A Prüfgetriebe

B Übertragungsgetriebe

1 Prüfritzel

2 Prüfrad

3 Torsions-Meßkupplung

4 Belastungshebel mit Gewichten

5 Verspannungskupplung

6 Arretierbolzen

7 Temperaturfühler

8 Elektromotor

### Prüfergebnis

Zur Auswertung des Graufleckentests wird der prozentuale Anteil der Graufleckenfläche auf den Zahnflanken und die Profilformabweichung durch Verschleißabtrag gegenüber dem Neuzustand an drei Zähnen ermittelt. Daraufhin wird das Öl in Tragfähigkeitsklassen I (sehr hohe Tragfähigkeit) bis VI (sehr niedrige Tragfähigkeit) eingeteilt.

\* FZG: Forschungsstelle für Zahnrad- und Getriebbau, Technische Universität München

## 6.5

# FZG\*-Zahnradverspannungsprüfstand

### Prüfaussage

Ermittlung der Grenzbeanspruchbarkeit von Schmierstoffen, vorwiegend für Zahnradgetriebe

### Prüfnorm

DIN 51 354 Teil 1 und 2

### Prüfkörper

Zwei Zahnräder

### Prüfdaten

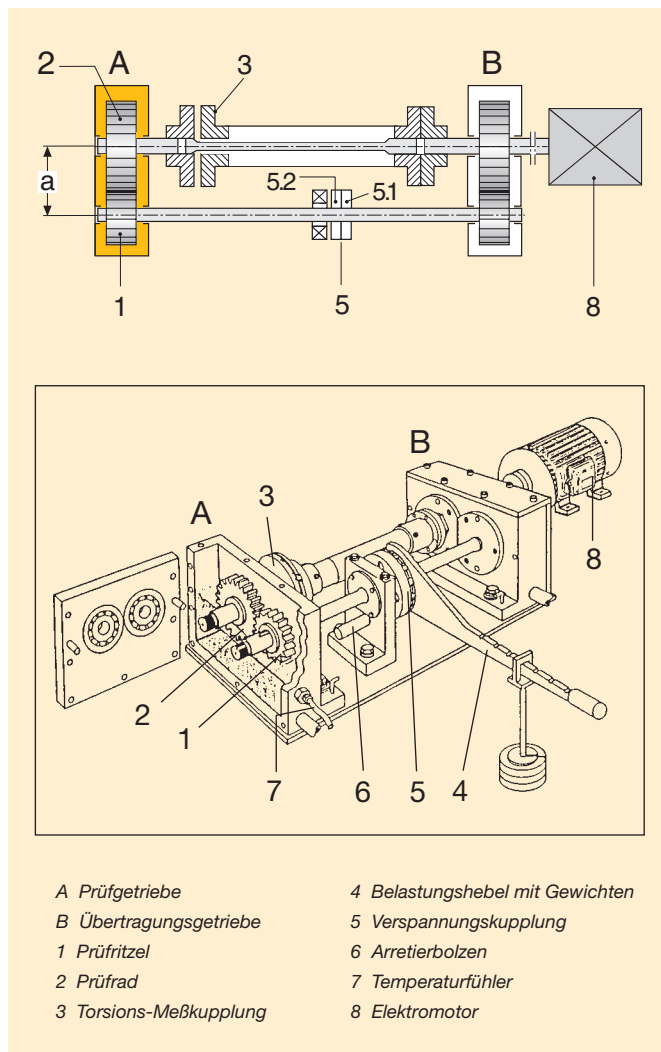
Umfangsgeschwindigkeit:	2,76, 8,3 oder $16,6 \text{ m s}^{-1}$
Ritzeldrehzahl:	722, 2170 oder $4340 \text{ min}^{-1}$
Schmierungsverfahren:	Tauchschmierung
Ölumpftemperatur:	90 °C
Belastung:	12 Kraftstufen (99 bis 15 826 N)
Prüfzeit:	pro Kraftstufe 15 min

### Prüfablauf

- ☐ Einbau des Prüfzahnradpaares
- ☐ Prüfung beginnt mit Kraftstufe 1
- ☐ Ab Kraftstufe 4 werden die Zahnflanken des Ritzels visuell überprüft und deren Zustand beschrieben
- ☐ Ermitteln der Schadenskraftstufe bzw. Prüflauf beenden mit der Schadenskraftstufe 12

### Prüfergebnis

Ermitteln der Schadenskraftstufe und des spezifischen Verschleißes in mg/kWh.



FZG-Verspannungsprüfstand mit Leistungskreislauf für Laufversuche mit Zahnradern. Zum Aufbringen des Drehmomentes wird die Spannungskupplung 5 geöffnet und der Flansch 5.1 gegen 5.2 verdreht.

\* FZG: Forschungsstelle für Zahnrad- und Getriebebau, Technische Universität München

## 6.6 Schwing-Reibverschleiß-Gerät

### Prüfaussage

Verhalten von Schmierstoffen, Beschichtungen und Kunststoffen unter konstanter Belastung und oszillierender Bewegung bezüglich Schwingungsverschleiß und Tribokorrosion

### Prüfnorm

DIN 65 593 E

DIN 51 834 / Klüber-Prüfbedingungen

ASTM D 5706

ASTM D 5707

ASTM D 6425

### Prüfkörper

Scheibe, geschliffen oder geläppt

$d = 24 \text{ mm}$ ,  $h = 7,85 \text{ mm}$

Zylinder,  $d = 15 \text{ mm}$ ,  $h = 22 \text{ mm}$

Kugel,  $d = 10 \text{ mm}$

Zylinder  $d = 10 \text{ mm}$ ,  $h = 10 \text{ mm}$

Härte der Prüfkörper 63 HRC bei

Standardwerkstoff 100 Cr 6

### Prüfdaten

Standard

Belastung: 1 bis 2000 N 300 N

Gleitweg: 1 bis 4 mm 1 mm

Frequenz: 1 bis 500 Hz 50 Hz

Temperatur: -40 bis +900 °C 50 °C

Prüfdauer: 120 min oder 24 h 120 min

### Berührungs-

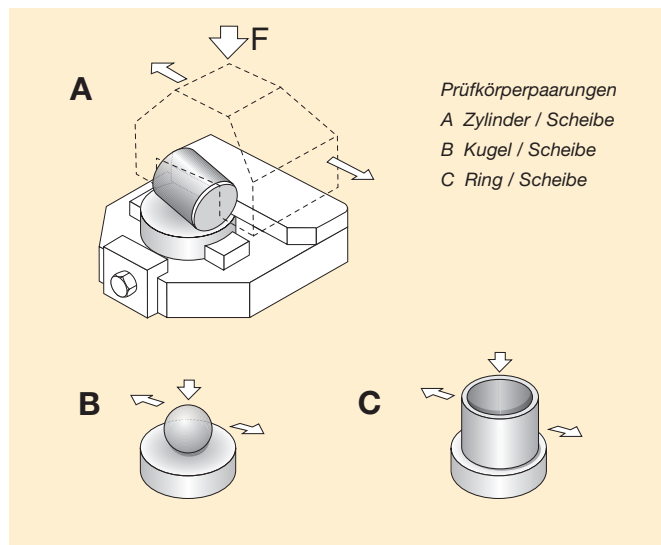
geometrie: Linie (Zylinder),  
Fläche (Ring),  
Punkt (Kugel)

### Prüfablauf

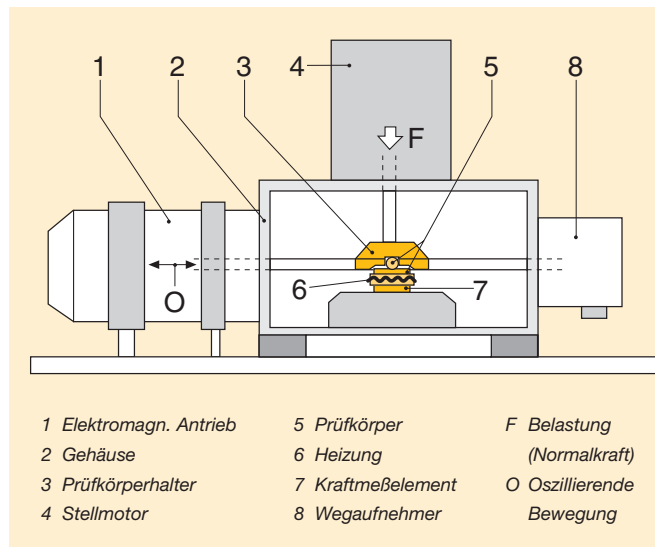
- ☐ Reinigen der Prüfkörper und Einsetzen in die entsprechende Prüfhalterung
- ☐ Aufbringen des Schmierstoffes und Montage der Halterung im Prüfgerät
- ☐ Einstellen der Prüfparameter und Start, nachdem die Aufheizzeit vergangen ist
- ☐ Dokumentation des Reibungs-koeffizienten-Verlaufes mittels Drucker
- ☐ Demontage der Prüfkörper und Vermessen der Verschleißmarken

### Prüfergebnis

Bewertung von Reibwerten und zeit-abhängigem Verschleiß der Prüfkörper



Prüfkörperpaarungen und Prüfprinzip

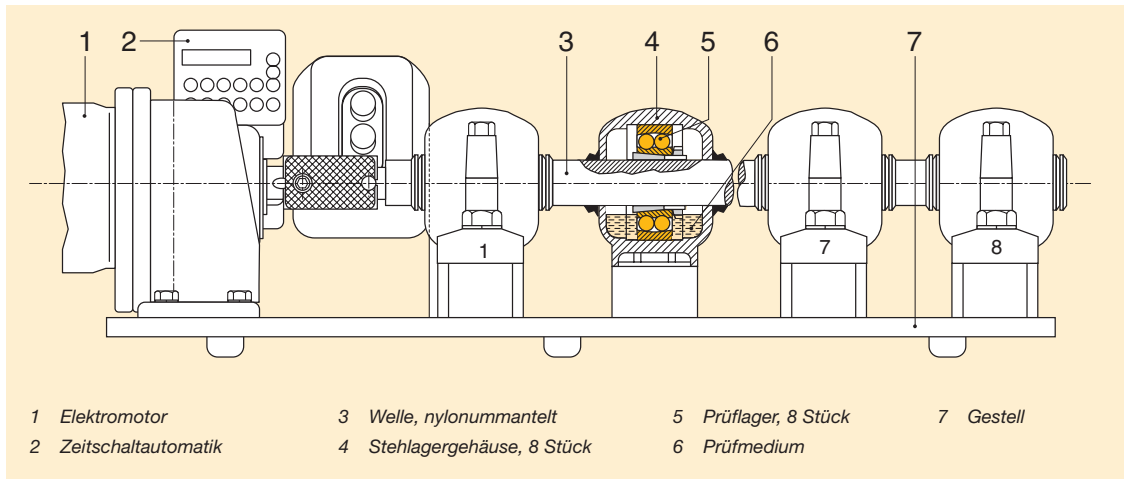


Prüfstandsskizze

## 6.7

# EMCOR-Maschine

(SKF-EMCOR-Verfahren)



EMCOR-Maschine

### Prüfaussage

Ermittlung der Korrosionsschutzeigenschaften von Schmierfetten

### Prüfnorm

DIN 51 802, IP 220, ISO 11 007

### Prüfkörper

Pendelkugellager 1306 K / 236725  
Spezialtyp mit Stahlkäfigen

### Prüfdaten

Zeit: 168 h gesamt, wobei sich Laufzeiten und Stillstandszeiten abwechseln.  
Drehzahl: 80 min<sup>-1</sup>  
Prüfmedium: bidestilliertes Wasser oder andere wässrige Medien  
Fettvolumen: 11 cm<sup>3</sup> je Lager

### Prüfablauf

- ☐ Zerlegen und Reinigen der Prüflager
- ☐ Visuelle Überprüfung der Außenringlaufbahnen auf Korrosionsfreiheit
- ☐ Befetten der Prüflager und anschließende Montage der Lager auf die Antriebswellen der Prüfeinheiten
- ☐ Durchführung des Prüflaufes
- ☐ Demontage und Reinigen der Prüflager
- ☐ Visuelle Beurteilung der Außenringlaufbahnen ohne optische Hilfsmittel

### Prüfergebnis

Korrosionsgrad der Laufbahnen der Prüflager-Außenringe

Korrosionsgrad	Bedeutung	Beschreibung
0	Keine Korrosion	Unverändert
1	Spuren von Korrosion	Höchstens drei Korrosionsstellen, von denen keine einen Durchmesser von mehr als 1 mm hat
2	Leichte Korrosion	Nicht mehr als 1% der Oberfläche korrodiert, aber mehr und größere Korrosionsstellen als für Korrosionsgrad 1
3	Mäßige Korrosion	Über 1%, aber nicht mehr als 5% der Oberfläche korrodiert
4	Starke Korrosion	Über 5%, aber nicht mehr als 10% der Oberfläche korrodiert
5	Sehr starke Korrosion	Über 10% der Oberfläche korrodiert

Bewertungstabelle zur Bestimmung des Korrosionsgrades



## 6.8 Tannert-Gleitindikator

### Prüfaussage

Gleit- und Stick-Slip-Verhalten von Schmier- und Werkstoffen bei niedrigen Gleitgeschwindigkeiten

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Zwei Gleitkörper und eine Gleitzunge (79,5 x 20 x 3 bis 5 mm), unterschiedliche Materialpaarungen möglich

Gleitkörper:

Gleitklötze 29,8 x 24,9 x 15 mm  
(Flächenberührung)

Zylinder

ø 13 x 13 mm  
(Flächenberührung)

Zylinder

ø 10 x 10 mm  
(Linienberührung)

### Prüfdaten

Gleite-

schwin-

digkeit: max. 0,243 oder

0,486 mm s<sup>-1</sup>

Gleitweg:

20 mm

Temperatur:

RT bis 150 °C

Belastung:

variabel von

50 bis 1200 N

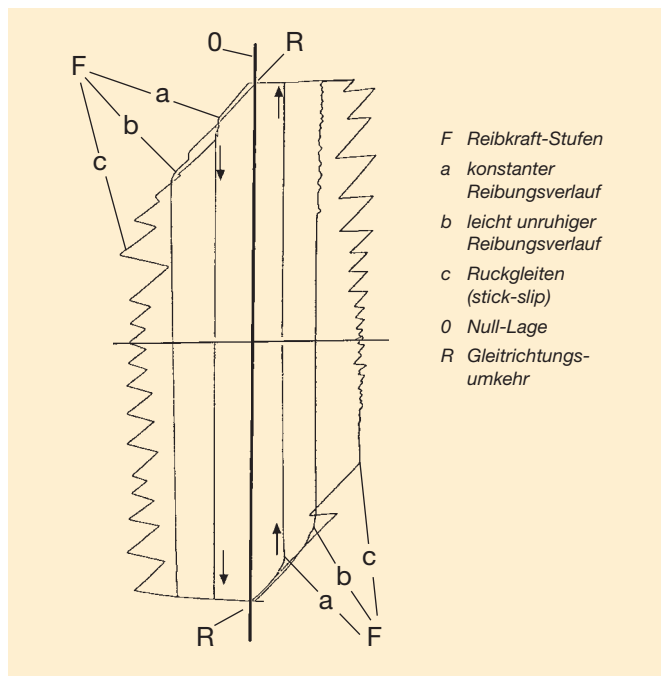
Geometrie:

Linie und/oder Fläche

Vorgabe:

Anzahl, Umläufe

bzw. Zeit [h]



Reibkraftverläufe bei langsamer, reversierender Gleitbewegung

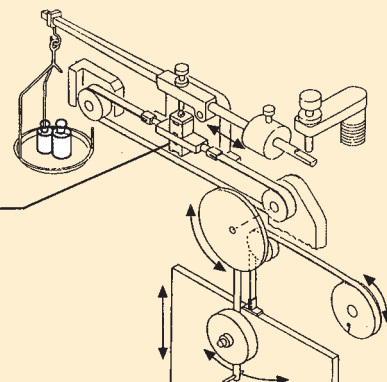
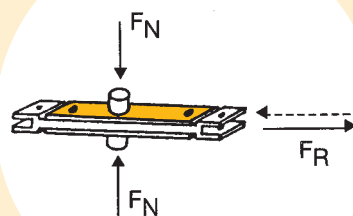
### Prüfablauf

- ☐ Applikation der zu prüfenden Schmierstoffprobe auf Gleitkörper und Gleitzunge
- ☐ Einspannen der Gleitkörper
- ☐ Einstellen der Belastung und Aufheizen auf Prüftemperatur
- ☐ Starten des Antriebs
- ☐ Graphisches Aufzeichnen des Reibkraftverlaufes über den Gleitweg, abhängig von der Belastungsstufe

### Prüfergebnis

Bestimmung der Reibungszahl, Erkennen von Stick-Slip-Verhalten

Prüfgeometrie „Fläche“



Prüfstandsskizze

## 6.9

# Reichert-Reibverschleißwaage

### Prüfaussage

Belastbarkeit von Schmierstoffen im Mischreibungsgebiet

### Prüfnorm

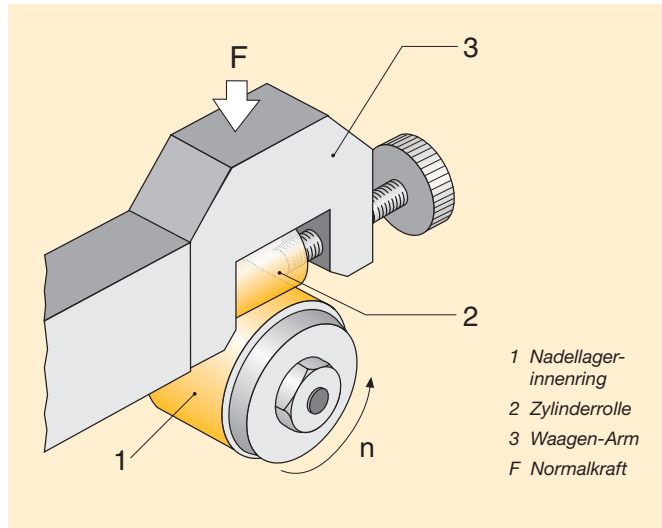
Klüber-Prüfbedingungen,  
VKIS-Arbeitsblatt

### Prüfkörper

Zylinderrolle  $\varnothing 12 \text{ mm}$ ,  $h = 18 \text{ mm}$   
Schleifring  $\varnothing 30 \times \varnothing 35 \times 16 \text{ mm}$

### Prüfdaten

Belastung: 300 N, konstant  
Drehzahl: 980  $\text{min}^{-1}$ , konstant  
Gleitgeschwindigkeit: 1,8 m/s  
Reibweg: je Prüflauf 100 m



Prüfprinzip

### Prüfablauf

- ☐ Montage der Prüfkörper am Prüfgerät
- ☐ Referenzlauf mit Prüföl bzw. entionisiertem Wasser
- ☐ Referenzfluid ablassen, Prüfkörper reinigen
- ☐ Kontrolle der Verschleißkalotten auf der Zylinderrolle
- ☐ Einbau derselben Zylinderrolle mit definierter Norm Oberflächentiefe zum Nadellagerinnenring
- ☐ Applikation des zu prüfenden Schmierstoffes
- ☐ Durchführung von drei Prüfläufen
- ☐ Ausmessen der Verschleißkalotten (Abrieb auf der Zylinderrolle und Mittelwertbildung)
- ☐ Ermittlung der Ellipsenfläche und spezifischen Flächenpressung anhand Tabellen

### Prüfergebnis

Spezifische Flächenpressung, errechnet anhand des auftretenden Verschleißes (Kalotten).



