

KLÜBER
LUBRICATION

Der richtige Dreh



Schraubenschmierung
Grundlagen und Schmierstoffauswahl

Lubrication is our World

Inhalt	Seite
Einleitung	3
Grundlagen	4
Tribologische Anforderungen	5
Günstige und zuverlässige Reibwerte	5
Verhalten bei Demontage	6
Schmierstoffe	7
Schmierpasten	7
Gleitlacke (Dispersionen)	8
Wachsemulsionen	9
Ihre Vorteile / Nutzen	10
Ihr Vorteil mit dem „richtigen“ Schrauben-Schmierstoff	10
Ihr Nutzen mit dem „richtigen“ Schrauben-Schmierstoff	11
Produktübersicht	12
Reibwerte und Standardabweichungen	12

Einleitung



Schrauben gehören zu den lösbaren kraftschlüssigen Verbindungselementen. Sie sollen möglichst einfach montiert und demontiert werden können, ohne dass es dabei zu Schäden an den Schrauben, Muttern oder den Gegenwinden kommt. Um dies und eine möglichst große Vorspannkraft zu erreichen, ist in vielen Anwendungsfällen der Gebrauch von Schmierstoffen unumgänglich. Welche Schmierstoffe Sie für welchen Anwendungsfall verwenden können, wird Ihnen mit Hilfe eines einfachen Auswahlverfahrens ermöglicht. Dieses finden Sie unter **[www.klueber.com/Technische Anwendungen/Schrauben](http://www.klueber.com/TechnischeAnwendungen/Schrauben)**

Am Ende dieser Broschüre finden Sie weiterhin eine kleine Auswahl möglicher Schrauben-Schmierstoffe mit den wichtigsten Produktmerkmalen sowie Reibwerten und Standardabweichungen.

Grundlagen

Werden Schrauben in Bauteile eingeschraubt, soll in der Regel diese Schraubverbindung eine bestimmte Vorspannkraft erreichen, die gewährleistet, dass die zu verschraubenden Bauteile mit einer genügenden und vor allem möglichst konstanten Kraft zusammengehalten werden.

Zur Ermittlung der ausreichenden Vorspannkraft gibt es entsprechende Berechnungsgrundlagen, die einen Zusammenhang zwischen dem Anziehdrehmoment M_A , der Montage-Vorspannkraft F_M und nicht zuletzt dem Reibwert μ darstellen. Im elastischen Verformungsbereich der Schraube besteht zwischen dem Anziehdrehmoment M_A und der Montage-Vorspannkraft F_M ein linearer Zusammenhang, dessen Steigung durch den Reibwert beeinflusst wird.

Beim Anziehen erzeugt lediglich das sogenannte Nutzdreh- oder Steigungsmoment M_{GST} die Vorspannkraft in der Schraube. Das Kopfreibungsmoment M_{KR} sowie das Gewindereibungsmoment M_{GR} können nicht zur Erzeugung der Vorspannkraft genutzt werden, da hier die Reibung in der Schraubenkopf- bzw. Mutterauflage und zwischen den Gewindeflanken von Schraube und Mutter, bzw. Gegengewinde, überwunden werden muss:

$$M_A = M_{GST} + M_{GR} + M_{KR}$$

Das Gewindemoment M_G (wobei $M_G = M_{GST} + M_{GR}$) kann für metrische Gewinde nach DIN 13 bei Beachtung des Steigungswinkels, der Gewindegeometrie und der Gewindereibung berechnet werden und ergibt sich zu

$$M_G = F_M \cdot (0,159 \cdot P + 0,577 \cdot d_2 \cdot \mu_G).$$

Das Kopfreibungsmoment bestimmt sich zu

$$M_{KR} = F_M \cdot \mu_K \cdot (D_{KM}/2).$$

Somit ergibt sich das Gesamtanziehdrehmoment

$$M_A = F_M \cdot [0,159 \cdot P + 0,577 \cdot d_2 \cdot \mu_G + (D_{KM}/2) \cdot \mu_K].$$

Für eine Schraube bestimmter Abmessung gemäß Norm folgt aus dieser Gleichung, dass das Anziehdrehmoment M_A nur von der Montage-Vorspannkraft F_M , dem Gewindereibwert μ_G und dem Kopfreibwert μ_K abhängig ist, da der mittlere Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopfauflage D_{KM} , der Flankendurchmesser des Schraubengewindes d_2 und die Gewindesteigung P konstante Größen sind, die den entsprechenden Produkt-Normen entnommen werden können.

Tribologische Anforderungen



Während des Schraubenanziehvorganges stellen Schraubenkopf- bzw. Mutterauflage und die Werkstückauflage sowie Schrauben- und Muttergewinde die tribologischen Reibpartner dar, die sich abhängig von dem Zwischenstoff (*Schmierstoff*), den Werkstoffen und den Umgebungsmedien, vor allem hinsichtlich der Reibung, unterschiedlich verhalten.