## 6.10

# Gleitreibprüfstand

Prinzip: Kugel/Stift – Scheibe

### Prüfdaten

Ermittlung des Reibkraftverlaufes und des Verschleißverhaltens bei verschiedenen Werkstoffpaarungen und Schmierstoffen

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Kugel,  $d = 12,7 \text{ mm}$ , SKF 310955  
oder  
Kunststoffstift,  $d = 12,0 \text{ mm}$   
Wellenscheibe, INA-WS 81111

### Prüfdaten

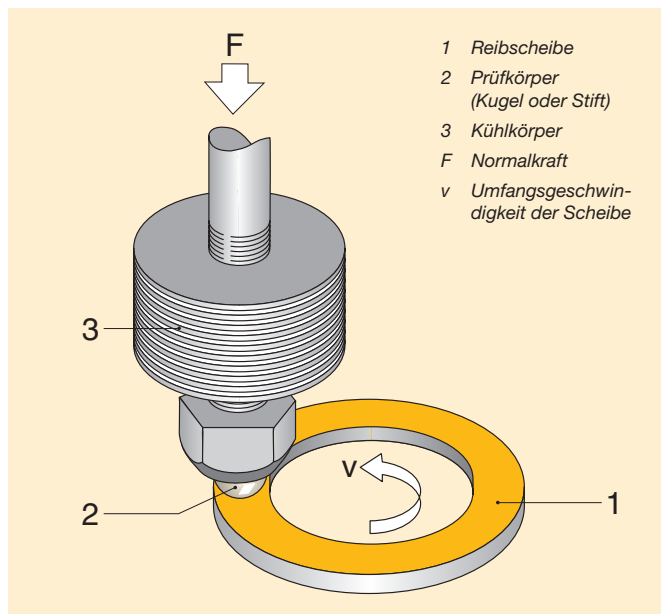
Zeit: 1 min bis 8 Stunden  
Drehzahl: bis  $1200 \text{ min}^{-1}$   
( $V_{\max} = 4,2 \text{ m/s}^{-1}$ )  
Temperatur: RT bis  $150 \text{ °C}$   
Belastung: 10 bis  $100 \text{ N}$ , vertikal

### Prüfablauf

- ☐ Vorbereitung und Positionierung der Prüfkörper
- ☐ Anschluß von Meßverstärker
- ☐ Digitale Datenaufzeichnung
- ☐ Applikation des zu prüfenden Schmierstoffes
- ☐ Einstellen der Prüfbedingungen
- ☐ Durchführung des Prüflaufes
- ☐ Ausbau des Prüfkörpers und Messen des Verschleißes

### Prüfergebnis

- ☐ Reibwert  $\mu$  bei Start, Ende und während der Prüfung
- ☐ Verschleißkalottendurchmesser der Kugel oder Verschleißvolumen des Stiftes
- ☐ Reibungsschwingungen (falls vorhanden)



Prüfprinzip

### Prüfbedingungen:

Abtastrate [Scans/s]: 25  
Prüfzeit soll [min]: 120  
Prüfzeit ist [min]: 120  
Belastung [N]: 10  
Drehzahl [U/min]: 48  
Temperatur [°C]: 20

### Startreibwert $\mu$ :

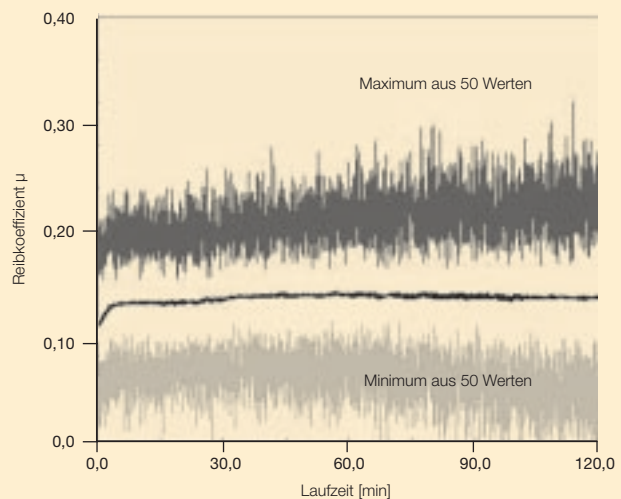
Maximum\*: 0,43  
Mittelwert\*: 0,09  
Minimum\*: 0,00

### Endreibwert $\mu$ :

Maximum\*: 0,43  
Mittelwert\*: 0,09  
Minimum\*: 0,00

\*aus 50 aufgezeichneten Werten

MW von allen Mittelwerten: 0,13  
Varianz: 0,0001



Beispiel für Dokumentation am Rechner

# 6.11 Wasserauswaschtest

## Prüfaussage

Schmierstoffverhalten gegenüber Wasser unter dynamischen Bedingungen bei verschiedenen Temperaturen.

## Prüfnorm

DIN 51 807; ASTM D 1264

## Prüfkörper

Rillenkugellager 6204, offen

## Prüfdaten

Zeit: 1 h  
 Zeit: 60 min  
 Drehzahl: 600 min<sup>-1</sup>  
 Temperatur: 40 °C; 80 °C nach DIN  
 38 °C; 79 °C nach ASTM

Wasser-  
 durchfluß: 5 ± 0,5 cm³/s

## Prüfablauf

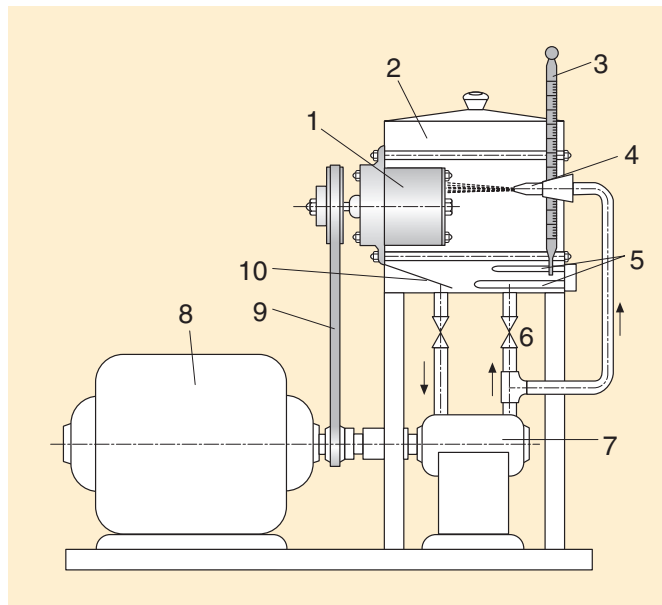
- ☐ Wiegen des Prüflagers und der Gehäusedeckel
- ☐ Befetten des Prüflagers mit 4 ± 0,05 g Schmierfett
- ☐ Montieren des Prüflagers in das Lagergehäuse und Befestigen der Abdeckhaube
- ☐ Prüflauf über 60 min mit definiertem Wasserstrahl auf den gedeckelten Prüfkörper
- ☐ Ausbau des Prüflagers aus dem Lagergehäuse
- ☐ Trocknen des Prüflagers und der Gehäusedeckel 16 Stunden bei 95 °C im Trockenschrank oder 15 Stunden bei 77 °C im Trockenschrank (ASTM) mit anschließender Wägung

## Prüfergebnis

Masseverlust des Schmierfettes in Prozent und visuelle Begutachtung. Angabe in Bewertungsstufen.

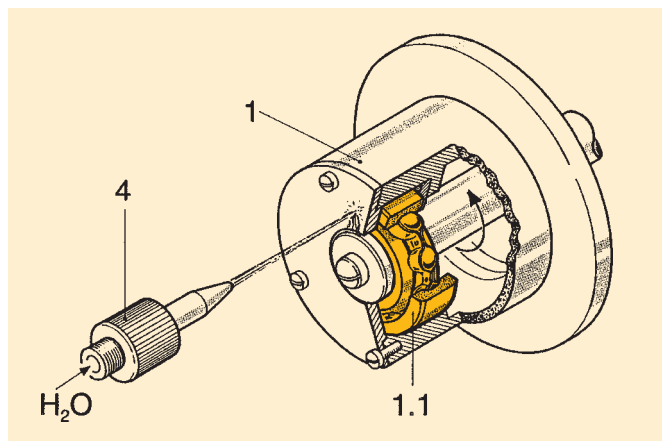
Bewertungsstufen	Masseverlust in %	Veränderung
1	< 10	gering
2	> 10 aber < 30	mäßig
3	> 30	stark

Wasserauswaschtest, Bewertung



Prüfstandsskizze

- 1 Lagergehäuse
- 1.1 Prüflager
- 2 Wassertank
- 3 Thermometer
- 4 Düse
- 5 Heizung
- 6 Ventil
- 7 Pumpe
- 8 Motor
- 9 Keilriemen
- 10 Kühlrohr



Prüfprinzip



## 6.12

# FE 9 Wälzlagerfett-Prüfmaschine

### Prüfaussage

Lebensdauerermittlung und Bestimmung der oberen Gebrauchstemperatur von Schmierfetten in Wälzlagern bei mittleren Drehzahlen und mittleren axialen Belastungen

### Prüfnorm

DIN 51 821, DIN 51 825 FAG Schweinfurt, Deutschland / Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

5 Schrägkugellager FAG-Sondertyp 529689 S 2 (entspr. 7206 B offen mit Stahlkäfig)

### Prüfdaten

Belastung	
axial:	1500, 3000, 4500 N, DIN 51 821: 1500 N
Drehzahl:	3000, 6000 min <sup>-1</sup> , DIN 51 821: 6000 min <sup>-1</sup>
Temperatur:	max. 240 °C, DIN 51 821: 120 bis 200 °C nach DIN 51 821 in Stufen von 20 °C
Fettmenge	
je Lager: *	2 cm <sup>3</sup>
**	10 cm <sup>3</sup>

### Einbauvarianten

- \*A: Prüflager ohne Scheibe, offen
- \*B: Lager beidseitig gedeckelt über externe Scheiben
- \*\*C: wie B; jedoch eine Scheibe mit zusätzlichem Fettdepot versehen

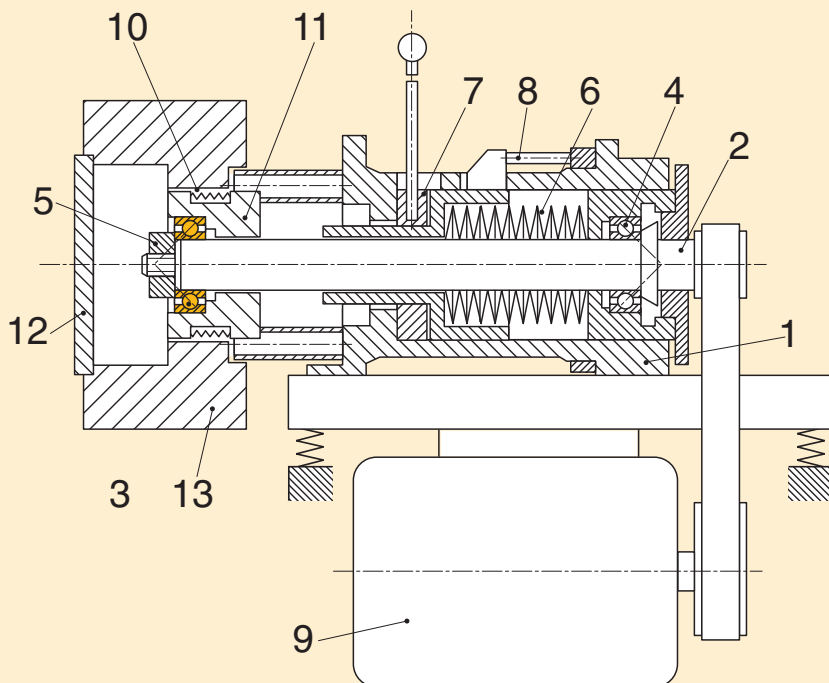
### Prüfablauf

- ☐ Zerlegen, Reinigen, Befetten und Zusammenbau der Prüflager
- ☐ Einbau der 5 Prüflager in die 5 Prüfeinheiten
- ☐ Einstellen der Prüfparameter an der Prüfmaschine
- ☐ Durchführung des Prüflaufes
- ☐ Registriert wird die Laufzeit der einzelnen Prüflager in h

Die 5 Laufzeitwerte werden statistisch ausgewertet und graphisch im WEIBULL-Diagramm dargestellt. Daraus können die  $F_{50}$ - bzw.  $F_{10}$ -Laufzeiten in h ermittelt werden, d. h. ab wann 50 % bzw. 10 % der Lager aufgrund der gewählten Prüfparameter und des Schmierstoffes wahrscheinlich ausfallen werden.

### Prüfergebnis

Laufzeiten  $F_{10}$ ,  $F_{50}$  mit 90 %-igem Vertrauensbereich. Ausfallzeit  $\beta$ .



- |                               |                    |                           |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 1 Gehäuse der Prüfvorrichtung | 5 Wellenmutter     | 10 El. Widerstandsheizung |
| 2 Welle                       | 6 Tellerfedern     | 11 Prüfkopf               |
| 3 Prüflager                   | 7 Spannvorrichtung | 12 Gehäusedeckel          |
| 4 Hilfslager                  | 8 Anschlag         | 13 Wärmedämmhaube         |
|                               | 9 Elektromotor     |                           |



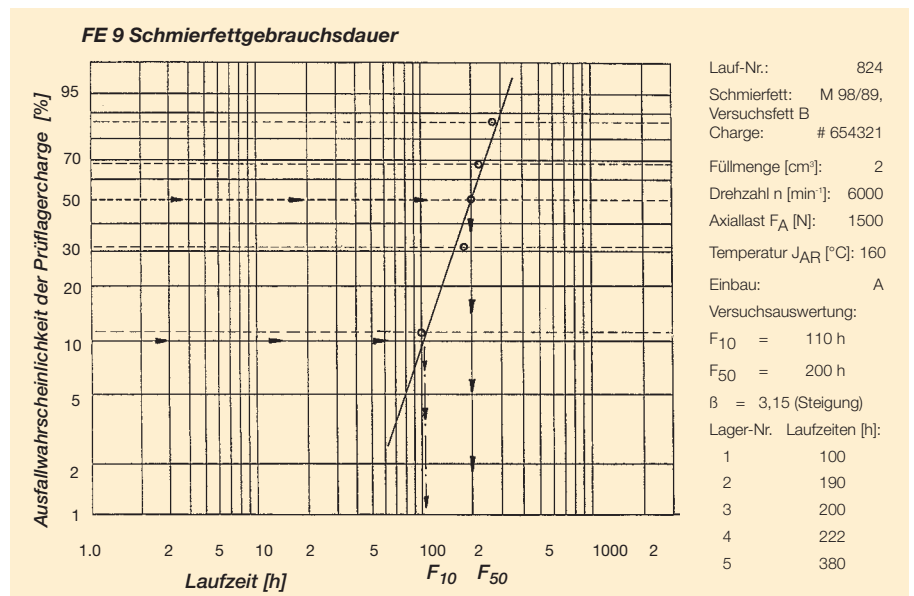
Prüfung DIN 51 821 - 02 - A /  
1500 / 6000 - 160

$F_{10} = 110 \text{ h}$   
 $F_{50} = 200 \text{ h}$

#### Erklärung:

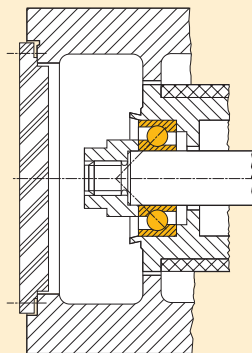
Unter den Prüfbedingungen der  
Einbauvariante A erreichen bei der  
axialen Prüfkraft  $F_A = 1500 \text{ N}$   
Prüfdrehzahl  $n = 6000 \text{ min}^{-1}$   
Prüftemperatur  $\theta = 160 \text{ °C}$

- ☐ 10 % der Prüflager eine Gebrauchsdauer von 110 h,
- ☐ 50 % der Prüflager eine Gebrauchsdauer von über 200 h.
- ☐ Eine jeweils längere Gebrauchsdauer ist dann durch rechtzeitiges Nachschmieren zu erzielen.

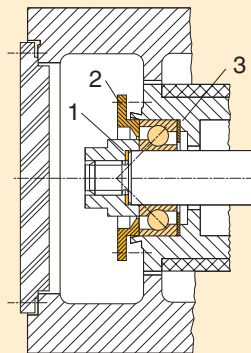


Dokumentationsbeispiel im WEIBULL-Diagramm nach DIN 51 821 Teil 2

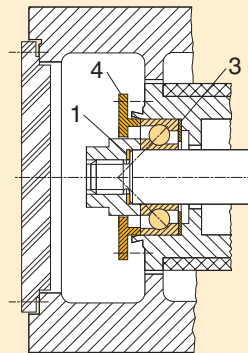
**Einbauvariante A**



**Einbauvariante B**

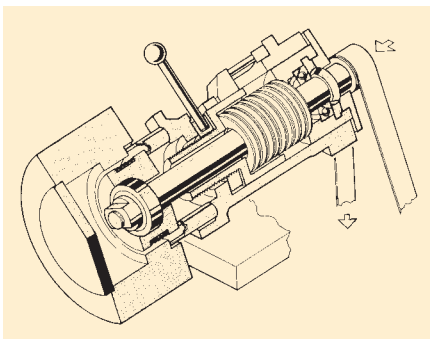


**Einbauvariante C**

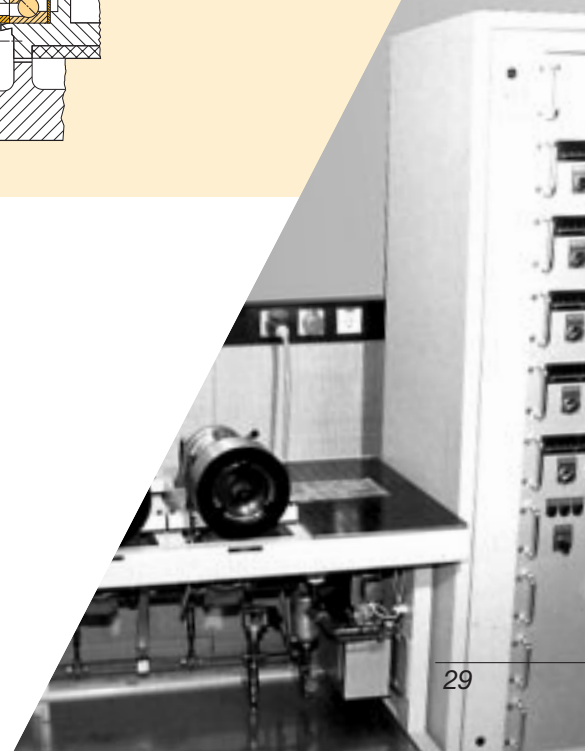


- 1 Distanzscheibe
- 2 Deckel, vor dem Lager
- 3 Scheibe, hinter dem Lager
- 4 Winkelring

Einbauvarianten für Prüflager



Prüfeinheit, Perspektivdarstellung



# 6.13 ROF Wälzlagerfett- Prüfmaschine

## Prüfaussage

Lebensdauerermittlung und Bestimmung der oberen Gebrauchstemperatur von Schmierfetten in Wälzlagern bei hohen Drehzahlen und standardmäßig niedrigen axialen und radialen Belastungen

## Prüfnorm

SKF - ERC, Nieuwegein, Niederlande;  
Klüber-Prüfbedingungen

## Prüfkörper

10 Rillenkugellager  
6204 - 2Z - C3/VM 104 bis 180 °C  
(mit Deckscheiben auf beiden Seiten)

10 Rillenkugellager

6204 - 2Z - C3 S2 VM 104

180 bis 240 °C

## Prüfdaten

Belastung:

axial: 100 N (Standard)

radial: 50 N (Standard)\*

pro Lager

Drehzahl: 10 000 (Standard)

einstellbar bis

30 000 min<sup>-1</sup>

Temperatur: Raumtemperatur bis

240 °C

Fettmenge

je Lager: 1,5 cm<sup>3</sup> = 35 % Lagerfüllung

## Prüfablauf

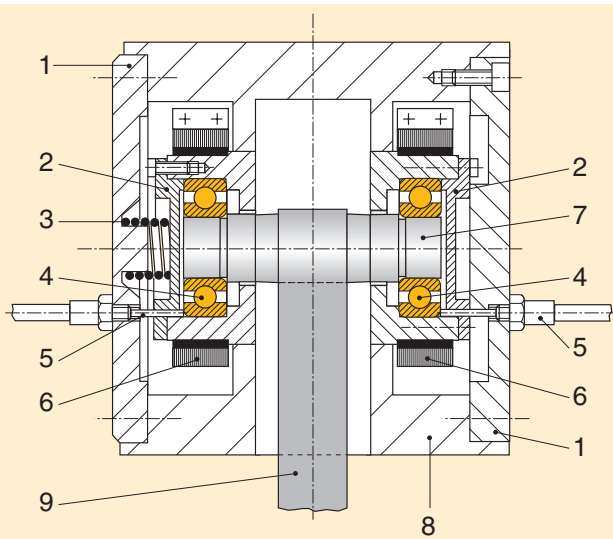
- ☐ Reinigen, Trocknen und Befetten der Prüflager
- ☐ Einbau der Prüflager in die Prüfeinheiten
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ Starten der Versuchsläufe
- ☐ Registrieren der einzelnen Laufzeiten
- ☐ Ähnlich wie bei der FAG-FE 9-Wälzlagerfett-Prüfmaschine werden die L<sub>10</sub>- und L<sub>50</sub>-Werte anhand des erstellten WEIBULL-Diagrammes ermittelt.

## Prüfergebnis

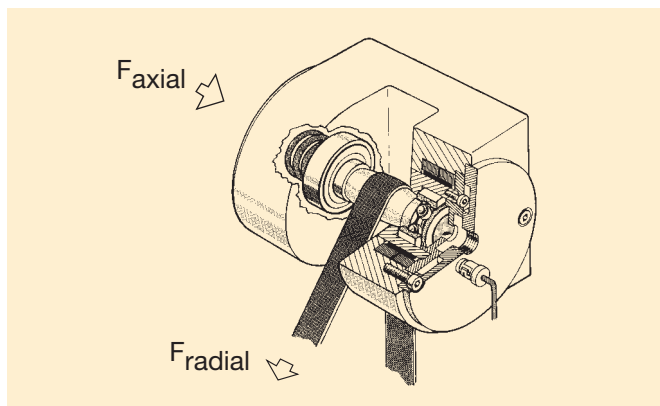
Laufzahlen L<sub>10</sub>, L<sub>50</sub> mit 90 %igem Vertrauensbereich. Ausfallsteilszeit β.

\* (wahlweise 100 N, 150 N, 200 N ... bis 800 N pro Lager)

- 1 Gehäusedeckel
- 2 Lagerdeckel
- 3 Andruckfeder (Aufbringung der Axialkraft)
- 4 Prüflager
- 5 Temperaturfühler
- 6 Heizung, geregelt
- 7 Spindel
- 8 Gehäuse
- 9 Riemen, vorgespannt durch Motorgewicht und Zusatzgewichte (Radialkraft)

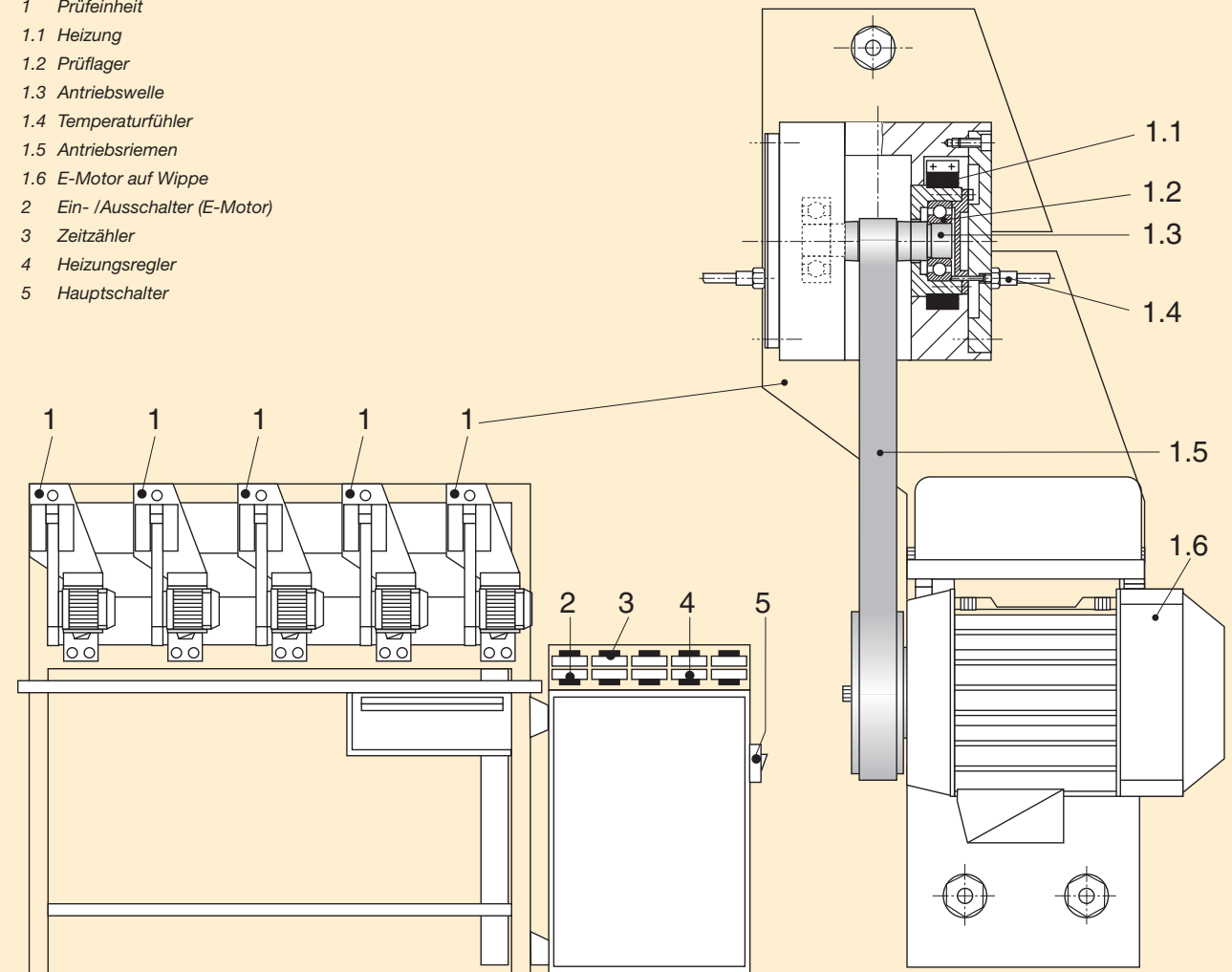


Prüfkopf, Querschnitt

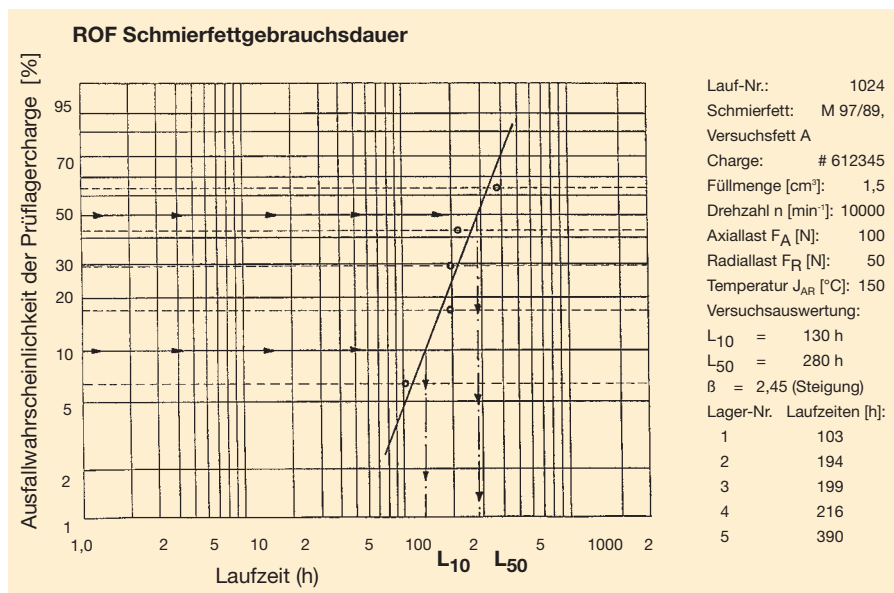


Prüfkopf, Perspektivdarstellung

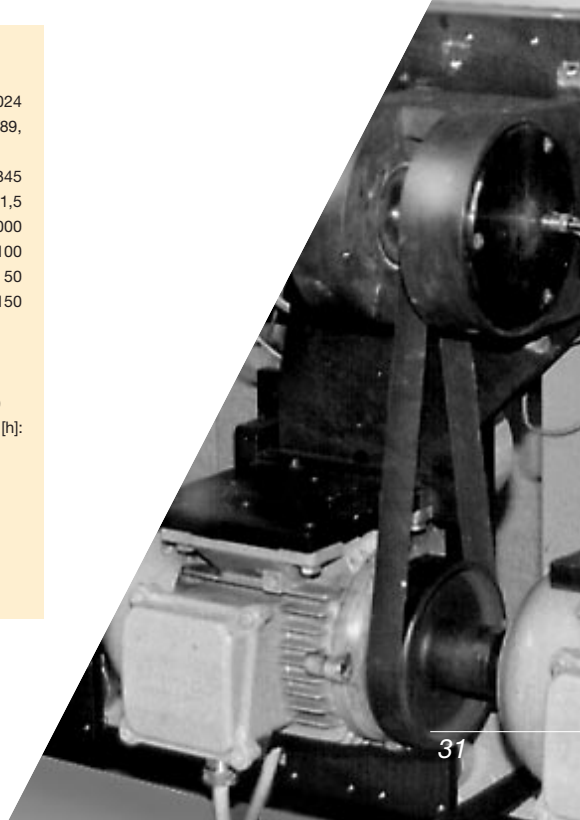
- 1 Prüfeinheit
- 1.1 Heizung
- 1.2 Prüflager
- 1.3 Antriebswelle
- 1.4 Temperaturfühler
- 1.5 Antriebsriemen
- 1.6 E-Motor auf Wippe
- 2 Ein- /Ausschalter (E-Motor)
- 3 Zeitzähler
- 4 Heizungsregler
- 5 Hauptschalter



Prüfstandsskizzen



Dokumentationsbeispiel im WEIBULL-Diagramm



# 6.14

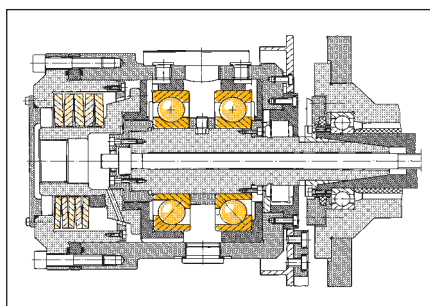
## FE-8 Wälzlagerschmierstoff-Prüfgerät



Fettprüfaufbau



Ölprüfaufbau mit Thermohaube



Prüfkopf für Schrägkugel-, Kegelrollenlager

### Prüfaussage

Eignung von Fetten bzw. Ölen in Wälzlagern unter praxisnahen Bedingungen.

### Prüfnorm

DIN 51819 FAG, Schweinfurt, Deutschland

### Prüfkörper

2 Schrägkugellager 536050  
(wie 7312B) oder  
2 Kegelrollenlager 536048  
(wie 31312A) oder  
2 Axial-Zylinderrollenlager 81212  
4 Pendelrollenlager 21312

### Prüfdaten

Prüfdauer: 500 h bis 1500 h  
bei Fett;  
80 h bei Öl  
Belastung: 5 bis 100 KN,  
einstellbar  
Drehzahl: 7,5 bis 6000 min<sup>-1</sup>  
in Stufen  
Temperatur: RT bis 150°C

### Prüfablauf

- ☐ Reinigen, Wiegen und Befetten der Prüflager
- ☐ Zusammenbau des Prüfkopfes, Lasteinstellung
- ☐ Einbau des Prüfkopfes in die Prüfmaschine
- ☐ Anschluß der Meßtechnik
- ☐ Einstellen der Temperatur und Drehzahl; Start
- ☐ PC-Meßwerterfassung- und Überwachung
- ☐ Demontage und Wiegen der Prüflager, Auswertung der PC-Aufzeichnungen

### Prüfergebnis

Reibmoment- und Temperaturverlauf im Lager, Bestimmung des Verschleißes der Wälzlagerkomponenten.

## 6.15

# SNR - FEB 2 Wälzlagerfett-Prüfmaschine

### Prüfaussage

Verschleißschutzverhalten von Schmierfetten in Wälzlagern bei kleinen oszillierenden Abwälz- und Gleitbewegungen und konstanter Last. Da das Verschleißbild ähnlich der Härteprüfung nach Brinell ist, wurde der Begriff „Falscher Brinell-Test“ geprägt.

### Prüfnorm

SNR Roulements, Annecy, Frankreich;  
Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

2 Axialkugellager BP 10071  
d = 35,2 mm, D = 55,5 mm, H = 16 mm  
2 Axialkugellager FAG 51206  
d = 30 mm, D = 52 mm, H = 16 mm  
2 Axial-Zylinderrollenlager  
SKF WS 81206  
d = 30 mm, D = 52 mm, H = 16 mm

### Prüfdaten

Axialkraft: 8 000 N  
(Hertz'sche Pressung  
2 100 N/mm<sup>2</sup>)

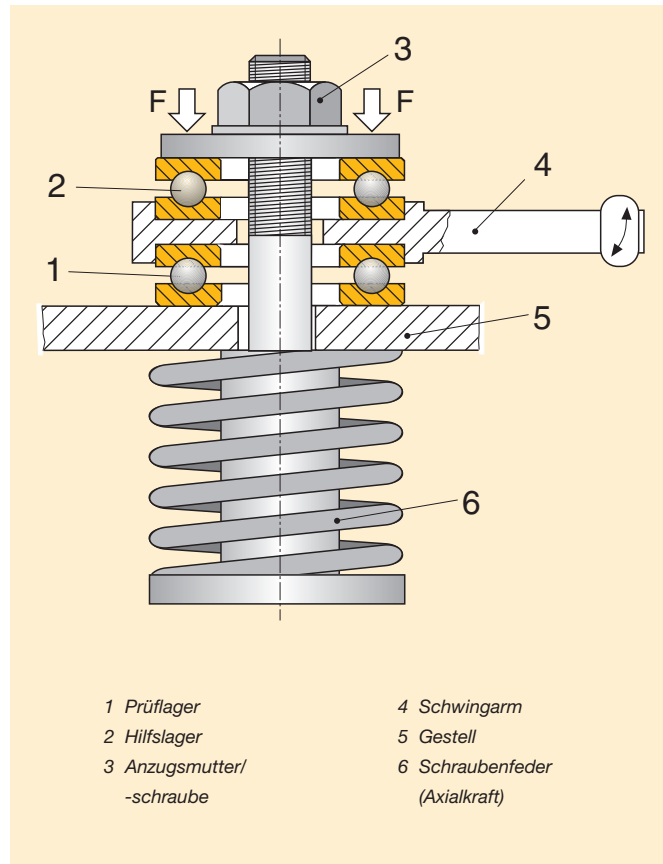
Versuchsdauer: 5 bzw. 50 h  
Frequenz: 24 Hz  
Schwingwinkel:  $\pm 3^\circ$   
Temperatur  
der unteren  
Wellenscheibe: -20 °C bzw. +25°C

### Prüfablauf

- ☐ Reinigen, Wiegen und anschließen des Befetten der Prüflager
- ☐ Einbau der Prüflager in die Prüfvorrichtung
- ☐ Einstellen der Prüfparameter und Starten der Maschine
- ☐ Demontage, Reinigen und Rückwiegen der Wellen- und Gehäusescheiben der Prüflager nach Versuchsende
- ☐ Dokumentation der Gewichtsverluste, Aussehen der Lagerbestandteile und Beurteilung des Schmierfettes

### Prüfergebnis

Gewichtsverlust [mg] der Lagerringe.  
Rillentiefe in den Lagerungen.



SNR - FEB 2, Prüfprinzip





## 6.16

# Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand – IP 186

### Prüfaussage

Bestimmung des Drehwiderstandes von Wälzlagerschmierfetten bei tiefen Temperaturen und Ermittlung der unteren Gebrauchstemperatur

### Prüfnorm

IP 186

### Prüfkörper

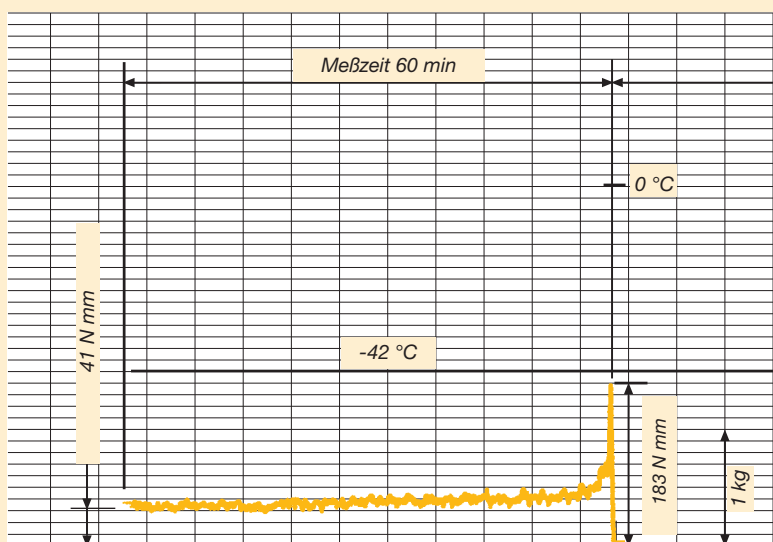
Präzisions-Schulterkugellager  
RHP 7204 TU EP 9,  
B 7204 E.T.P4 S.UL  
d = 20 mm, D = 47 mm, B = 14 mm

### Prüfdaten

Prüftemperatur:	bis -73 °C
Belastung, axial:	4,5 kg
Fettmenge im Lager:	2,5 cm <sup>3</sup>
Abkühlzeit auf Prüftemperatur:	2–3 h
Haltezeit bei Prüftemperatur:	2 h
Anschließende Laufzeit des Seilzugantriebes:	60 min = 60 Umdrehungen

### Prüfablauf

- ☐ Befettetes Prüflager wird in einer vertikalen Spindel, die von einem Kühlmantel umgeben ist, montiert und axial belastet. Zur gleichmäßigen Fettverteilung wird das Prüflager definiert gedreht.
- ☐ Die Prüfspindel wird im Kühlbad auf Prüftemperatur abgekühlt.
- ☐ Nach Ablauf der Haltezeit bei konstanter Temperatur wird das Prüflager über einen Seilzugantrieb mit konstanter Drehzahl bewegt.
- ☐ Die Seilzugkraft und die Temperatur des Wälzlageraußenringes werden während der Abkühl-, Halte- und Laufzeit gemessen und aufgezeichnet.
- ☐ Umrechnung von Kraft auf Reibmoment