Während des Anziehvorganges entstehen hohe Flächenpressungen (*bis 1 000 N/mm²*) bei einer meist relativ niedrigen Gleitgeschwindigkeit. Es kommt zu Kontakt zwischen den Oberflächen (*Misch-/Grenzreibung*), was wiederum die Reibung erhöht, Schäden in den Werkstoffoberflächen hervorrufen kann und die Größe der erreichbaren Montage-Vorspannkraft begrenzt. Um die genannten Effekte zu vermeiden bzw. zu minimieren, werden Schmierstoffe verwendet, an die besondere Anforderungen gestellt werden.

1. Günstige und zuverlässige Reibwerte

Wie zuvor beschrieben, wird durch einen niedrigen Reibwert der Anteil des nutzbaren Steigungsmomentes am Anziehdrehmoment heraufgesetzt, was zu einer größeren Montage-Vorspannkraft und damit zu einer verbesserten Ausnutzung der Festigkeit der Schraubverbindungen führt. **Reibwerte zwischen 0,08 und 0,16 sind dabei nach VDI-Richtlinie 2230 bzw. VDA-Prüfblatt 235-101 anzustreben.** Gleichzeitig darf der Reibwert aber auch nicht zu niedrig werden, da unter ungünstigen Umständen die Gefahr besteht, dass die Selbsthemmung aufgehoben wird und sich somit die Schraube selbsttätig wieder lösen kann. Der Grenzwert liegt hier bei ca. 0,04.

Bei der Auslegung einer Schraubverbindung ist auch immer die Streuung des Reibwertes zu beachten. Sehr wichtig ist hierbei eine kleine (*unvermeidbare*) Streuung. Mit dem errechneten / vorgegebenen Anziehdrehmoment können sich durch die Streuung der

Reibwerte der Schrauben untereinander große Unterschiede in der Montage-Vorspannkraft ergeben. Dadurch kommt es auch zu unterschiedlichen Setzerscheinungen an der Oberfläche, den Gewindeflanken und den Auflageflächen. Unzureichende Vorspannkraft und damit verbundene ungleichmäßige Verspannungen (*z. B. bei Flanschen, Deckeln, Gehäusen*) können die Folge sein.

Aus diesem Grunde finden Sie in dieser Broschüre nicht nur Angaben über Reibwerte, gemessen bei verschiedenen Materialkombinationen, sondern auch Angaben über die Standardabweichung, eine statistische Größe, die den Streubereich definiert.

2. Verhalten bei Demontage

Bei Schraubverbindungen, die normalen Temperaturen ausgesetzt sind, ist in der Regel das Lösemoment niedriger als das Anzugsmoment.

Schwieriger wird die Thematik, wenn die Schraubenverbindung hohen Temperaturen von bis zu 1 000 °C ausgesetzt ist. Für solche Temperaturen werden zwar spezielle Stähle von Seiten der Schraubenhersteller angeboten bzw. sind diese z. B. in der DIN EN 10 269 aufgeführt, das tribologische Verhalten in der Schraubverbindung ändert sich jedoch maßgeblich bei Temperaturen über 200 bis 300 °C. In diesen Temperaturbereichen können bereits chemische Reaktionen im Zusammenhang mit der Werkstoffoberfläche bzw. den Umgebungsmedien eintreten. Selbst bei den genannten hohen Temperaturen muss dabei der Schmierstoff in der Lage sein, eine „trennende“ Schicht zwischen den einzelnen Werkstückoberflächen zu bilden, um so Schäden wie Fressen, Verschweißen, Festbrennen und auch Kaltverschweißen zu verhindern und eine problemlose Demontage zu ermöglichen.

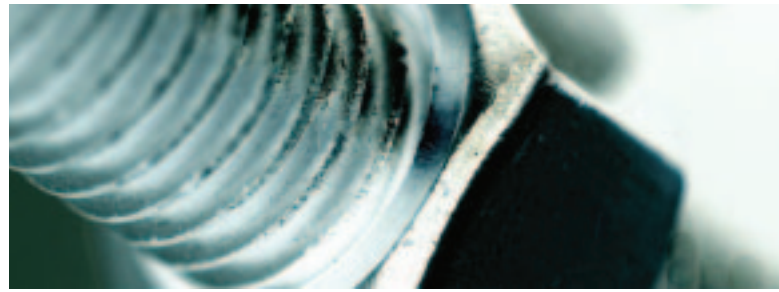
Dabei ist es wichtig zu berücksichtigen, dass bestimmte Stähle, z. B. Edelstähle sowie Aluminium- und Titanlegierungen und Schrauben mit feuerverzinkten Oberflächen, schon bei der Montage verstärkt zum Fressen neigen. Verschweißungen können sowohl bei niedrigen Temperaturen – man spricht von Kaltverschweißen – als auch unter Einfluss von hohen Temperaturen entstehen. Durch die hohen Temperaturen und die herrschenden Drücke werden die Oberflächen der eingesetzten Werkstoffe teilweise so erwärmt, dass sie partiell miteinander verschweißen können. Ein Lösen solcher gefressener oder verschweißter Schraubenverbindungen ist nur schwer oder unter

Umständen gar nicht mehr möglich. Die Bauteilauflageflächen und die Schrauben werden meist so beschädigt, dass sie unbrauchbar sind, was ein hohes Kosten- und Sicherheitsrisiko darstellt.