### Auswertung des Schreiberprotokolls

Seilzug

**Startdrehmoment:** 183 N mm

**Laufdrehmoment:** 41 N mm

Prüftemperatur: -42 °C konstant  
geprüfter Schmierstoff: CENTOPLEX 1 DL

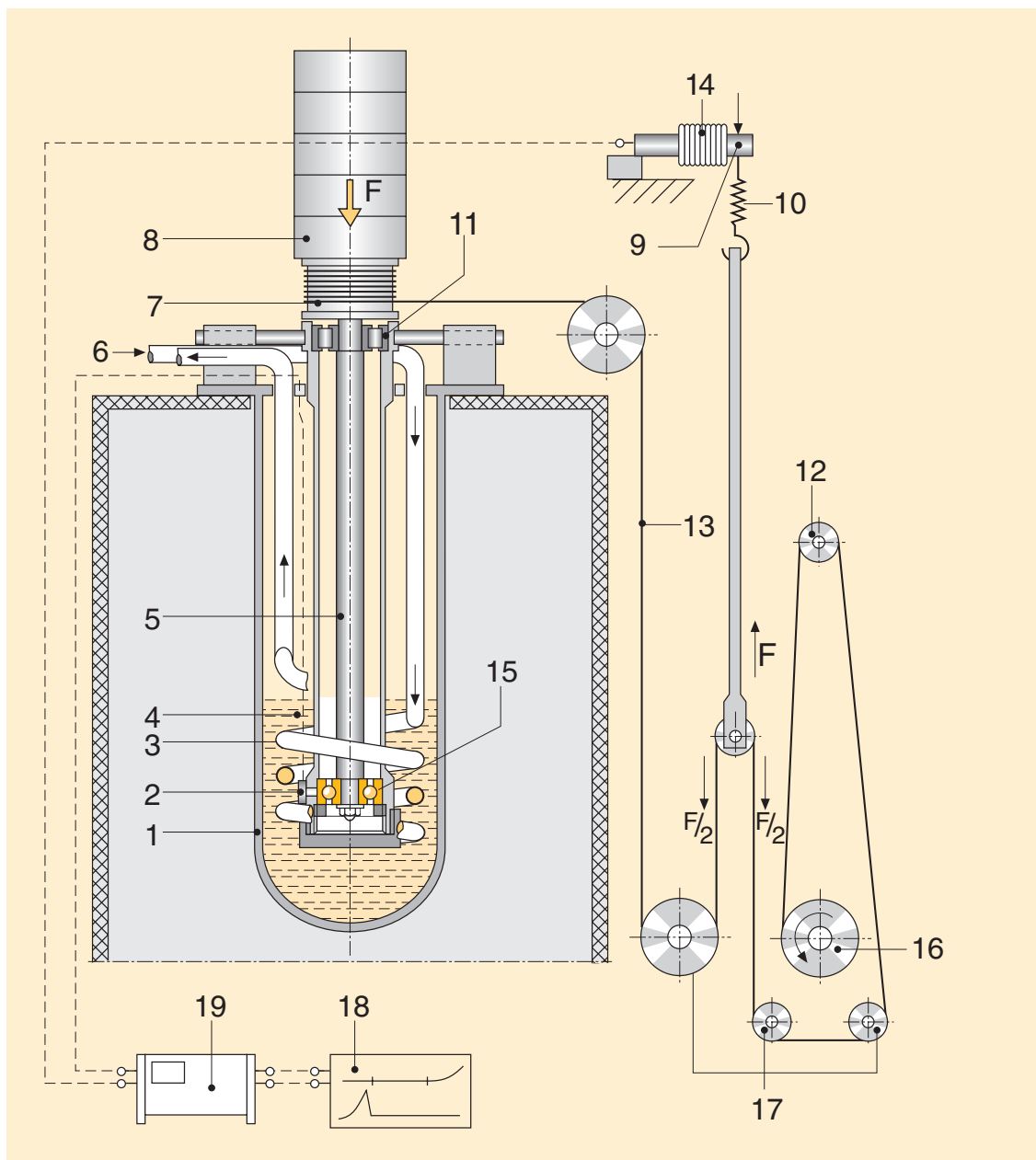
Zum Vergleich:

Zur Ermittlung der unteren Gebrauchstemperatur von Wälzlagerfetten werden derzeit folgende – nicht genormte – Drehmomentgrenzwerte akzeptiert:

Startdrehmoment	< 1 000 N mm
Laufdrehmoment	< 100 N mm

Auswertung





- 1 Isoliergefäß
- 2 Temperaturfühler
- 3 Kühltülle
- 4 Kühlbad
- 5 Prüfzylinder
- 6 Kühlung von externem Kryo
- 7 Antriebsseiltrommel
- 8 Gewichte für Axiallast
- 9 Wägezelle
- 10 Dämpfungsfeder
- 11 Hilfslager
- 12 Spannrolle
- 13 Zugseil
- 14 Kraftmeßrolle
- 15 Prüflager
- 16 Motor mit Seiltrommel
- 17 Umlenkrolle
- 18 Schreiber
- 19 Meßverstärker

Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand, Prinzipskizze

#### Prüfergebnis

- ☐ Erforderliches Antriebsmoment zum Losdrehen des Prüflagers bei Start des Seilzugantriebes (Startdrehmoment).
- ☐ Erforderliches Antriebsmoment zum Drehen des Prüflagers am Versuchsende (Laufdrehmoment).

Dazu wird aufgezeichnet:

- ☐ Abkühlgeschwindigkeit des Prüflagers
- ☐ Konstanz der Prüftemperatur während der Haltezeit und des Meßlaufes



## 6.17

# Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand – ASTM D 1478

### Prüfaussage

Bestimmung des Drehwiderstandes von Wälzlagerschmierfetten bei tiefen Temperaturen und Ermittlung der unteren Gebrauchstemperatur

### Prüfnorm

ASTM D 1478

### Prüfkörper

Offenes Rillenkugellager Größe 204  
20 BC 0210 - AFBMA Code  
D = 47 mm, d = 19 mm, B = 14 mm

### Prüfdaten

Prüftemperatur: bis  $-54^{\circ}\text{C}$   
Belastung, radial: 454 g (Masse insgesamt von Teil 8, 9, 11)  
(mit Verkantung)

Fettmenge im Lager: vollgefüllt bis Planfläche, keine Luftein-schlüsse

Abkühlzeit auf Prüftemperatur: 1 bis 1,5 h  
Haltezeit der Prüftemperatur: 2 h  
Anschließend Laufzeit des Seilzugantriebes: 60 min = 60 Umdrehungen

Reibmoment-meßbereich: 0 bis ca. 3 000 Nmm

### Prüfablauf

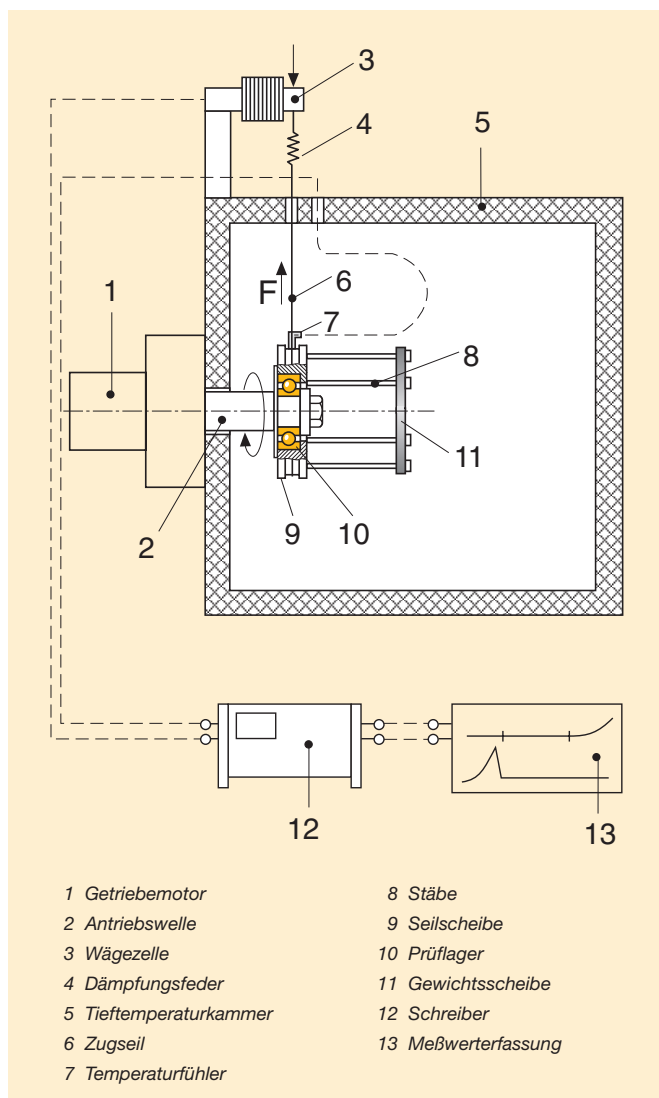
- ☐ Vollbefettetes Prüflager wird in einer Seilscheibe über Stäbe mit angeschraubter Gewichtsscheibe montiert. Diese Gewichtsscheibe erzeugt im Prüflager eine Verkantung zwischen Außenring und Innenring zusätzlich zur Radialbelastung.
- ☐ Abkühlen des Prüflagers auf gewünschte Temperatur und Halten der Prüftemperatur
- ☐ Motorisches Drehen des Prüflagerinnenringes mit konstanter Drehzahl
- ☐ Seilzugkraft und Temperatur des Prüflageraußenringes werden während der Abkühl-, Halte- und Laufzeit gemessen und aufgezeichnet.
- ☐ Umrechnung von Kraft auf Reibmoment

### Prüfergebnis

Wie nach IP 186 (siehe Seite 34/35)

- Startdrehmoment
- Laufdrehmoment

Daraus resultiert die untere Gebrauchstemperatur von Wälzlagerschmierfetten.



Tieftemperatur-Drehmomentprüfstand, Prinzipskizze

## 6.18

# Wälzlager-Drehmomentprüfgerät

### Prüfaussage

Start- und Laufdrehmomente von Schmierstoffen im Wälzlager

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Rillenkugellager 6202 2 ZY HG

### Prüfdaten

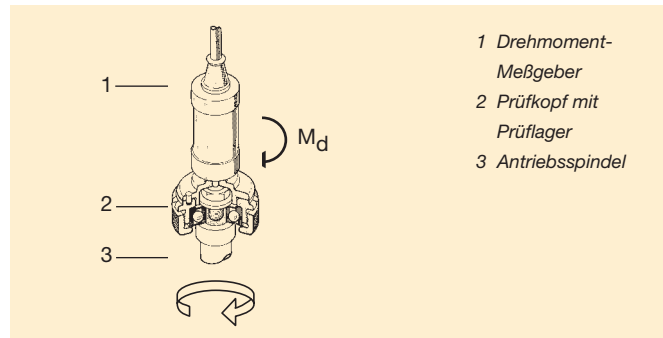
Prüfdauer:	1 h, einstellbar, Standard pro Prüflauf
Drehzahl:	3 500 min <sup>-1</sup> , einstellbar, Standard
Belastung, axial:	10 N, konstant
Schmierstoffmenge im Lager:	Fett: 30 % vom Leervolumen Öl: 20 µl pro Kugel

### Prüfablauf

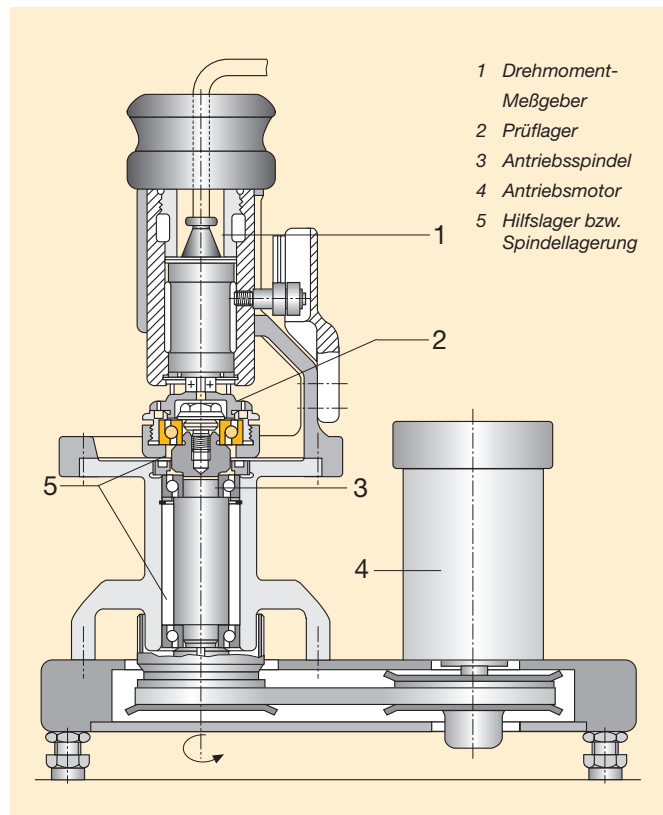
- ☐ Reinigung des Lagers im Ultraschallbad
- ☐ Befetten oder Ölen des Prüflagers und Einbau in die Prüfvorrichtung
- ☐ Prüflauf über 60 min; Aufzeichnen des Reibmomentes über die gesamte Laufzeit
- ☐ Durchführung von zwei weiteren Prüfläufen
- ☐ 1 h nach Ende des dritten Prüflaufs Ermittlung des Drehmomentes bei Neustart

### Prüfergebnis

Ermittlung des Start- und Neustartmomentes und Aufzeichnungen des Reibungsverhaltens über die Prüfzeit.



Prüfprinzip



Prüfgerätskizze

## 6.19 Schmierstoffprüfgerät nach Brugger

### Prüfaussage

Belastbarkeitsprüfung von Schmierstoffen im Grenz- und Mischreibungsgebiet.

### Prüfnorm

DIN 51347 Teil 1 und 2

### Prüfkörper

Prüfring, Außendurchmesser 25 mm und Prüfzylinder, 18 mm x 18 mm

### Prüfdaten

Prüfdauer: Abtropfzeit Öle 60 s,  
Laufzeit 30 s

Drehzahl: 940 min<sup>-1</sup>

Radiallast: 400 N

Geschwindigkeit: 1,23 m/s

Auftragsdicke

bei Fett: 1mm (Abstreifer)

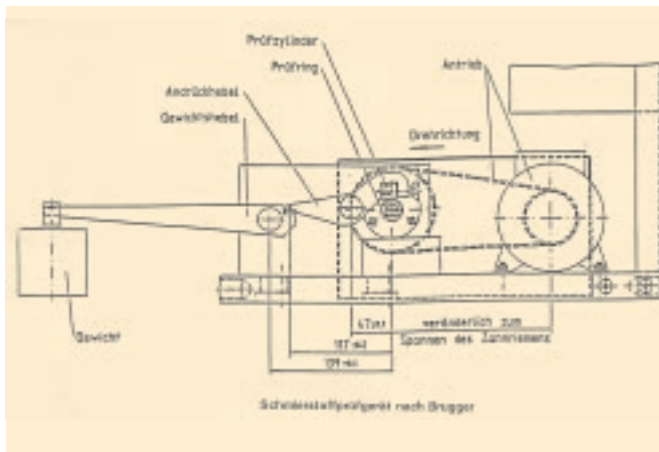
Prüfmedien: Schmierfette, Pasten,  
Öle, Schneid- und  
Kühlmittel

### Prüfablauf

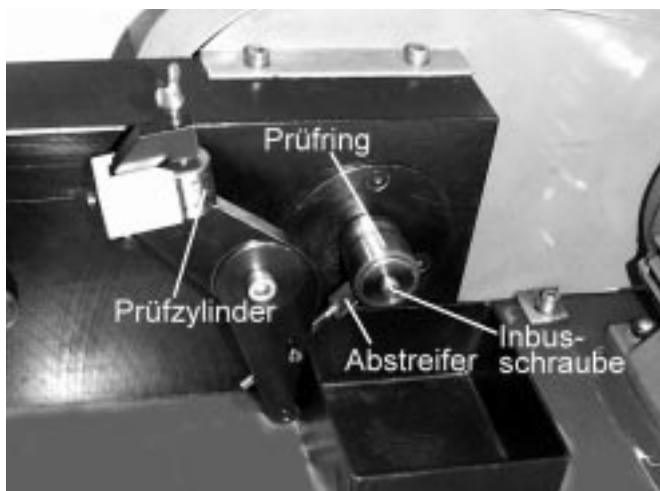
- ☐ Herstellen einer definierten Oberfläche an der Mantelfläche des Prüfringes mittels einer Schleiffeile (Silizium-Karbid-Schleifstein)
- ☐ Reinigen der Prüfkörper
- ☐ Einsetzen der Prüfkörper und Auftragen des Schmierstoffes auf den Prüfring
- ☐ Wartezeit 30 s
- ☐ Belastung der Prüfkörper durch Absenken des Hebelarmes mit dem Gewicht
- ☐ Wartezeit 30 s
- ☐ Starten der Prüfung
- ☐ Entlasten des Systems nach Beendigung der Prüfung (30 s)
- ☐ Zweimalige Wiederholung der Prüfung wie beschrieben
- ☐ Ausbau des Prüfzylinders nach Ende der 3. Prüfung
- ☐ Ausmessung der 3 Verschleißkalotten auf dem Prüfzylinder

### Prüfergebnis

Errechnete Belastbarkeit B in N/mm<sup>2</sup>.



Prüfaufbau



Detail, eingebaute Prüfkörper

## 6.20

# Fett-Testgerät FTG 2

nach Vogel / Marawe

### Prüfaussage

Ermittlung der Ölausscheidung bei Schmierfetten unter Druckbelastung, mit dem Nachweis der Verdickeraushärtung.

### Prüfnorm

Fa. Vogel-Funktionsbeschreibung

### Prüfkörper

Filterpapier

### Prüfdaten

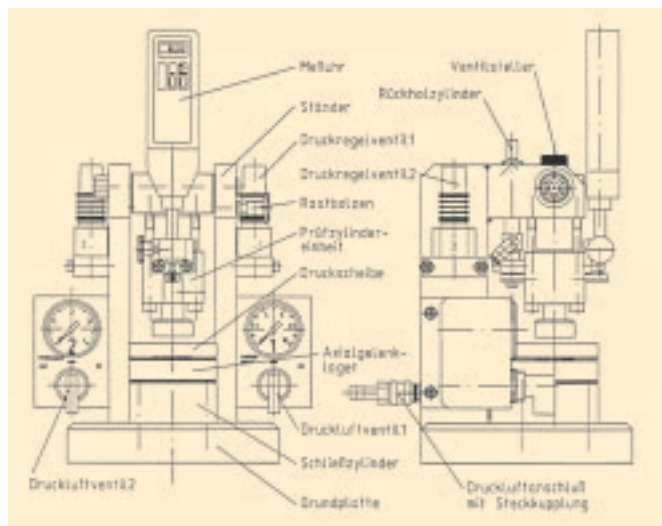
Prüfdauer:	24 h
Volumen des Prüffettes:	2,5 cm <sup>3</sup>
Belastung des Prüffettes:	20 bar
Prüftemperatur:	23 °C +/- 2K

### Prüfablauf

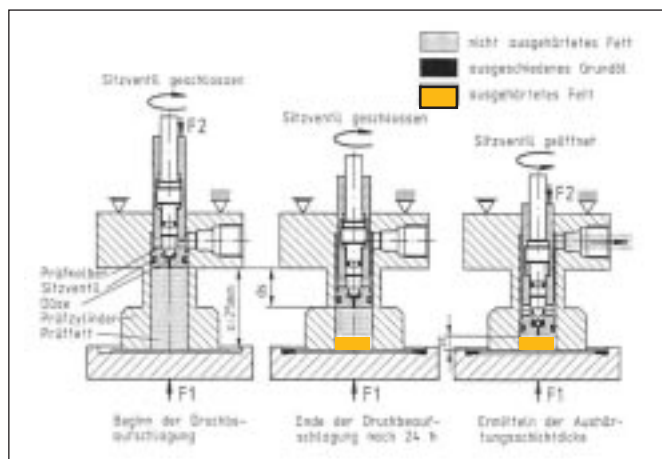
- ☐ Temperieren von Prüfgerät und Probe im Temperaturschrank
- ☐ Befüllen des Prüfzylinders
- ☐ Auflegen des Filterpapiers auf die Druckplatte
- ☐ Verschließen des Prüfzylinders
- ☐ Aufbringung der Druckbelastung
- ☐ Ablesung des Meßweges nach 3 Sekunden (im Temperaturschrank)
- ☐ Beenden der Druckbelastung und Ablesung des Meßweges nach 24 h
- ☐ Öffnen des Sitzventils und Ablassen des noch förderbaren Fettes
- ☐ Ermittlung der Aushärtungsschichtdicke
- ☐ Entnahme des ausgehärteten Schmierfettes
- ☐ Auswertung der Prüfung und Erstellung des Prüfprotokolls

### Prüfergebnis

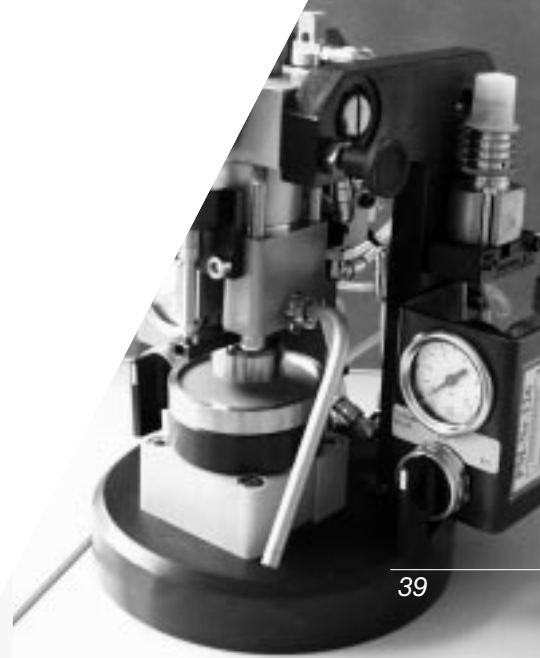
Ölausscheidung und Aushärtungsschichtdicke.