Weiterhin ist zu beachten, dass es durch den Einsatz falscher Schmierstoffe ebenfalls zu Schäden in der Schraubenverbindung kommen kann, z. B. wenn schädigende Inhaltsstoffe verwendet werden. Schwefel, in welcher Form auch immer, kann z. B. bei Temperaturen ab 350 bis 400 °C in einen Chromnickelstahl eindiffundieren und zu Spannungsrissen führen. Dies gilt ebenso für fluor- und chlorhaltige Schmierstoffe.

Schwermetalle oder niedrig schmelzende Metalle können, abgesehen von ihrer Gesundheitsgefährdung, ebenfalls unter den hohen Belastungen schmelzen, in Oberflächen eindiffundieren und zu sogenanntem Sprödbbruch führen. Aus diesen genannten Gründen ist es sehr wichtig, den Anwendungsfall für einen Schraubenschmierstoff sehr genau zu definieren, um dann die bestmögliche Schmierstoffauswahl zu treffen (*Hierzu stellen wir Ihnen gerne ein speziell auf die Schraube zugeschnittenes Beratungsblatt zur Verfügung.*)

Schmierstoffe



Aus den zuvor genannten Gründen hat Klüber spezielle Schmierstoffe in Zusammenarbeit mit Anwendern sowie Herstellern von Schrauben entwickelt. Drei Schmierstoffarten kommen prinzipiell für die Schraubenschmierung in Frage, da sie die beschriebenen tribologischen Anforderungen erfüllen und darüber hinaus noch weitere Vorteile bieten, wie z. B. einfaches Handling, Korrosionsschutzeigenschaften etc.

1. Schmierpasten

Pasten sind konsistente Schmierstoffe, die durch einen sehr hohen Anteil an Festschmierstoffen (> 20 %) gekennzeichnet sind. Sie werden hauptsächlich dann angewendet, wenn Reibstellen tribologisch unter extremen Bedingungen beansprucht werden, wie z. B. bei sehr hohen Flächenpressungen und niedrigen Geschwindigkeiten und/oder extrem hohen Temperaturen. Vom Aufbau her ist zwischen zwei Arten von Pasten zu unterscheiden:

- a) Pasten, die im Wesentlichen verschiedene Festschmierstoffe und ein Trägeröl – Mineralöl und/oder Syntheseöl – enthalten und
- b) Pasten, die auf einem Fett basieren, d. h. die neben dem Grundöl auch einen Konsistenzgeber (*Seife*) und Festschmierstoffe enthalten. Diese Produkte vereinigen in sich die Vorteile einer reinen feststoffhaltigen Paste – sehr gute Antiverschleißwirkung und hohe Druckbelastbarkeit – mit denen eines Schmierfettes – gute Resistenz gegen Austrocknen und Ausbluten.

Neben Mineralöl als Trägeröl verwendet man Syntheseöle, wie z. B. Polyalphaolefine, Polyglykole oder Esteröle. Mögliche Festschmierstoffe sind z. B. PTFE (*Polytetrafluorethylen*), MoS₂ (*Molybdändisulfid*), Grafit, Oxide und andere anorganische Verbindungen.

Anwendungshinweise für Pasten:

Alle Pasten sollen grundsätzlich nur als Dünnschicht aber flächendeckend aufgetragen werden. Überschmieren bringt keine Vorteile, auch nicht hinsichtlich der Reibwertreduzierung, sondern führt nur zu übermäßigem Verbrauch, Verschmutzung und vermeidbaren Umweltbelastungen. Bevor die Pasten aufgetragen werden, sind die zu schmierenden Oberflächen gründlich zu reinigen und zu entfetten. Bearbeitungsrückstände und evtl. Korrosionsschutzschichten sind ebenfalls sorgfältig zu entfernen. Das Auftragen der Pasten kann mit einem mittelharten, nichthaarenden Qualitätspinsel oder einem Schwamm erfolgen.

Bei der Schmierung von Schrauben ist darauf zu achten, dass auch die Schraubenkopfunterseite bzw. Mutterunterseite eingestrichen werden. Nur so kann bei vorgeschriebenem Anziehdrehmoment die erforderliche Schraubenvorspannkraft erreicht werden und ist nach Hochtemperaturbelastung ein problemloses Lösen der Schraubverbindungen möglich.

2. Gleitlacke (*Dispersionen*)

Gleitlacke (*Dispersionen*) stellen eine trockene Alternative zu flüssigen und konsistenten Schmierstoffen dar. Ihr Aufbau entspricht in etwa dem eines Industrielackes; die Pigmente bestehen jedoch aus schmierwirksamen Substanzen.