Prüfabau



Skizze, Prüfablauf





## 6.21 GRW-Geräuschprüfgerät

### Prüfaussage

Bestimmung von Laufgeräuschcharakteristiken eines Schmierfettes im Wälzlager durch Hoch-, Tiefband-, und Peak-Ermittlung sowie akustische Bewertung (Lautsprecher).

### Prüfnorm

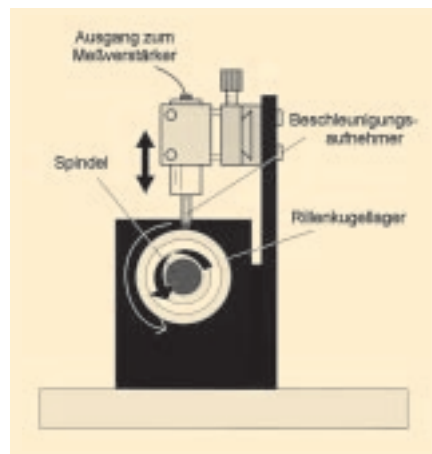
GRW-Funktionsbeschreibung

### Prüfkörper

Rillenkugellager, ungedeckt mit folgenden Innendurchmessern: 4 mm; 5 mm; 6 mm; 8 mm; 12 mm; 15 mm



Spindel/Lager



Prüfaufbau

### Prüfdaten

Prüfdauer:	Standardprüfung rd. 45s/Lager
Pickup:	Beschleunigungs- aufnehmer
Drehzahl:	3000 1/min
Axiallast:	ca. 10 N (manuell)
Prüfung mit:	5-10 Testlagern
Fettmenge:	ca. 20 mg bei 684
Frequenz- gang:	Hochband 1,6 - 5 KHz Tiefband 500 Hz - 1,6 KHz
Anzeige:	Hochband, Tiefband, Peak in dB <sub>R</sub>

Akustische Bewertung mittels Lautsprecher

### Prüfablauf

- ☐ Spindel, Verstärkereinheit und Rechner einschalten
- ☐ Präpariertes Testlager Nr. 1 auf die Spindel stecken, Axiallast aufbringen, Datenerfassung starten. Überprüfung der Referenzwerte der geölte Lager
- ☐ Fettspritze mit dem Prüffett befüllen
- ☐ Prüflager Nr. 1 mit Dosiervorrichtung, einseitig befetten (m. Präz.waage auswiegen)
- ☐ Referenzgemessenes (und für i.O. befundenes) Testlager Nr. 1 auf die Spindel stecken, Axiallast aufbringen, mittels Datenerfassungssystem Tief-, Hochband und Peak aufzeichnen, Schreiber starten und den Zustand „Befettet“ (Ablesewerte des Tief-, Hochbandes und Peaks mit Sollwert vergleichen) prüfen
- ☐ Testlager Nr. 2 – 10 analog zu oben prüfen
- ☐ Auswertung durch PC

### Prüfergebnis

In dB<sub>R</sub> (Frequenzbänder und Peak), sowie „Prasseln“ (akustische Bewertung). Beispielergebnis: 45-38-48 i.O.

- Prasseln 1-5  
1-3 i.O.  
4-5 n.i.O.



## 6.22

# Almen-Wieland-Schmierstoffprüfmaschine

### Prüfaussage

Hochdruck- und Verschleißverhalten von Ölen, Dispersionen, Fetten und Pasten.

### Prüfnorm

Wieland-Funktionsbeschreibung

### Prüfkörper

- 1 Stück Stahlwelle  $\varnothing$  6,3 mm
- 2 Stück Stahllagerhalbschalen,  $\varnothing$  6,5 mm

### Prüfdaten

Gleitgeschwindigkeit:	0,066 m/s
Prüflast:	0 – 20 kN
Temperatur:	RT
Reibungsart:	Gleitreibung

### Prüfablauf

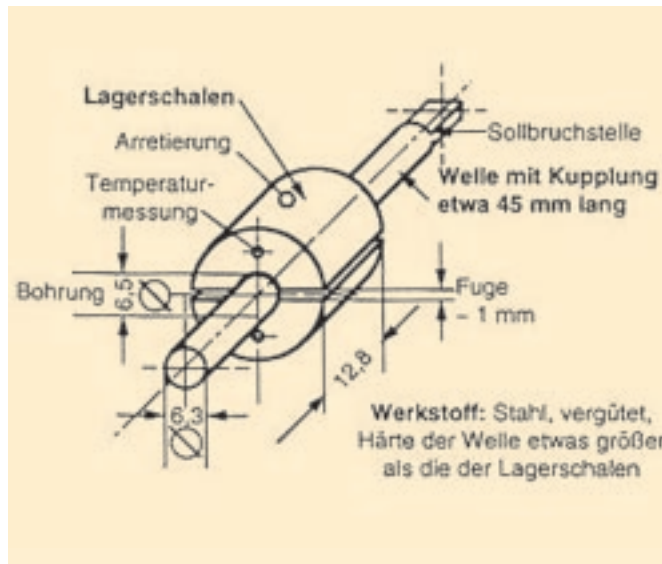
- ☐ Reinigen und Einsetzen der Prüfkörper
- ☐ Aufbringen des Schmierstoffes; bei Fett mit Spatel (Halblagerschalen) bei Öl Füllung des Auffangbehälters
- ☐ Nullen des Umdrehungszählers
- ☐ Starten des Prüflaufes
- ☐ Anpreßdruckerhöhung alle 100 Umdrehungen (rd. 30 Sekunden) bis zum Erreichen der Maximalprüflast (20 kN) oder dem Abriß der Stahlwelle bzw. starkem Verschleiß (Reibwert läßt sich nicht mehr ablesen)
- ☐ Bei jeder Laststufe ist der angezeigte Reibwert (Pendelmotor mit Anzeigeskala) zu notieren

### Prüfergebnis

Bruchlast, Abrieb und Reibungskraft.



Gesamtansicht



Prüfkörper

## 6.23

# HTN-Spengler

### Prüfaussage

Bewertung von Wälzlagerfetten unter praxisnahen thermischen und dynamischen Bedingungen.

### Prüfprinzip

Das Konzept des Prüfstandes beruht darauf, daß über Kurzzeitversuche das Schmierstoffverhalten in Wälzlagern bei hohen dynamischen- sowie thermischen Belastungen beurteilt werden kann. Beurteilt wird der Schmierstoff im Wälzlager bei hohen Drehzahlen, bei unterschiedlichen Temperaturen sowie axialen Belastungen.

Die Beurteilung erfolgt primär visuell, wobei eine kontinuierliche Aufzeichnung der beiden Lagertemperaturen und des Drehmomentes erfolgt.

### Prüfnorm

Klüber-Spezifikation

### Prüfkörper

Kegelrollenlager 30206 A Sonderausführung von FAG  
Schräggugellager 7206 B, Sonderlager Typ FAG 529689  
diverse Spindellager

### Prüfdaten

Schmierfettmenge: Abhängig vom Lagertyp  
Prüfdauer: 2h Beharrungslauf  
2h Temperaturlauf  
1h Heizlauf  
Zeit frei wählbar bei Dauerläufen  
Temperatur: RT - 180 °C  
Belastung, axial: 500 - 1500 N  
Drehzahl: 1500 - 10 000 1/min

### Prüfablauf

- ☐ Meßprogramm für Referenzlauf mit geölten Testlagern starten
- ☐ Befetten und Einbau der Prüflager
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ 120 min Beharrungslauf ohne Beheizung anschließend ca. 60 min Aufheizen; 120 min Temperaturlauf; Aufzeichnung des Drehmoment – und Temperaturverlaufs; visuelle Begutachtung
- ☐ Demontieren der Prüflager und Versuchsauswertung

### Prüfergebnis

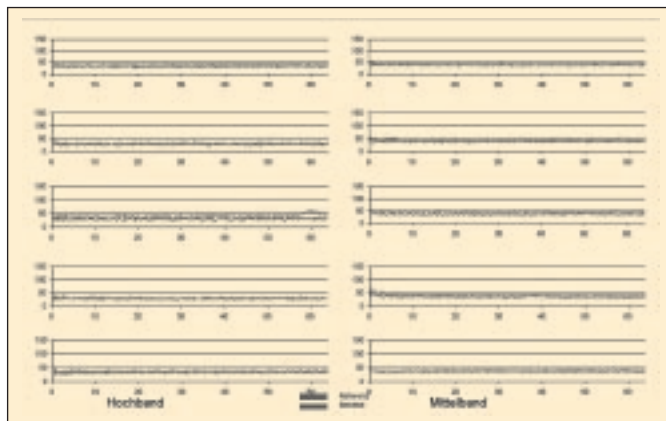
Reibmoment- und Temperaturverlauf; Beurteilen der Haftfähigkeit und des Schmierstoffverhaltens während des Versuchlaufes (Öl-, Fettverlust, Ölnebel, Käfig- und Rollenversorgung, Luftemulsion, Umlaufteilnahme), Ausbildung des Fettkragens (Schmierstoffdepot, Dichtwirkung etc.), Prüfung dient als Vorauswahlmöglichkeit für weitere Untersuchungen auf Wälzlager-Lebensdauerprüfständen (z.B. ROF und FE 9)



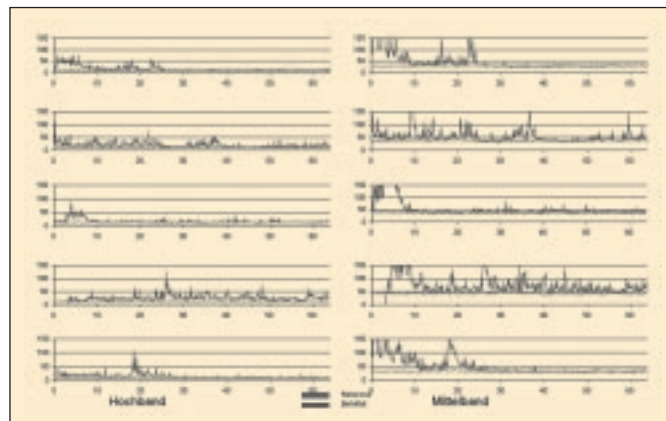
Welle mit zerlegten Prüflagern, Außenringen, Lagerschalen und Schauglas

## 6.24

# FAG-Schwinggütemeßgerät MGG 11



Ruhiger Prüfverlauf



Unruhiger Prüfverlauf

### Prüfaussage

Bestimmung von Laufgeräuschcharakteristiken eines Schmierfettes im Wälzlager durch Ermittlung des Geräuschniveaus, des Anlaufverhaltens und der Geräuschdämpfung.

### Prüfnorm

FAG-Richtlinie QV 3.102 FB  
Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Rillenkugellager 608

### Prüfdaten

Prüfdauer: 2 x 64 Sekunden pro Lager  
Pickup: Geschwindigkeitsaufnehmer  
Drehzahl: 1800 min<sup>-1</sup>  
Axiallast: 20 N (pneumatisch)  
Prüfung mit: 5 Testlagern (Standard)  
Fettmenge: ca. 0,33 g / Lager  
Frequenzgang: Tiefband 50 - 300 Hz  
Mittelband 300 - 1800 Hz  
Hochband 1800 - 10 000 Hz  
Anzeige: 3 Frequenzbänder (ms<sup>-1</sup> rad<sup>-1</sup> Analoganzeigergeräte jedoch in %)

Akustische Kontrolle über Lautsprecher

### Prüfablauf

- ☐ Meßprogramm für Referenzlauf mit geölten Testlagern starten
- ☐ Präparierte Testlager jeweils auf die Spindel stecken, Axiallast aufbringen und nacheinander den Referenzzustand prüfen
- ☐ Externe Fettdosiervorrichtung blasenfrei mit dem Prüffett befüllen
- ☐ Meßprogramm für Prüffettlauf starten
- ☐ Referenzüberprüfte (und für i.O. befundene) Testlager 1-5 der Reihe nach befetten, auf die Spindel stecken, Axiallast aufbringen und prüfen, Meßwerte aufzeichnen
- ☐ Auswertprogramm starten
- ☐ Prüfergebnis ausdrucken

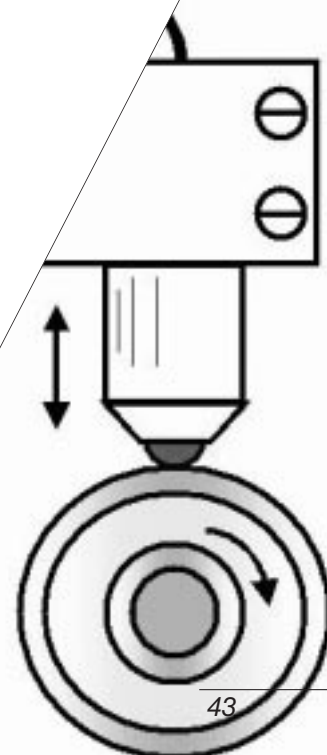
### Prüfergebnis

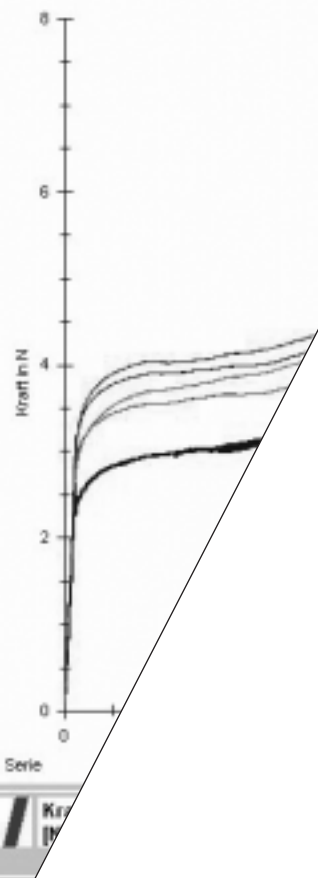
Geräuschklassen von I bis IV und die zugehörigen Anlaufwerte von 1-9.

Beispielergbnis: II/1: Fett i.O.  
III/2: Fett nicht i.O.



Gesamtansicht





## 6.25 Zwick-Elastomer- Reibprüfstand

### Prüfaussage

Ermittlung der Haft- und Gleitreibung von Elastomeren.

### Prüfnorm

DIN 53375  
Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Elastomere

### Prüfdaten

Prüfdauer: Standard ca. 1 h  
Gleitgeschwindigkeit: 0,1...800 mm/min  
Reibkraft: bis max. 10 N

### Prüfablauf

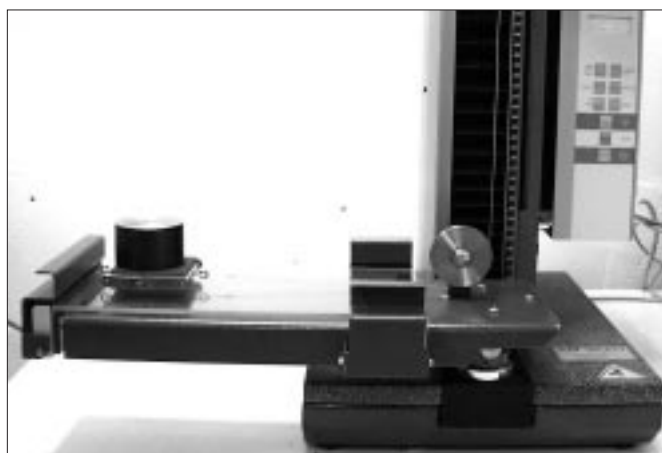
- ☐ Prüfplatte mit definiertem Werkstoff und/oder Oberfläche einspannen
- ☐ Prüfelastomere unter den Schlitten aufkleben
- ☐ Schlitten mit Gewichten belasten
- ☐ Prüfprogramm mit entsprechender Prüfvorschrift starten
- ☐ Messung 5x wiederholen
- ☐ Ergebnis abspeichern und ausdrucken

### Prüfergebnis

- ☐ Haftreibzahl
- ☐ Gleitreibzahl
- ☐ Weg-Reibungszahl-Diagramm



Gesamtansicht



Prüfaufbau

# 6.26

## Press-Fit-Test

### Prüfaussage

Bestimmung des Gleitreibungs- und Haftreibungskoeffizienten von Schmierstoffen bei hohen Belastungen (im Gebiet der Misch- und Grenzreibung) und Feststellung von Ruckgleiten (Stick-Slip), Riefenbildung bzw. Fresserscheinungen.

### Prüfnorm

Ford-Spezifikation

### Prüfkörper

Bolzen (50 mm lang) mit einem Durchmesser von 19,075 mm  
Dickwandige Buchse von gleicher Oberflächengüte (Innendurchmesser 19,050 mm) und 44 mm Länge

### Prüfdaten

Prüfdauer: ca. 3 Minuten  
Gleitgeschwindigkeit: 15 mm/min, variabel  
Berührungsgeometrie: Fläche

### Prüfablauf

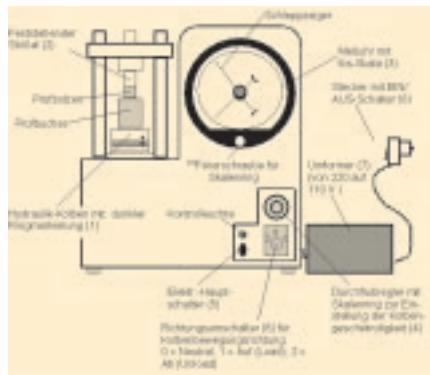
- ☐ Reinigen der Prüfkörper
- ☐ Vermessung und Kennzeichnung des größten Buchsenaußendurchmessers
- ☐ Auftragen des Schmierstoffes auf die Funktionsflächen beider Prüfkörper
- ☐ Einsetzen der Prüfkörper in die Presse
- ☐ Nullen der Kraftmeßuhr an der Presse
- ☐ Einpressen des Bolzens in die Buchse
- ☐ Beim Auftreten von Rattern oder beim Erreichen der Ringmarkierung des Stößels, Einpreßvorgang stoppen und Preßstößel herunterfahren
- ☐ Prüfkörper entnehmen, auf Raumtemperatur abkühlen lassen
- ☐ Errechnen des Gleitreibungskoeffizienten aus der ermittelten Zunahme des Buchsenaußendurchmessers, der Einpreßkraft und des Korrekturfaktors anhand Tabelle



Buchsenmessung



Gesamtansicht



Prüfaufbau

### Prüfergebnis

Gleitreibungskoeffizient (Optional Haftreibungskoeffizient beim Auspressen, Fugenpressung ) und ggfs. die Angabe der Last, bei der Stick-Slip (Rattern) auftritt.