Die Hauptbestandteile sind:

Festschmierstoff

(z. B. PTFE, MoS₂, Grafit oder eine Festschmierstoffkombination)

Bindemittel

(organisches oder anorganisches Harz bzw. ein- oder zweikomponentig)

Lösemittel

(organisch oder wassermischbar)

Nach der Applikation und Aushärtung des Gleitlackes (*der Dispersion*) bildet sich eine trockene, dünne und festhaftende Schicht, die als reibungs- und verschleißmindernde *Trenn- und Schmierstoffschicht* zwischen den in Kontakt stehenden Reibpartnern (z. B. *Schraubenkopf und Werkstück bzw. Schrauben- und Muttergewinde*) wirkt.

Gleitlacke (*Dispersionen*) ermöglichen somit eine trockene und saubere Schmierung, schützen vor Korrosion und weisen teilweise sehr niedrige Reibwerte auf. Weiterhin ermöglichen sie eine leistungsfähige Schmierung bei hohen und tiefen Temperaturen, Medieneinfluss oder im Vakuum. Bei Schraubverbindungen sorgen sie u. a. aufgrund der günstigen Reibwerte und deren kleinen Streuungen für günstige Verhältnisse bzgl. Anzugsmoment und Vorspannkraft.

Gleitlacke (*Dispersionen*) eignen sich für die Beschichtung einer Vielzahl von Werkstoffen und ermöglichen durch geeignete Applikationsverfahren (z. B. *Tauchzentrifugieren*) selbstverständlich auch wirtschaftliche Lösungen im Bereich der Schraubenschmierung (*Nähere Anwendungshinweise sind den Produktinformationen der jeweiligen Gleitlacke / Dispersionen zu entnehmen.*).

3. Wachsemulsionen

Bei diesen Emulsionen handelt es sich um wassermischbare Öl-in-Wasser-Emulsionen (O/W-Emulsionen), in denen Wachs in Form feiner Tröpfchen verteilt wird. Diese O/W-Emulsionen lassen sich mit Wasser verdünnen und ergeben nach dem Trocknen sehr häufig einen transparenten sowie trockenen und grifffesten Gleitfilm.

Dieser Schmierfilm weist im tribologischen Kontakt eine niedrige Reibungszahl auf, die – wie auch die Schichtdicke – je nach Mischungsverhältnis mit Wasser variiert bzw. gesteuert werden kann. Häufig wird mit einem (Standard-) Mischungsverhältnis von 1 : 3 (*Emulsion : Wasser*) bis hin zu Mischungsverhältnissen von 1 : 10 gearbeitet. Zur Beschichtungskontrolle können den Emulsionen z. B. auch UV-Indikatoren beigemischt sein.

Wachsemulsionen haben sich besonders bei Schrauben kleinerer Abmessungen und bei selbstschneidenden bzw. selbstfurchenden Schrauben in Holz und Metall (*Möbel-, Spanplatten-, Baubereich*) bewährt.

Sie eignen sich, wie auch Gleitlacke, besonders zur wirtschaftlichen Applikation in Massenverfahren (z. B. *Tauchzentrifugieren*), insbesondere bei Schrauben in Dimensionen bis etwa M 14 (*Nähere Anwendungshinweise sind den jeweiligen Produktinformationen zu entnehmen.*).

Ihre Vorteile / Nutzen

Die nachfolgenden Vorteile können mit einem „richtigen“ Schmierstoff auf einer Schraubenverbindung erzielt werden.

- Bei gleichen Anziehdrehmomenten (M_A) können größere Montage-Vorspannkraften (F_M) erzielt werden.
 - Ein geringerer Reibwert kann zur Wahl einer kleineren Schrauben-/ Mutterndimension führen.
 - Eine kleinere Streuung der Reibwerte bewirkt eine kleinere Streuung der Montage-Vorspannkraft.
 - Kleinere Anziehdrehmomente sind möglich.
 - Verbesserte Ausnutzung der Festigkeit der Schraubverbindung
- Das nachfolgende Berechnungsbeispiel verdeutlicht noch einmal diese möglichen Vorteile.

$$M_A = F_M \left[0,16 \cdot P + 0,58 \cdot d_2 \cdot \mu_G + \frac{D_{KM}}{2} \cdot \mu_K \right]$$

Schraube M10 · 1,5 · 50 nach DIN EN ISO 4017;
Werkstoff A2-70 nach DIN EN ISO 3506-1.

Mutter M10 DIN EN ISO 4032; Werkstoff A2-80 nach DIN EN ISO 3506-1

Schraube geschmiert mit Klüberpaste HEL 46-450

- P** = 1,5 mm
- d₂** = 9,026 mm
- D_{KM}** = 12,8 mm
- μ_K** = 0,105 (Mittelwert)
- μ_G** = 0,126 (Mittelwert)
- F_{Mzul}** = 18,4 kN für 90 % Ausnutzung der Streckgrenzspannung nach VDI-Richtlinie 2230

$$\Rightarrow M_A = 18,4 \text{ kN} \left[0,16 \cdot 1,5 + 0,58 \cdot 9,026 \cdot 0,126 + \frac{12,8}{2} \cdot 0,105 \right] \text{ mm} = 28,9 \text{ Nm}$$

Mit der Standardabweichung des Reibwertes im Gewinde und unter Kopf S_G , S_K

- S_K** = 0,011
- S_G** = 0,032

lässt sich die Streuung der Vorspannkraft bestimmen, die bei einem Anziehdrehmoment $M_A = 28,9 \text{ Nm}$ minimal und maximal auftreten würde.

- Für $\mu_{Kmin} = 0,105 - 0,011 = 0,094$
- und $\mu_{Gmin} = 0,126 - 0,032 = 0,094$

$$\Rightarrow F_{Mmax} = \frac{28,9 \text{ Nm}}{\left[0,16 \cdot 1,5 + 0,58 \cdot 9,026 \cdot 0,094 + \frac{12,8}{2} \cdot 0,094 \right] \text{ mm}} = 21,7 \text{ kN}$$

- und für $\mu_{Kmax} = 0,105 + 0,011 = 0,116$
- und $\mu_{Gmax} = 0,126 + 0,032 = 0,158$

$$\Rightarrow F_{Mmin} = \frac{28,9 \text{ Nm}}{\left[0,16 \cdot 1,5 + 0,58 \cdot 9,026 \cdot 0,158 + \frac{12,8}{2} \cdot 0,116 \right] \text{ mm}} = 16,0 \text{ kN}$$



Bei einer nur leicht geölten Schraube mit den Reibwerten

$$\mu_K = 0,229 \text{ (Mittelwert)}$$

$$\mu_G = 0,303 \text{ (Mittelwert)}$$

und den Standardabweichungen

$$S_K = 0,041$$

$$S_G = 0,058$$

ergibt sich $F_{Mzul} = 13,8 \text{ kN}$ für 90 % Ausnutzung der Streckgrenzspannung aus VDI-Richtlinie 2230 und daraus das Anziehmoment

$$\Rightarrow M_A = 45,4 \text{ Nm}$$

und mit $\mu_{Kmin} = 0,188$

$$\mu_{Gmin} = 0,245$$

$$\Rightarrow F_{Vmax} = \frac{45,4 \text{ Nm}}{[0,16 \cdot 1,5 + 0,58 \cdot 9,026 \cdot 0,245 + 6,4 \cdot 0,188] \text{ mm}} = 16,6 \text{ kN}$$

und mit $\mu_{Kmax} = 0,270$

$$\mu_{Gmax} = 0,361$$

$$\Rightarrow F_{Vmin} = \frac{45,4 \text{ Nm}}{[0,16 \cdot 1,5 + 0,58 \cdot 9,026 \cdot 0,361 + 6,4 \cdot 0,27] \text{ mm}} = 11,8 \text{ kN}$$

Berechnungsbeispiel für das benötigte Anziehdrehmoment M_A einer Schraubenverbindung nach VDI-Richtlinie 2230 (Oktober 2001)

Ihr Nutzen mit dem „richtigen“ Schrauben-Schmierstoff

- Zuverlässige Schraubverbindung durch konstante und ausreichende Vorspannkraft bei der Montage
- Schadenfreie Montage und Demontage (*abhängig von der Anwendung und dem verwendeten Schmierstoff auch nach Hochtemperatureinwirkung*)
- Kosteneinsparung, wenn ein geringerer Reibwert zur Wahl einer kleineren Schrauben-/Mutterndimension führt
- Weiterer möglicher Nutzen bei speziellen Anwendungen:
 - Umweltschonend, wenn der Schmierstoff leicht biologisch abbaubar ist
 - NSF H1- oder H2-Zulassung (*z. B. im Bereich der Lebensmittelindustrie*)
 - Sauber im Handling durch sog. Trockenschmierung bei Verwendung eines Gleitlackes oder einer Schmierwachseemulsion

Produktübersicht

Auswahlhinweise	Produktbezeichnung	Grundöl/ Konsistenzgeber	Farbe
Hochtemperaturschraubenpaste	Klüberpaste HEL 46-450	Polyalkylenglykol/ Esteröl Festschmierstoff	schwarz
Schmier- und Montagepaste mit NSF H1-Zulassung, Hochtemperaturbereich	Klüberpaste UH1 96-402	Polyalkylenglykol/ Silikat Festschmierstoff	hellgrau
Schmier- und Montagepaste mit NSF H1-Zulassung, Normaltemperaturbereich	Klüberpaste UH1 84-201	Synth. KW-Öl Festschmierstoff	weiß
Weißer Mehrzweckpaste	Klüberpaste 46 MR 401	Polyalkylenglykol/ Li-Seife Festschmierstoff	weißlich
Biologisch leicht abbaubare Schmier- und Montagepaste	Klüberbio EM 72-81	Esteröl / Festschmierstoff/ Polyharnstoff	weißlich