# 6.27

## SKF-BeQuiet

### Fett-Geräuschprüfgerät

#### Prüfaussage

Quantitative Bestimmung von Laufgeräuschcharakteristiken eines Schmierfettes im Wälzlager durch Messung von Geräuschspitzen (Peakmessung) und Frequenzbändern (optional)

#### Prüfnorm

SKF-Funktionsbeschreibung

#### Prüfkörper

Rillenkugellager 608/QE4

#### Prüfdaten

Prüfdauer: Standardprüfung  
rd. 30 Minuten

Pickup: Geschwindigkeits-  
aufnehmer

Drehzahl: 1800 1/min

Axiallast: 30 N (pneumatisch)

Prüfung mit: 1 Testlager (Standard)

Fettmenge: automatisierte,  
zeitabhängige  
Dosierung ca. 150 mg

Frequenz-  
gang:

Tiefband: 50 - 300 Hz

Mittelband: 300 - 1800 Hz

Hochband: 1800 - 10000 Hz

Peak-Filter: Pre 300 - 10000 Hz  
Post 25 - 400 Hz

Anzeige: µm/s; Peak

Akustische Kontrolle über  
Lautsprecher

#### Prüfablauf

- ☐ Neues Testlager mit Korrosionsschutz einölen
- ☐ Prüfprogramm starten, Testlager einsetzen
- ☐ Spritze mit Prüffett blasenfrei befüllen, in die Dosiereinheit einlegen und mit Dosierschlauch verbinden
- ☐ Axiallast auf das Lager aufbringen
- ☐ Pickup absenken und Spindel starten
- ☐ Test mit Referenzlauf; wenn i.O. automatisierten Prüflauf (befettet) starten
- ☐ Nach dem angezeigten Ende der Prüfung das Auswerteprogramm starten und die Daten ausgeben

#### Prüfergebnis

Bequiet-Klassen 1 - 4 in %;  
Fettgeräuschklasse (GN4 - GNx, wobei GN 4 sehr gut und GNx sehr schlecht ist). Optional: Anlaufverhalten und Dämpfung.



Gesamtansicht



Spindel/Lager/Andrückereinheit



Mechanische Einheit



# 6.28

## Timken-Maschine

### Prüfaussage

Bestimmung der Verschleißkennwerte und Hochdruckeigenschaften flüssiger und konsistenter Schmierstoffe.

### Prüfnorm

DIN 51434 Teil 1 bis 3  
ASTM D 2782  
ASTM D 2509

### Prüfkörper

Prüftring, Außendurchmesser 49,22 mm und Prüfblock, 12,32 mm x 12,32 mm x 19,1 mm

### Prüfdaten

Drehzahl: 800 min<sup>-1</sup>  
Prüfzeit: 10 min  
Belastung: 100 lbs, maximal

### Prüfablauf

- ☐ zu prüfenden Schmierstoff in das dafür vorgesehene Aufnahmebehältnis geben
- ☐ zu prüfendes Öl ist vorzuwärmen; dazu die Heizung an der Maschine einschalten
- ☐ Prüfkörper reinigen und wiegen
- ☐ Prüfaufbau mit den Prüfkörpern und Hebelarmen montieren
- ☐ Prüflast auflegen und Spindel einschalten
- ☐ Nach 10 minütigem Prüflauf die Prüfkörper auf Freßspuren optisch untersuchen
- ☐ Prüflast mit neuen Prüfkörpern erhöhen, bis Freßspuren auftreten
- ☐ Maximale Prüflast ohne Fresser ergibt die Gutlast
- ☐ Verschleiß (in mg) durch erneutes Nachwiegen der Gutlastprüfkörper feststellen

### Prüfergebnis

Gutlast und Verschleiß.



Gesamtansicht



Detailansicht Prüfaufbau

## 7.0

# Von Klüber Lubrication entwickelte, spezielle Bauteilprüfungen

Die in Abschnitt 5 beschriebene Vielzahl von Prüfungen erzeugt eine Datenfülle, deren Interpretation und Übertragung auf die Originalsysteme – selbst von Experten – nicht einfach bewerkstelligt werden kann.

Klüber Lubrication versucht deshalb verstärkt, durch spezielle Bauteilprüfungen die definierten Verhaltensweisen von Schmierstoffen zu er testen. Bauteilprüfungen mit dem jeweiligen Maschinenelement bieten den Vorteil, näher bei der Anwenderproblematik und schneller bei deren Lösung zu sein.

Zudem werden diese Komponenten im Labor praxisähnlichen, jedoch reproduzierbaren Beanspruchungen ausgesetzt. Dies geschieht unter Verwendung z. T. komplizierter Prüf- und Meßtechnik, die sowohl praxisrelevante Kenndaten in Bezug auf das Reibungs- und Verschleißverhalten für die gezielte chemische Schmierstoffentwicklung und kompetente anwendungstechnische Beratung liefert, als auch dem Kunden schmierstoffspezifische Beurteilungskriterien anbietet.

## Inhalt

## Seite

7.1	Klüber-Schneckengetriebe-Prüfstand	49
7.2	Klüber-Hochtemperatur-Kettenprüfstand	50
7.3	Klüber-Leistungsketten-Prüfstand	51
7.4	Brückner-Test	52
7.5	Fahrradketten-Prüfstand	53
7.6	Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Stickslip-Test)	54
7.7	Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Life-Test)	55
7.8	Oszillierender Gleitplatten-Prüfstand	56
7.9	Weichenprüfstand	57
7.10	Schwingungs-Reibverschleiß-Prüfgerät	58
7.11	Elektro-Kontakt-Prüfstand	59
7.12	Trolley-Prüfstand	60
7.13	Seilprüfstand	61
7.14	Klüber-Pulley-Prüfstand	62
7.15	Klüber-Spindellager-Prüfstand	63
7.16	Kugelgelenk-Prüfstand	64
7.17	Fettentspannungs-Prüfstand	65

# 7.1

## Klüber-Schneckengetriebe-Prüfstand

### Prüfaussage

Bewertung von Schmierfluids für Schneckengetriebe unter praxisnahen Bedingungen.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Hochleistungs-Schneckengetriebe mit Radsatz (Schneckenrad - Schneckenwelle) unterschiedlicher Verzahnungsgeometrien.

### Übersetzungs-

verhältnis: 1 : 39 (Standard)

Achsabstand: 63 mm

### Prüfdaten

Antriebs-  
drehzahl: einstellbar,  
bis  $1200 \text{ min}^{-1}$   
Standard  $350 \text{ min}^{-1}$

Abtriebs-  
drehmoment: einstellbar,  
bis 500 Nm  
Standard 300 Nm

Einlaufzeit: 50 h  
Prüfdauer: 300 h  
Füllmenge: 600 ml (Tauch-  
schmierung)

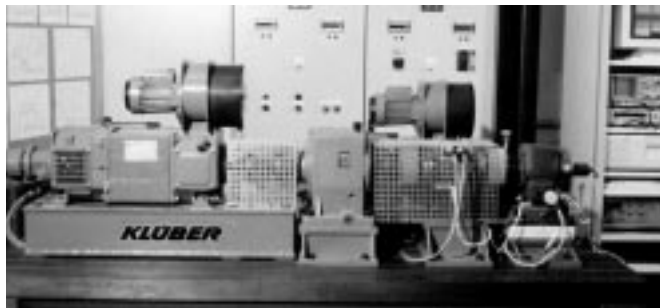
Gehäuse-  
temperatur: max.  $100^\circ\text{C}$

### Prüfablauf

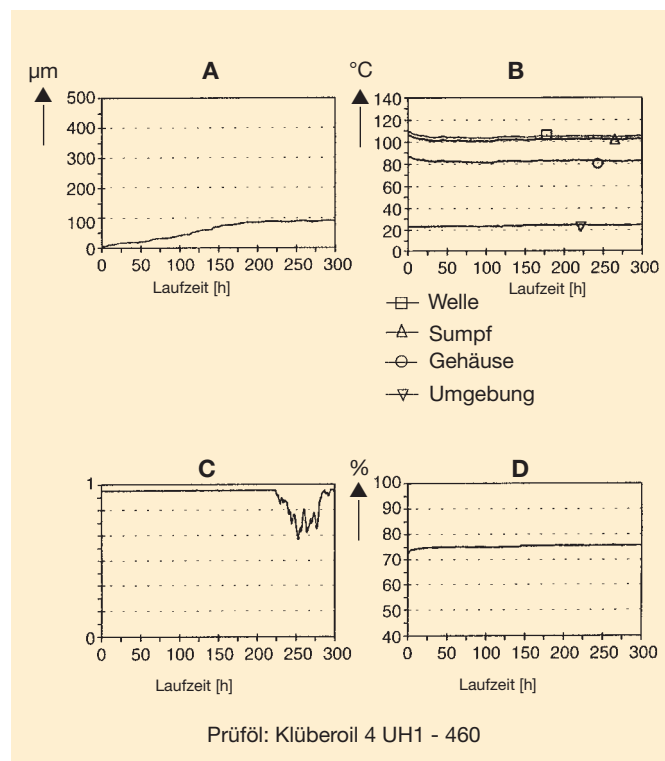
- ☐ Reinigen der Getriebekomponenten
- ☐ Einbau des Getriebes in die Prüf-  
vorrichtung und Anschluß der Meß-  
sensorik
- ☐ Einfüllen des Schmierstoffes und  
eventuell Aufheizen auf die  
gewünschte Öltemperatur
- ☐ Einstellen der Prüfbedingungen
- ☐ Prüflauf durchführen und Erfassen  
der Meßwerte durch einen Rechner

### Prüfergebnis

Durch Auswiegen des Schneckenrades vor und nach der Prüfung wird das Verschleißgewicht des Schneckenrades ermittelt.



Klüber-Schneckengetriebe-Prüfstand



### Prüfschriebe

- A Abrieb [ $\mu\text{m}$ ]
- B Temperaturen [ $^\circ\text{C}$ ]
- C Kontakt (Anzeige von Misch-  
oder Flüssigkeitsreibung)
- D Wirkungsgrad [%]

An Hand der kontinuierlich aufgezeichneten Meßwerte werden quantitative Aussagen über Wirkungsgrad, Schmierungszustand (Misch- bzw. Flüssigkeitsreibung) zwischen Schneckenrad und Schneckenwelle, Verschleißabtrag der Schneckenradflanke und Temperaturverläufe dokumentiert.

## 7.2 Klüber-Hochtemperatur-Kettenprüfstand

### Prüfaussage

Mit diesem Kettenprüfstand ist die Bewertung von Hochtemperatur-Kettenölen unter betriebsnahen, reproduzierbaren Prüfbedingungen möglich. Da die thermische Belastung im Vergleich zur mechanischen Belastung für Kettenöle als die kritischere Betriebsgröße angesehen wird, liegt der Schwerpunkt hier bei der Untersuchung des Temperatureinflusses auf das Verhalten von Kettenölen.

### Prüfnorm

Klüber-Spezifikationen

### Prüfkörper

Rollenkette DIN 8187– 16 B – 1 x 37 E  
Kettenradscheibe DIN 8187, 50 - 16 B

### Prüfdaten

Temperatur: 200 bis 220 °C,  
max. 300 °C

Geschwindigkeit:  
min. 0,5 m · min<sup>-1</sup>;  
1 m · min<sup>-1</sup>  
max. 4,8 m · min<sup>-1</sup>

Belastung: Gewicht mit ca. 2,6 kg

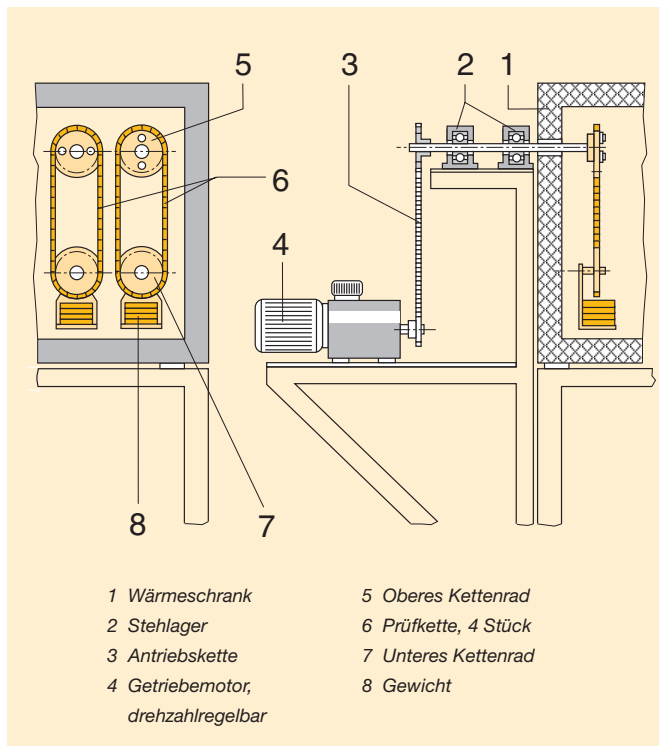
Prüfdauer: beliebig einstellbar bis  
999 h

### Prüfablauf

In einem Wärmeschrank laufen insgesamt vier geschlossene Prüfketten um, die einzeln und unabhängig voneinander von drehzahlregelbaren Getriebemotoren, die sich außerhalb des Wärmeschrankes befinden, angetrieben werden. Die Ketten hängen an den angetriebenen oberen Kettenblättern und werden durch die mit Gewichten belasteten unteren Kettenblätter, die frei in die Prüfketten eingehängt sind, mit einer für einen korrekten Kettenumlauf erforderlichen Minimalkraft belastet bzw. vorgespannt.

### Prüfergebnis

Bei Auftreten von Verlackungen etc. in den Schmierspalten unter dem Einfluß hoher Temperaturen, steigt das erforderliche Antriebsmoment für die jeweils betroffene Prüfkette. Bei Überschreiten eines bestimmten Grenzwertes, der vor dem Prüflauf an der Stromüberwachung der Getriebemotoren eingestellt wird, wird der „überlastete“ Abtriebsstrang automatisch abgeschaltet. Die bis zum Abschalten erreichten Betriebsstunden sowie die Anzahl der erzielten Prüfkettenumläufe werden aufgezeichnet. Die Werte werden, neben der optischen Begutachtung der Kette, zur Bewertung der Kettenschmierstoffe herangezogen. Bewertungskriterien sind im wesentlichen die Benetzung der Funktionsflächen, insbesondere von Bolzen und Buchsen, die Rückstandsbildung, deren Art und die Möglichkeit des Anlösens der Rückstände durch Frischöl.



Prüfstandsskizze



Verlackungen durch hohe Temperatur an einer Prüfkette

## 7.3

# Klüber-Leistungsketten-Prüfstand

### Prüfaussage

Verhalten von Kettenschmierstoffen bei realen Betriebsbedingungen und Einflußfaktoren

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingung

### Prüfkörper

Rollenkette 1/2"

DIN 8187 – 08 B – 1 x 82 E

### Prüfdaten

Geschwindigkeit:

0,1 bis 8 m/s

Standard: 1,6 / 2,4 /

4,8 m/s

Trumkraft:

200 N bis 3 500 N

Standard: 1 500 N /

1 000 N / 200 N /

500 N / 800 N

Umgebungs-

temperatur: – 40 °C bis +150 °C

Standard: Raum-

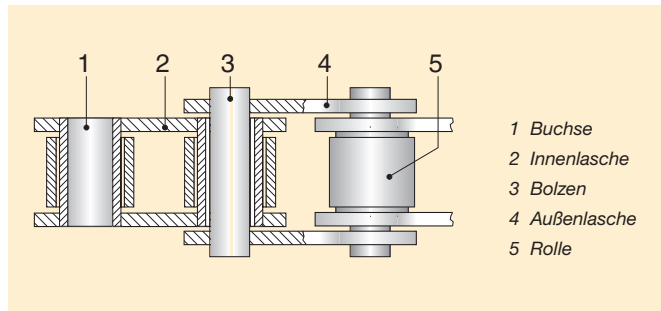
temperatur

Prüfdauer: bis 1 000 h

Standard: 150 h

### Prüfablauf

- ☐ Schmierstoff auf zwei Prüfketten applizieren
- ☐ Einbau der Ketten in den Verspannungsprüfstand
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ Erfassen und Dokumentieren von Betriebsparametern und tribologischen Kenndaten



Einfachrollenkette DIN 8187

### Prüfergebnis

#### A

Verschleiß- und Reibungskennwerte durch kontinuierliche Aufzeichnung von

- ☐ Kettenlänge
- ☐ Elektrische Leistungsaufnahme und -änderung des Antriebsmotors (Reibung)
- ☐ Antriebsdrehmoment (nicht standardmäßig)
- ☐ Temperatur der umlaufenden Prüfketten (angenähert)
- ☐ Geschwindigkeit, Trumkraft nach Umgebungsprüfung (Prüfparameter)

#### B

- ☐ Laufzeit bis zum Erreichen definierter Kettenlängungen, z.B. 0,1%



## 7.4 Brückner-Test

### Prüfaussage

Angaben über den Fettverlust bei dynamisch-thermischer Belastung in Rillenkugellagern bei vertikaler Einbaulage und drehendem Außenring

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Rillenkugellager  
INA-Sonderlager LR 202 KAH 02  
Abmessungen:  $\varnothing 40 \times \varnothing 15 \times 11$  mm,  
mit Deckscheiben

### Prüfdaten

Zur Prüfung eines Schmierfettes werden 5 Prüflager auf eine Welle montiert und vertikal in eine Wärmekammer eingebaut. Die Lagerinnenringe sind arretiert, die Lageraußenringe drehen sich. Die Prüfparameter sind variabel einstellbar.

Prüfdauer: 200 h Standard

Prüf-  
temperatur: Raumtemperatur bis  
300 °C

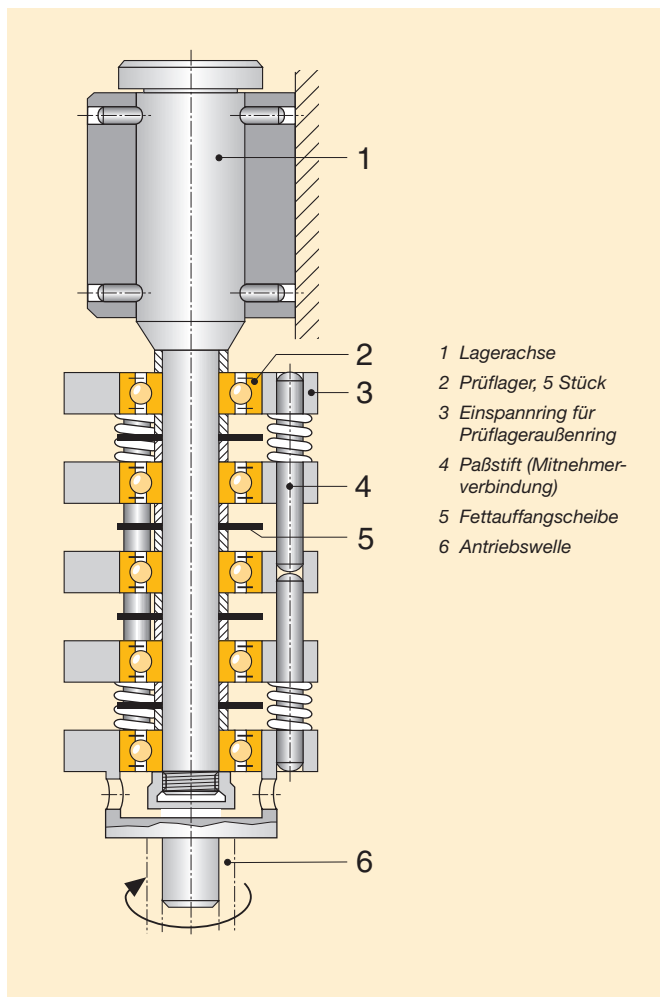
Drehzahl: 1800 bis 3600 min<sup>-1</sup>  
Standard

### Prüfablauf

- ☐ Numerierung der Prüflager
- ☐ Reinigen der Prüflager und Deckscheiben im Ultraschallbad
- ☐ Befüllen der Prüflager mit Schmierfett und Montage der Deckscheiben
- ☐ Wiegen der Lager
- ☐ Aufstecken und Festspannen der Lager auf der Achse
- ☐ Montage der Lagerachse mit Prüflagern im Wärmeschrank
- ☐ Einstellen der Prüfparameter (Temperatur, Drehzahl, Prüfdauer)
- ☐ Prüflauf starten

### Prüfergebnis

Der Fettgewichtsverlust der 5 Prüflager wird gemessen und der durchschnittliche Fettverlust pro Lager ermittelt und prozentual angegeben.