Auswahlhinweise	Produktbezeichnung	Index	Griffest bei ... [°C] nach ... [min] ca.	Einbrenntemperatur [°C] Aushärtungszeit [min]	Farbe
Gleitlack auf Basis MoS ₂	UNIMOLY C 220	1	20/5	20/30	grau
Gleitlack auf Basis von PTFE	Klübertop TP 03-111	1	25/30	160/60	schwarz
Gleitlack auf Basis Graphit	Klübertop TG 05-371	1	100/5	250/15 (oder 180/60)	grauschwarz
Hochtemperatur-Schraubendispersion	Klüberplus S 04-807	1	20/15	180/15	grau
Schmierwachsemlulsion	Klüberplus SK 12-205	2 3	20/10	–	transparent

Index 1: Schrauben vorbehandelt mit zinkphosphatierter Oberfläche
 Index 2: Reibwerte und Standardabweichung bei Mischungsverhältnis 1:3
 Index 3: Farbe des wasserfreien Schmierfilms

* Gebrauchstemperaturangaben sind Richtwerte, die sich am Schmierstoffaufbau, dem vorgegebenen Einsatzzweck und der Anwendungstechnik orientieren. Schmierstoffe ändern je nach Art der mechanisch-dynamischen Beanspruchung temperatur-, druck- und zeitabhängig ihre Konsistenz, scheinbare Viskosität bzw. Viskosität. Diese Veränderungen der Produktmerkmale können Einfluss auf die Funktion von Bauteilen nehmen.

Reibwerte und Standardabweichungen für „Standardschraubenmaterial“

Gebrauchstempereaturbereich* [°C] ca.	Reibwerte für Erstanzug**	Standardabweichung (S)	Sonstige Hinweise
-40 bis 1000 oberhalb 200 °C Trockenschmierung	$\mu_K = 0,09$ $\mu_G = 0,11$	$S_K = 0,009$ $S_G = 0,02$	⚡ Gegen Fressen und Verschweißen, auch bei hohen Temperaturen. Freigabe nach VW-TL 52112
-30 bis 1200 oberhalb 200 °C Trockenschmierung	$\mu_K = 0,15$ $\mu_G = 0,17$	$S_K = 0,008$ $S_G = 0,026$	⚡ Für Normal- und Hochtemperaturanwendungen, z. B. in der Lebensmittel-, pharmazeutischen und chemischen Industrie
-45 bis 120	$\mu_K = 0,10$ $\mu_G = 0,13$	$S_K = 0,004$ $S_G = 0,017$	⚡ Für Anwendungen in der Lebensmittel-, pharmazeutischen und chemischen Industrie
-40 bis 150	$\mu_K = 0,17^{***}$ $\mu_G = 0,15^{***}$	$S_K = 0,011^{***}$ $S_G = 0,024^{***}$	⚡ Für Schrauben und Bolzenverbindungen im Normaltemperaturbereich
-30 bis 120	$\mu_K = 0,13$ $\mu_G = 0,11$	$S_K = 0,012$ $S_G = 0,011$	⚡ Für Anwendungen in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft

Gebrauchstempereaturbereich* [°C] ca.	Reibwerte für Erstanzug**	Standardabweichung (S)	Sonstige Hinweise
-180 bis 350	$\mu_K = 0,06$ $\mu_G = 0,07$	$S_K = 0,003$ $S_G = 0,007$	⚡ Trockenschmierstoff für hohe Druckbeanspruchungen. Niedrige Reibwerte
-40 bis 180	$\mu_K = 0,12$ $\mu_G = 0,14$	$S_K = 0,005$ $S_G = 0,006$	⚡ Gute Chemikalien- und Ölbeständigkeit. Guter Korrosionsschutz. Niedrige Standardabweichungen
-40 bis 300	$\mu_K = 0,06$ $\mu_G = 0,08$	$S_K = 0,007$ $S_G = 0,019$	⚡ Gute Schmiermerkmale auch in feuchter Umgebung. Weiter Gebrauchstemperaturbereich
-40 bis 1000	$\mu_K = 0,14$ $\mu_G = 0,14$	$S_K = 0,006$ $S_G = 0,028$	⚡ Trockene und im Handling saubere Alternative zu Hochtemperaturschraubenpasten
-40 bis 90	$\mu_K = 0,11$ $\mu_G = 0,13$	$S_K = 0,011$ $S_G = 0,021$	⚡ Griff trocken, Verdünnung mit Leitungswasser möglich

** (gemessen an Schrauben M 10x30-8.8, DIN EN ISO 4017, schwarz und Mutter M 10-8, DIN EN ISO 4032, blank; Anzahl der Schrauben jeweils 20)
 μ_K = Kopfreibwert, μ_G = Gewindereibwert

*** Für Chargen mit Chargen-Nr. größer als 628909

Weitere Informationen zu den einzelnen Produkten entnehmen Sie bitte den aktuellen Produktinformationen.