Prüfaufbau



# 7.5

## Der Klüber-Fahrradkettenprüfstand

### Prüfaussage

Bestimmung des Wirkungsgrades von Fahrradketten.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen.

### Prüfkörper

Pro Prüfung 2 Hochleistungsketten für Rennräder.

### Prüfdaten

Geschwindigkeit:

Bergfahrt 60 UPM

Zeitfahren 100 UPM

Kettenübersetzung:

Bergfahrt 39/21

Zeitfahren 53/13

Simulierte Leistung:

Bergfahrt 450 W

Zeitfahren 450 W

Kettenzugkraft (pro Kette):

Bergfahrt 900 N

Zeitfahren 400 N

Prüfdauer:

Bergfahrt 4 Stunden

Zeitfahren 4 Stunden

### Prüfablauf

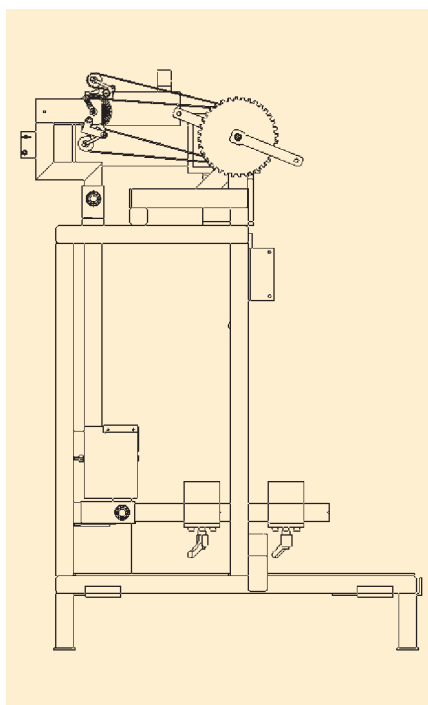
- ☐ Ketten und Zahnkränze reinigen
- ☐ Ketten befeuchten und montieren
- ☐ Einlauf 5 Minuten bei niedriger Belastung
- ☐ Prüflauf 4 Stunden unter Prüfbedingungen für Berg-, oder Zeitfahrten
- ☐ Erfassen und Auswerten der Daten

### Prüfergebnis

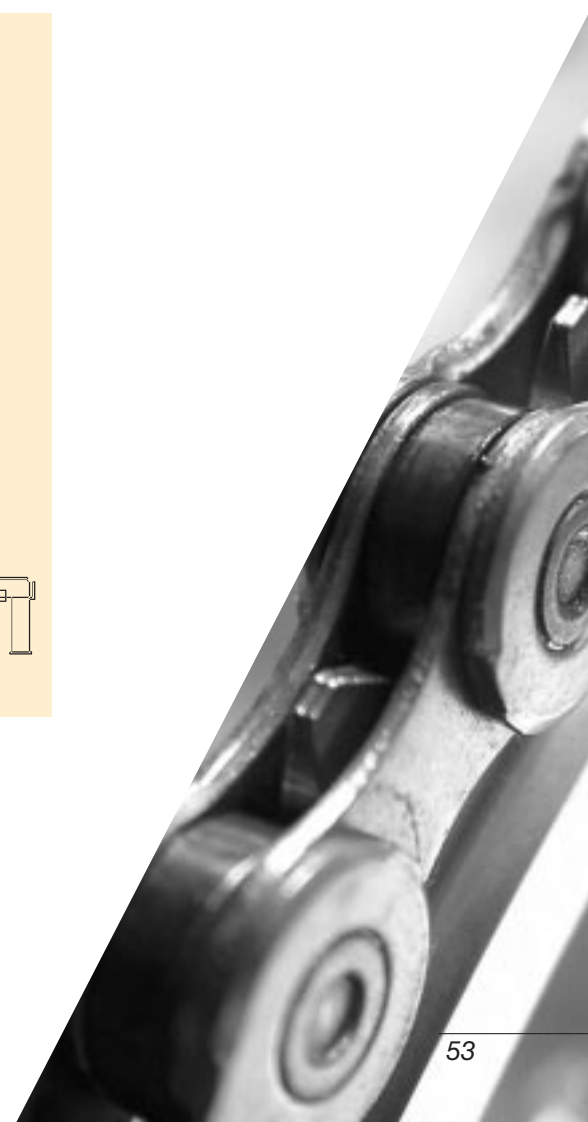
- ☐ Ermitteln des Wirkungsgrades der Ketten über die ganze Prüfzeit



Klüber-Fahrradkettenprüfstand



Prüfstandsskizze





## 7.6 Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Stick-Slip-Test)

### Prüfaussage

Bediendrehmoment und Bediengefühl zum Öffnen des Wasserhahnoberteils, wobei Reibmomentverlauf einschließlich Stick-Slip-Erscheinungen und Losbrechmoment bei den Wasserhahnoberteilen gemessen und bewertet werden.

### Prüfnorm

in Anlehnung an DIN EN 200, GROHE-Werksnorm GSO - 412 - 1

### Prüfkörper

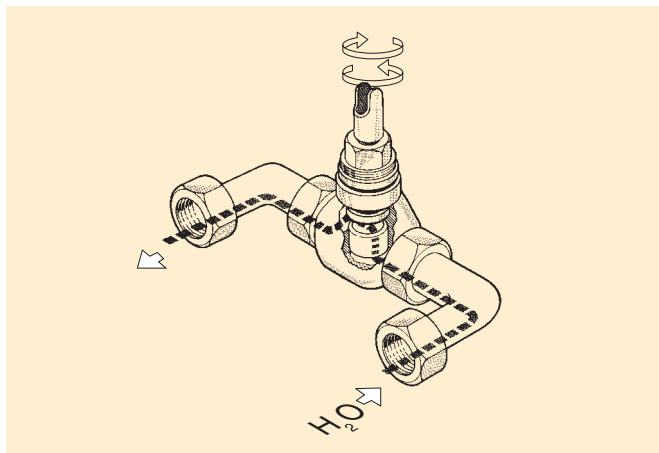
Wasserhahn-Spindeloberteile mit Nennweite 1/2"

### Prüfbedingungen

Wasser-  
temperatur: 70 °C  
Schließmoment: 2,5 Nm  
Ruhedruck: 6 bar  
Fließdruck: 5 bar

### Prüfergebnis

Aufzeichnung von Schließ- bzw. Öffnungs-drehmoment, in Abhängigkeit von Schließ- bzw. Öffnungswinkel. Beurteilung des Bediengefühls durch Betätigung des Wasserhahnoberteils von Hand und Auswertung nach Tabelle.



Prüfprinzip

Merkmal	Bewertung
0 = gleichmäßiges Gleiten	gut
1 = leichtes Ruckgleiten	befriedigend
2 = merkliches Ruckgleiten	noch befriedigend
3 = starkes Ruckgleiten	nicht akzeptabel
4 = sehr starkes Ruckgleiten	nicht akzeptabel

Bewertungstabelle des Bediengefühls

## 7.7

# Klüber-Wasserhahnoberteil-Prüfstand (Life-Test)

### Prüfaussage

Lebensdauerverhalten von Schmierfetten in Wasserhahnoberteilen unter praxisnahen Bedingungen

### Prüfnorm

in Anlehnung an DIN EN 200, GROHE-Werksnorm GSO - 412 - 1

### Prüfkörper

Wasserhahn-Spindeloberteil mit Nennweite 1/2"

### Prüfdaten

Prüfdauer: ca. 500 000 Öffnungs- und Schließzyklen

Wassertemperatur: 18 °C oder 70 °C

Schließmoment: 2,5 Nm

Ruhedruck: 5 bar

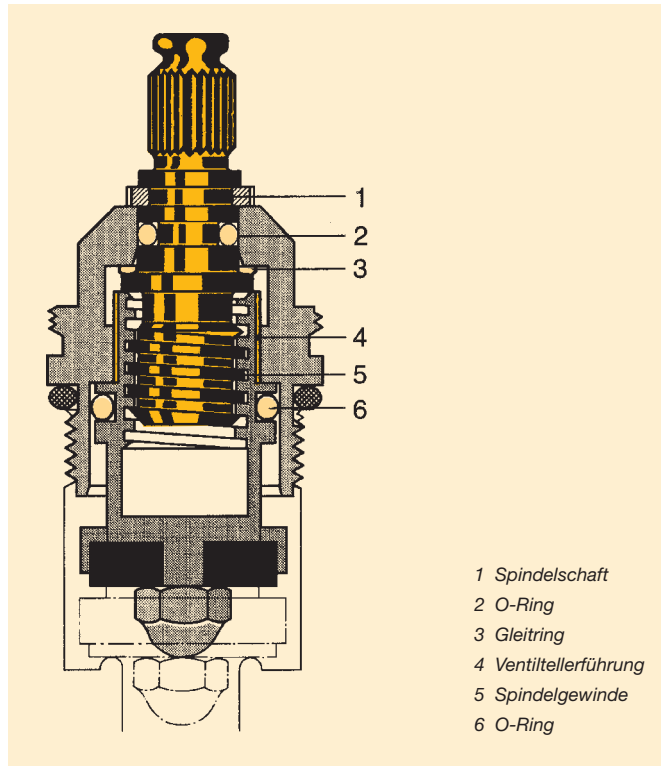
Fließdruck: 3 bar

### Prüfablauf

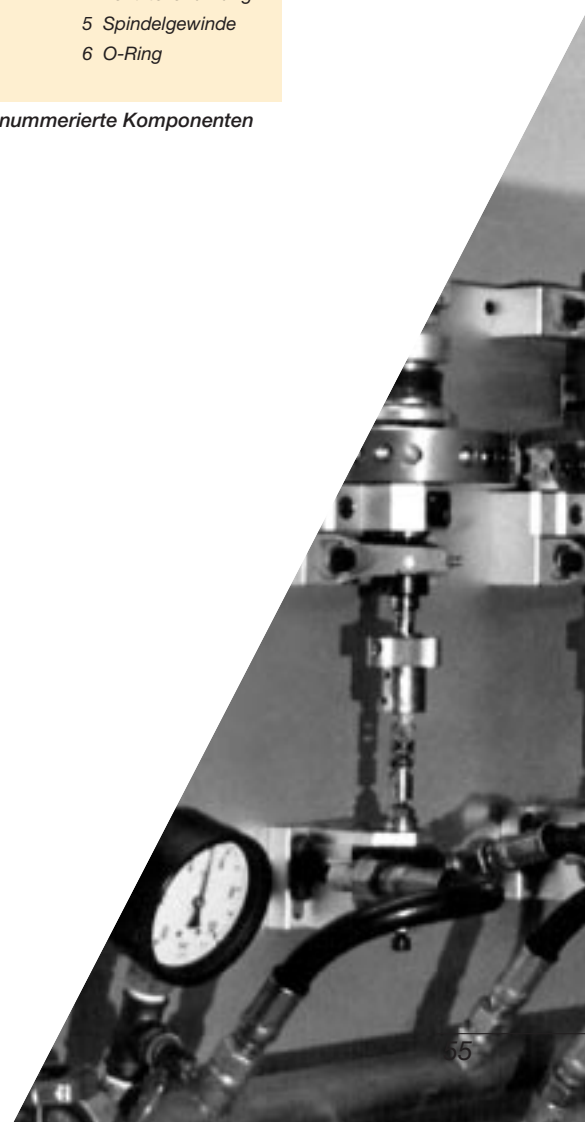
- ☐ Befetten der Wasserhahnoberteile mit dem zu testenden Schmierstoff
- ☐ Montieren der Prüfberteile in die Vorrichtungen der Prüfmaschine
- ☐ Anschließen der Betätigungsmechanismen an die Spindeln der Wasserhahnoberteile
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ Starten der Prüfung
- ☐ Zwischenzeitliche Kontrolle

### Prüfergebnis

Erreichte Zyklenzahl ohne Stick-Slip pro Spindeloberteil des Schließ- und Öffnungsverhaltens



Schmierstellen an einem Spindeloberteil; nummerierte Komponenten werden geschmiert.



## 7.8 Oszillierender Gleitplatten-Prüfstand

### Prüfaussage

Prüfung des Reibungs- und Verschleißverhaltens von oszillierenden Gleitpaarungen

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Gleitungen aus Metall mit den Maßen 80 x 20 x 4 mm bzw. bei Kunststoff 2-mal 80 x 20 x 2 mm Gegenkörper für Linien-, Punkt und Flächen-Berührung;  
z.B. Kugeln oder Zylinder  
Material: nach Anforderung

### Prüfdaten

Gleitgeschwindigkeit:	1 – 150 mm/s, Standard 50 mm/s
Prüflast:	50 – 500 N, Standard 200 N
Temperatur:	einstellbar, Standard: RT
Geometrie:	Linie, Punkt oder Fläche
Prüfplätze:	5 Stück
Hublänge:	max. 50 mm, Standard 50 mm

### Prüfablauf

- ☐ Referenzfahrt der Linearantriebseinheit durchführen
- ☐ Prüfparameter einstellen (PC)
- ☐ Prüfkörper präparieren und einbauen
- ☐ Prüfkraft einstellen
- ☐ Grund- und Gegenkörper montieren
- ☐ Meßdatenerfassung einrichten (PC)
- ☐ Prüfung durchführen (Starten von Lineartrieb und Meßdatenerfassung)
- ☐ Beenden der Prüfung
- ☐ Auswertung der Prüfdaten (PC)

### Prüfergebnis

Bestimmung der Reibungszahl,  
Erkennung von Stick-Slip,  
Bestimmung der Verschleißtiefe



Gesamtansicht



Prüfkörper Detailansicht

# 7.9

## Weichenprüfstand

### Prüfaussage

Ermittlung des Reibkraft- und Verschleißverhaltens von Schmierstoffen in Weichengleitstühlen für Eisenbahnschienen.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Gleitstuhl 420 x 170 mm  
Schienenstück 200 mm lang

### Prüfdaten (variabel)

Prüfdauer: 30 h  
Prüfstrecke:  $s = 105 \text{ mm}$   
Gleitgeschwindigkeit:  $v = 50 \text{ mm/s}$   
Temperierung und Medieneinfluß

### Prüfablauf

- ☐ Reinigen der Prüfkörper (Gleitstuhl und Schienenstück)
- ☐ Applikation des Schmierstoffes auf den Gleitstuhl
- ☐ Montage des Schienenstücks mit den Zusatzgewichten
- ☐ Einstellung der Prüfparameter (PC) und Starten der Prüfung

### Prüfergebnis

Reibkraftverlauf über die gesamte Prüfzeit (PC), optische Bewertung der Verschleißflächen.



Gesamtansicht



Verschleißbild, Gleitstuhl



## 7.10 Schwingungs- Reibverschleiß-Prüfgerät

### Prüfaussage

Verhalten von Schmierstoffen unter oszillierender Bewegung bezüglich Schwingungsverschleiß und Tribokorrosion.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Nadellager-Innenring 25 x 30 x 30 (Prüfring)  
Federstahlband, gehärtet, blau, 8 mm breit

### Prüfdaten

Frequenz: 50 HZ  
Amplitude: +/- 1 mm  
Belastung: 150 N/cm<sup>2</sup> (projizierte Flächenpressung)  
Prüfzeit: 3 h

### Prüfablauf

- ☐ Prüfband ablängen
- ☐ Prüfband und Prüfring reinigen
- ☐ Prüfring befeuchten und auf Welle fixieren
- ☐ Prüfband einsetzen und spannen
- ☐ Prüflauf starten

### Prüfergebnis

Bestimmung des Tribokorrosionsgrades auf Prüfband und Prüfring (visuell) Angabe der Bewertungsklasse (von 0 - 4)



Gesamtansicht



Prüfaufbau



## 7.11

# Elektro-Kontakt-Prüfstand

### Prüfaussage

Lebensdauerverhalten bei Elektrokontakten in der KFZ-Industrie.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

- Modellschalter mit Schiebekontakt
- Originalbauteil z.B. Lenkstockschalter

### Prüfdaten

- Prüfaufbau: 5 Prüfeinheiten mit je 2 Schaltkontakten
- Prüfdauer: variabel; z.B. 50 000 Zyklen
- Prüfart: – Steuerstrom  
– Laststrom
- Prüfspannung: 13 V
- Prüfstrom: 100 mA bis 56 A max.
- Verfahrgeschwindigkeit: 10 bis 100 mm/s

### Prüfablauf

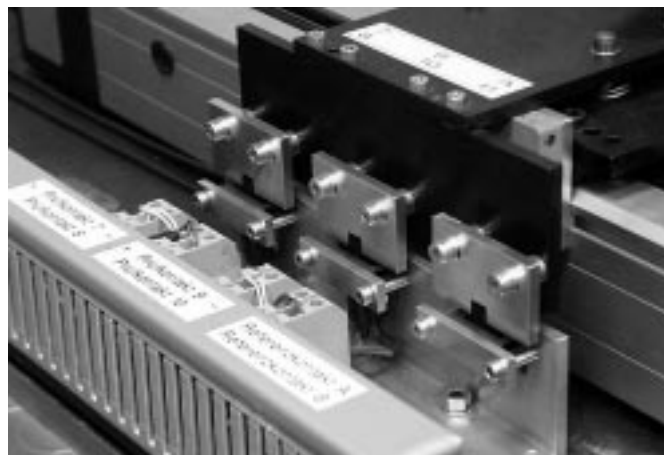
- ☐ Schalter
  - Reinigen
  - Befetten
  - Einsetzen
- ☐ Prüfung starten

### Prüfergebnis

- ☐ Erreichte Anzahl von Schaltzyklen, ohne daß die Grenzwerte der Übergangswiderstände überschritten werden
- ☐ Onlinedarstellung der Übergangswiderstände



Gesamtansicht



Schaltvorrichtung

## 7.12 Trolley-Prüfstand

### Prüfaussage

Ermittlung der Lebensdauer von Hochtemperatur-Schmierfetten im Trolley-Lager für die KFZ-Industrie.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

4"-Laufrollen (Trolley-Rollen),  
max. 5 Stück

### Prüfdaten

Drehzahl: 20 min<sup>-1</sup>  
(richtungsalternierend)  
Prüfdauer: bis Ausfall der  
Trolley-Lager  
Prüf-  
temperatur: bis 280 °C  
(Standard 250 °C)

### Prüfablauf

- ☐ Öffnen der neuen Trolley-Lager, Reinigen
- ☐ Befetten der Lager mit dem Prüfschmierstoff und Verschließen
- ☐ Wägen der befetteten Trolleylager
- ☐ Einbau der Trolleylager in die Prüfkammer
- ☐ Schließen der Prüfkammer
- ☐ Starten von Heizung und Antriebsmotor
- ☐ Ausbau der Trolleylager nach 1000 Prüfstunden
- ☐ Abkühlen lassen und erneutes Wägen der Prüflager
- ☐ Wiedereinbau der gewogenen Trolleylager in die Prüfkammer
- ☐ Erneutes Starten der Prüfung (Lager laufen bis zum Ausfall, Blockieren)

### Prüfergebnis

Erreichte Laufzeit in Stunden sowie Beurteilung von Schmierstoff und Trolleylager.



Gesamtansicht



Prüfkammer

# 7.13

## Seilprüfstand

### Prüfaussage

Lebensdauerermittlung  
von getränkten Drahtseilen.

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Ca. 5m Seil  $\varnothing 1,5$  mm  
18 Stück Umlaufrollen  $\varnothing 32$  mm

### Prüfdaten

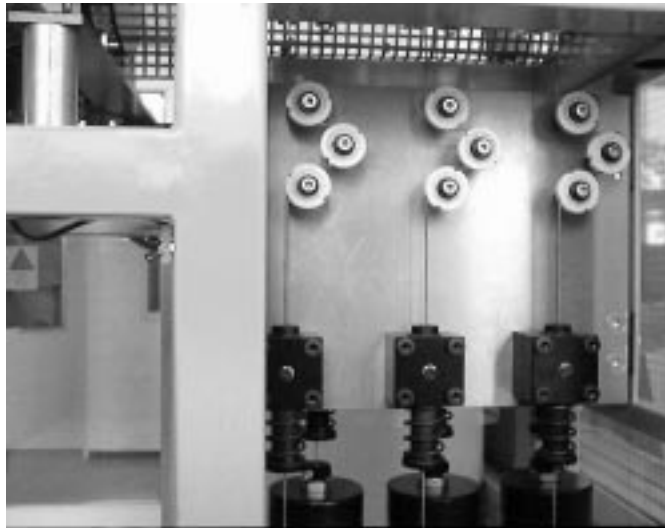
- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Prüfdauer:                        | Bis zum jeweiligen<br>Abriß der Drahtseile   |
| Prüfung mit:                      | 6 Prüfeinheiten  |
| Hub:                              | 200 mm (variabel)  |
| Belastung:                        | 190 mm Hub mit 120 N<br>10 mm Hub mit 200 N  |
| Geschwin-<br>digkeits-<br>profil: | (variabel)<br>Beschleunigungs-<br>rampe in 0,3 s auf<br>125 mm/s<br>Linearfahrt mit<br>125 mm/s Bremsrampe<br>in 0,2s auf 0 mm/s |
| Haltezeit:                        | 0,5s   |

### Prüfablauf

- ☐ Zurechtschneiden der 6 Prüfseile  
(aus einem Seil) und Anbringen  
der Endhülsen
- ☐ Lagerung der neuen Umlenkrollen  
mit Spezialfett schmieren
- ☐ Montage der Umlenkrollen  
(3 Stück pro Seil)
- ☐ Tränken der Seile mit dem  
Prüfsmierstoff unter Vakuum
- ☐ Montieren der Seile
- ☐ Start des Prüfstandes  
(Nullen der Hubzähler)

### Prüfergebnis

Erreichte Anzahl von Doppelhuben  
pro Seil bis Abriß.



Seilrollen



Gesamtansicht



# 7.14 Klüber-Pulley-Prüfstand

## Prüfaussage

Lebensdauerermittlung von fettgeschmierten Wälzlager mit drehendem Außenring unter radialer Belastung und Temperaturbeaufschlagung.

## Prüfnorm

Klüber-Spezifikation

## Prüfkörper

5 Rillenkugellager 6203 - C3

## Prüfdaten

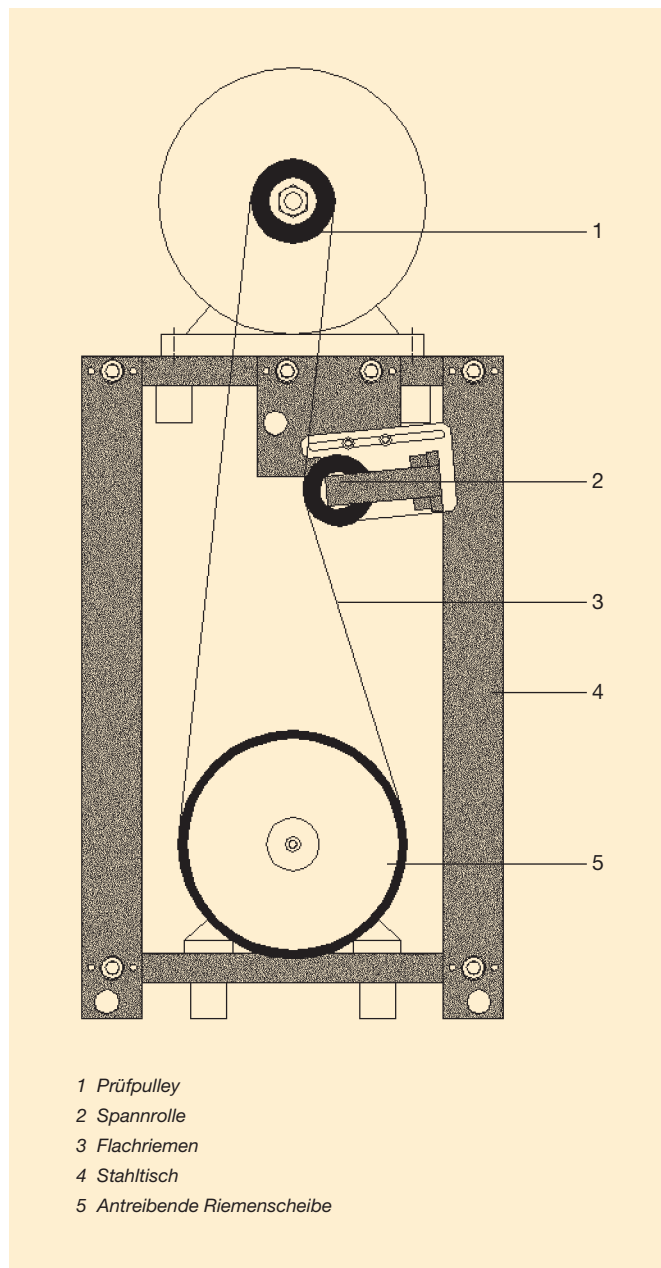
Radialkraft:	550 N
Drehzahl:	13.800 1/min
Drehzahlkennwert:	393.300 mm/min
Temperatur (Lagerinnenring):	120°, 140°, 160 °C

## Prüfablauf

- ☐ Reinigen, Trocknen und Befetten der Prüflager
- ☐ Einbau der Prüflager in die Prüfeinheiten
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ Starten der Versuchsläufe
- ☐ Registrieren der Laufzeit

## Prüfergebnis

Ähnlich wie bei der FAG-FE9-Wälzlagerfett-Prüfmaschine werden die L10 und L50-Werte anhand des WEIBULL-Diagrammes ermittelt.



Prinzipieller Prüfaufbau

# 7.15

## Klüber-Spindellager-Prüfstand

### Prüfaussage

Lebensdauerermittlung von hochdrehenden, fettgeschmierten Spindellagern

### Prüfnorm

Klüber-Spezifikation

### Prüfkörper

10 Spindellager 7010

### Prüfdaten

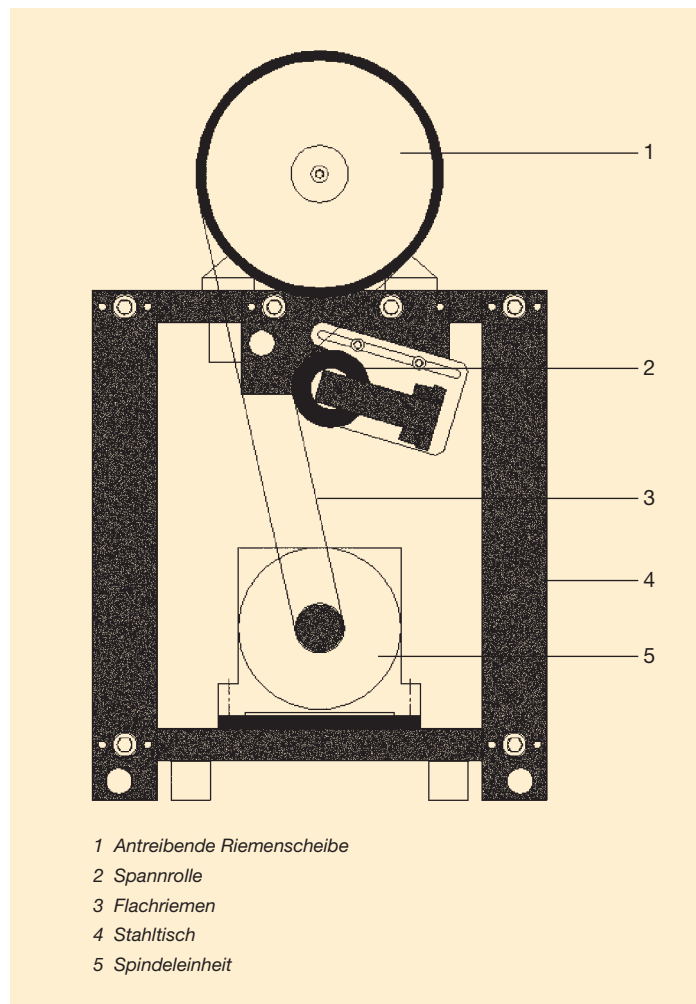
Achskraft: 100 N  
Drehzahl: max. 38.500 1/min  
Drehzahlkennwert: max.  $2,5 \times 10^6$  mm/min

### Prüfablauf

- ☐ Reinigen, Trocknen und Befetten der Prüflager
- ☐ Einbau der Prüflager in die Prüfeinheiten
- ☐ Einstellen der Prüfparameter
- ☐ Einlaufprogramm durchführen
- ☐ Starten der Versuchsläufe
- ☐ Registrieren der Laufzeit

### Prüfergebnis

Ähnlich wie bei der FAG-FE9-Wälzlagerfett-Prüfmaschine werden die L10 und L50-Werte anhand des WEIBULL-Diagrammes ermittelt.



Prinzipieller Prüfaufbau



# 7.16

## Kugelgelenk-Prüfstand

### Prüfaussage

Ermittlung der Reibmomente und des Stick-Slip Verhaltens von Schmierstoffen in Kugelgelenken

### Prüfnorm

Klüber-Prüfbedingungen

### Prüfkörper

Stabilisatorgelenk  
Traggelenk

### Prüfdaten

Drehgeschw.

Stufenlos: 2 bis 100 °/sec

Axiallast

in 3 Stufen: 0,2 kN; 1 kN; 2 kN

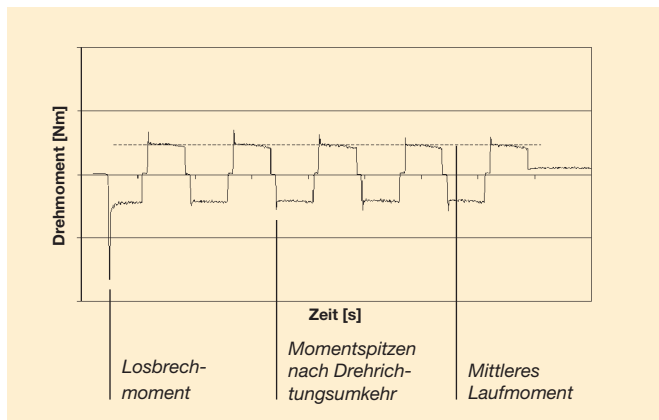
90° Drehwinkel

### Prüfablauf

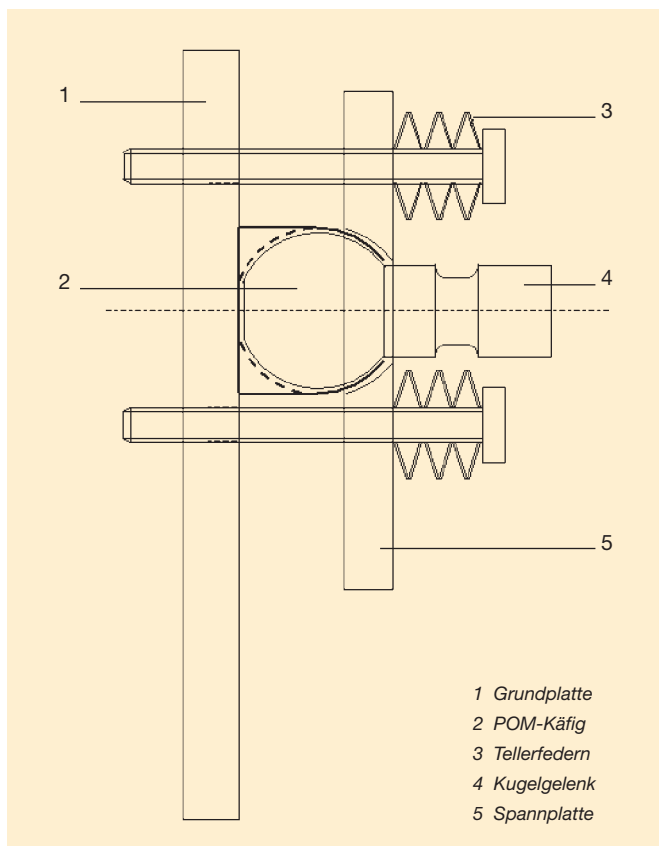
- ☐ Kugelgelenk befeuchten
- ☐ Kugelgelenk in Aufnahme einspannen
- ☐ Kugelgelenk 5 mal um 90° drehen lassen
- ☐ Meßdaten am PC auswerten

### Prüfergebnis

Bestimmung des Losbrechmomentes und des Reibmomentes anhand der Meßdatenaufzeichnung. Erkennung von Stick-Slip



Ergebnisdiagramm



- 1 Grundplatte
- 2 POM-Käfig
- 3 Tellerfedern
- 4 Kugelgelenk
- 5 Spannplatte

Einspannvorrichtung



## 7.17

# Fettentspannungs-Prüfstand

### Prüfaussage

Bestimmung des Entspannungsverhaltens von Fetten für Zentralschmieranlagen.

### Prüfnorm

DIN 51816, Teil 2 (Feb.1978)

### Prüfkörper

–

### Prüfdaten

Prüftemperatur: -10 °C bis 40 °C

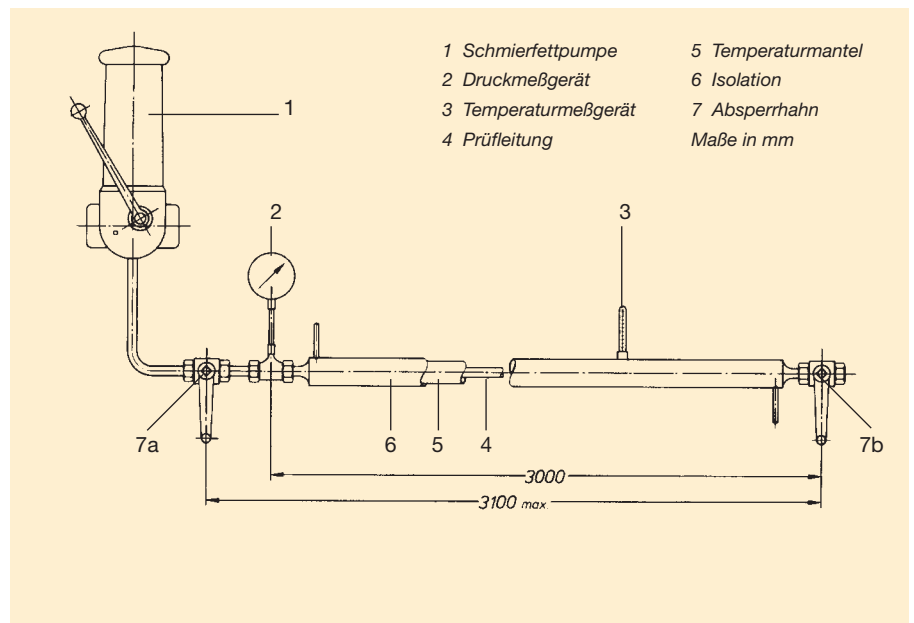
Druck: max. 50 bar

### Prüfablauf

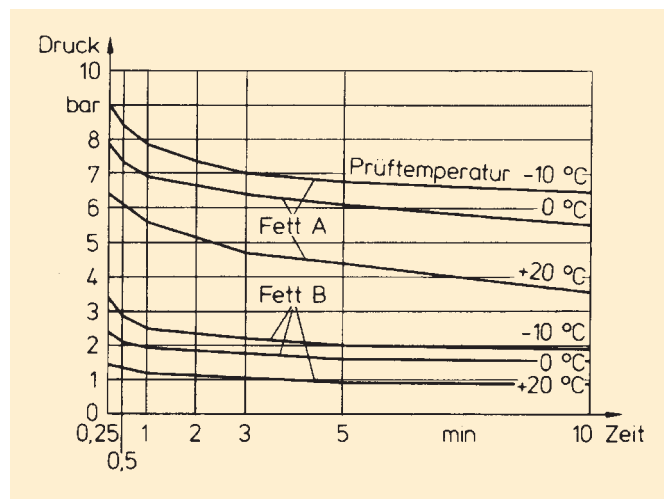
- ☐ Fett in Prüfleitung einbringen
- ☐ Leitung auf vorgegebene Temperatur bringen
- ☐ Druck aufbauen
- ☐ Absperrhahn öffnen
- ☐ Druckabfall mittels Manometer bestimmen

### Prüfergebnis

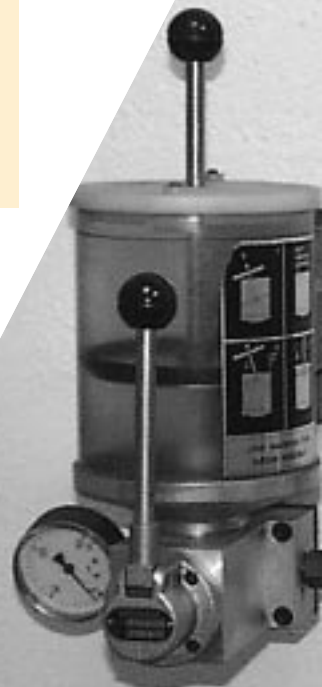
Druckabfall in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur. Als Hauptvergleichswerte gelten die Angaben des Druckabfalls nach 3 min und 10 min.



Prüfeinrichtung



Entspannungsverhalten von Schmierfetten (Beispiel Fett A und Fett B)



Weitere Informationen  
erhalten Sie auch  
auf unserer Website  
**[www.klueber.com](http://www.klueber.com)**





Herausgeber und Copyright:  
Klüber Lubrication München SE & Co. KG

Nachdruck, auch auszugsweise, nur bei Quellenangabe und Zusendung eines Belegexemplars und nur nach Absprache mit Klüber Lubrication München SE & Co. KG gestattet.

Die Angaben in diesem Dokument basieren auf unseren allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sie sollen dem technisch erfahrenen Leser Hinweise für mögliche Anwendungen geben. Die Angaben beinhalten jedoch keine Zusicherung von Eigenschaften und keine Garantie der Eignung des Produkts für den Einzelfall. Sie entbinden den Anwender nicht davon, das ausgewählte Produkt vorher in der Anwendung zu testen. Alle Angaben sind Richtwerte, die sich am Schmierstoffaufbau, am vorgegebenen Einsatzzweck und an der Anwendungstechnik orientieren. Schmierstoffe ändern je nach Art der mechanischen, dynamischen, chemischen und thermischen Beanspruchung druck- und zeitabhängig ihre technischen Werte. Diese Veränderungen können Einfluss auf die Funktion von Bauteilen nehmen. Wir empfehlen grundsätzlich ein individuelles Beratungsgespräch und stellen auf Wunsch und nach Möglichkeit gerne Proben für Tests zur Verfügung. Produkte von Klüber Lubrication werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behält sich Klüber Lubrication das Recht vor, alle technischen Daten in diesem Dokument jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern.

Klüber Lubrication München SE & Co. KG  
Geisenhausenerstraße 7  
81379 München  
Deutschland

Amtsgericht München  
HRA 46624

[www.klueber.com](http://www.klueber.com)

## Klüber Lubrication – your global specialist

Unsere Leidenschaft sind innovative tribologische Lösungen. Durch persönliche Betreuung und Beratung helfen wir unseren Kunden, erfolgreich zu sein – weltweit, in allen Industrien, in allen Märkten. Mit anspruchsvollen ingenieurtechnischen Konzepten und erfahrenen, kompetenten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern meistern wir seit über 80 Jahren die wachsenden Anforderungen an leistungsfähige und wirtschaftliche Spezialschmierstoffe.



Ein Unternehmen der Freudenberg Gruppe