Produktübersicht

Auswahlhinweise	Produkt-bezeichnung	Grundöl/ Konsistenzgeber	Farbe
Hochtemperatur-schraubenpaste	Klüberpaste HEL 46-450	Polyalkylenglykol/ Esteröl Festschmierstoff	schwarz
Schmier- und Montage-paste mit NSF H1-Zulassung, Hochtemperaturbereich	Klüberpaste UH1 96-402	Polyalkylenglykol/ Silikat Festschmierstoff	hellgrau
Schmier- und Montage-paste mit NSF H1-Zulassung, Normaltemperaturbereich	Klüberpaste UH1 84-201	Synth. KW-Öl Festschmierstoffe	weiß
Weißer Mehrzweckpaste	Klüberpaste 46 MR 401	Polyalkylenglykol/ Li-Seife Festschmierstoff	weißlich

Auswahlhinweise	Produkt-bezeichnung	Index	Griffest bei ... [°C] nach ... [min] ca.	Einbrenntem- peratur [°C] Aushärtungs- zeit [min]	Farbe
Gleitlack auf Basis MoS ₂	UNIMOLY C 220	–	20/5	20/30	grau
Gleitlack auf Basis Graphit	Klübertop TG 05-371	–	100/5	250/15 (oder 180/60)	grau- schwarz
Schmierwachsemulsion	Klüberplus SK 12-205	1 2	20/10	–	transparent

Index 1: Reibwerte und Standardabweichung bei Mischungsverhältnis 1:3
Index 2: Farbe des wasserfreien Schmierfilms

* Gebrauchstemperaturangaben sind Richtwerte, die sich am Schmierstoffaufbau, dem vorgegebenen Einsatzzweck und der Anwendungstechnik orientieren. Schmierstoffe ändern je nach Art der mechanisch-dynamischen Beanspruchung temperatur-, druck- und zeitabhängig ihre Konsistenz, scheinbare Viskosität bzw. Viskosität. Diese Veränderungen der Produktmerkmale können Einfluss auf die Funktion von Bauteilen nehmen.

Reibwerte und Standardabweichungen für Edelstahl A 2-70

Gebrauchstempereiturbereich* [°C] ca.	Reibwerte für Erstanzug**	Standardabweichung (S)	Sonstige Hinweise
-40 bis 1000 oberhalb 200 °C Trockenschmierung	$\mu_K = 0,11$ $\mu_G = 0,13$	$S_K = 0,011$ $S_G = 0,032$	⚡ Gegen Fressen und Verschweißen, auch bei hohen Temperaturen. Freigabe nach VW-TL 52112
-30 bis 1200 oberhalb 200 °C Trockenschmierung	$\mu_K = 0,11$ $\mu_G = 0,13$	$S_K = 0,007$ $S_G = 0,007$	⚡ Für Normal- und Hochtemperaturanwendungen, z. B. in der Lebensmittel-, pharmazeutischen und chemischen Industrie
-45 bis 120	$\mu_K = 0,09$ $\mu_G = 0,19$	$S_K = 0,009$ $S_G = 0,022$	⚡ Für Anwendungen in der Lebensmittel-, pharmazeutischen und chemischen Industrie
-40 bis 150	$\mu_K = 0,13^{***}$ $\mu_G = 0,15^{***}$	$S_K = 0,010^{***}$ $S_G = 0,020^{***}$	⚡ Für Schrauben und Bolzenverbindungen im Normaltemperaturbereich

Gebrauchstempereiturbereich* [°C] ca.	Reibwerte für Erstanzug**	Standardabweichung (S)	Sonstige Hinweise
-180 bis 350	$\mu_K = 0,05$ $\mu_G = 0,08$	$S_K = 0,007$ $S_G = 0,007$	⚡ Trockenschmierstoff für hohe Druckbeanspruchungen. Niedrige Reibwerte
-40 bis 300	$\mu_K = 0,06$ $\mu_G = 0,11$	$S_K = 0,005$ $S_G = 0,051$	⚡ Gute Schmiermerkmale auch in feuchter Umgebung. Weiter Gebrauchstemperaturbereich
-40 bis 90	$\mu_K = 0,14$ $\mu_G = 0,12$	$S_K = 0,018$ $S_G = 0,017$	⚡ Griff trocken, Verdünnung mit Leitungswasser möglich

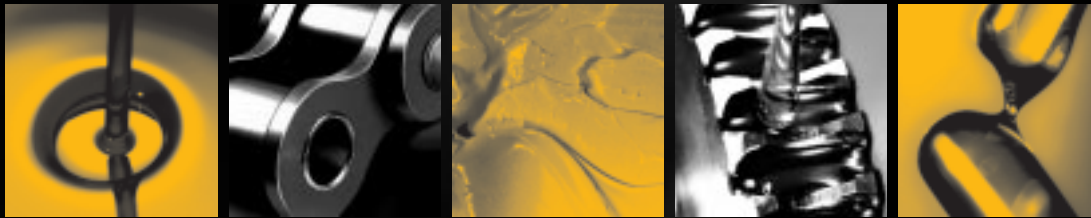
** (gemessen an Schrauben M 10x50, DIN EN ISO 4017, blank, A2-70, DIN EN ISO 3506-1, und Mutter M 10, DIN EN ISO 4032-1, blank, A2-80, DIN EN ISO 3506-1; Anzahl der Schrauben jeweils 20)
 μ_K = Kopfreibwert, μ_G = Gewindereibwert

*** Für Chargen mit Chargen-Nr. größer als 628909

Weitere Informationen zu den einzelnen Produkten entnehmen Sie bitte den aktuellen Produktinformationen.

Produktkatalog

Produkt	Gebindegrößen
Klüberpaste HEL 46-450	   
Klüberpaste UH1 96-402	   
Klüberpaste UH1 84-201	   
Klüberpaste 46 MR 401	   
Klüberbio EM 72-81	  
UNIMOLY C 220	 
Klübertop TP 03-111	 
Klübertop TG 05-371	 
Klüberplus S 04-807	 
Klüberplus SK 12-205	 



www.klueber.com

Mit mehr als 2 000 verschiedenen Produkten können Sie sicher sein, dass Sie bei Klüber Lubrication den richtigen Schmierstoff für Ihre Anwendung finden. Weltweit haben Sie die Möglichkeit, einen unserer Schmierstoffexperten zu kontaktieren, der Ihnen jederzeit zur Seite stehen wird.

Spezialschmierstoffe

Schmieröle

Schmierfette

Schmierwachse

Schmierpasten

Tribosystemwerkstoffe

Gleitlacke

Trennstoffe

Korrosionsschutzstoffe

Reinigungsmittel

Wollen Sie **detaillierte Informationen**
zu unserer Produktpalette?

Benötigen Sie **Sicherheitsdatenblätter**
zu den genannten Produkten?

Dann bestellen Sie über unsere Internetadresse:

www.klueber.com

Anforderungsbogen

┌	┐	Absender:
		Firma _____

		Name _____
		Funktion _____
└	┘	
		Straße _____
		Ort _____
		Telefon _____
		Fax _____
		E-mail _____

Ja, ich möchte weitere Informationen zum **Schmierstoffangebot** von **Klüber Lubrication**.

Bitte senden Sie mir folgende Unterlagen:

- Wälzlagerschmierstoffe**
 - Schmierstoffe für die Vakuumtechnik**
 - Schmierstoffe für die Produktion im Reinraum**
 - Schmierstoffe für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie**
-
- Bitte vereinbaren Sie einen** Beratungstermin **mit mir.**

Aktuelle Informationen erhalten Sie natürlich auch auf unserer Website: www.klueber.com

Herausgeber und Gestaltung:
Klüber Lubrication München KG

Copyright:
Klüber Lubrication München KG

Nachdruck, auch auszugsweise, bei Quellenangabe und Zusendung eines Belegexemplares nur nach Absprache mit Klüber Lubrication München gestattet.

9.46 d
Ausgabe 02.08, ersetzt Ausgabe 10.06

Die Angaben in dieser technischen Schrift basieren auf unseren allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen bei Drucklegung und sollen dem technisch erfahrenen Leser Hinweise für mögliche Anwendungen geben. Die Produktinformationen beinhalten jedoch keine Zusicherung von Eigenschaften oder Garantie der Eignung des Produkts für den Einzelfall. Sie entbinden den Anwender nicht davon, die Anwendung des ausgewählten Produkts vorher im Versuch zu testen. Wir empfehlen ein individuelles Beratungsgespräch und stellen auf Wunsch und nach Möglichkeit auch gerne Proben für Tests zur Verfügung.

Klüber Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behält sich Klüber Lubrication das Recht vor, alle technischen Daten in dieser Druckschrift jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern.

Wir sind, wo Sie sind.

Klüber Lubrication – der Weltmarktführer für Spezi­alschmierstoffe

- Tochtergesellschaften in über 30 Ländern
- über 1.700 Mitarbeiter
- Produkte weltweit verfügbar

Klüber Lubrication bietet kompetente tribologische Lösungen.

Mit seiner weltweiten Präsenz erfüllt Klüber Kundenwünsche zeitnah und zuverlässig.

Das Unternehmen liefert an Kunden aus nahezu allen Industrien und Märkten

maßgeschneiderte Spezi­alschmierstoffe – Öle, Fette, Gleitlacke, Pasten und mehr.

Über 75 Jahre Erfahrung, branchenspezifisches Know-how und ein in der Industrie nahezu einzigartiges Prüffeld sind Garantien für optimale Lösungen.



Klüber Lubrication München KG
Ein Unternehmen der Freudenberg Gruppe

www.klueber.com