

WERKSTOFFE UND DEREN ANWENDUNGEN

Im folgenden werden die verschiedenen Werkstoffe für Lager, die AMES zur Zeit herstellt, aufgeführt und deren wichtigste Eigenschaften bezüglich des Betriebs der Lager.

WERKSTOFF	AMES Kurzzeichen	CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG IN %					δ (g/cc)	K (MPa)	Öl %min	VERGLEICHBARE NORMEN			ANWENDUNGEN
		Fe	Cu	Sn	C	Andere				MPIF Std/35	ISO 5755/1	Andere	
Bronze (geringer Graphitgehalt)	SC-Sn10-62	-	87.2÷90.5	9.5÷10.5	<0.3	2.0	6.0÷6.4	131	24	CT-1000-K19	P4011 Z	ASTM B438	Widerstandsfähig gegen Korrosion. Bei niedriger Dichte resistent gegen plötzliche Last. Bei hoher Dichte weniger Öl; wird bei hohen Geschwindigkeiten angewendet. Paßt sich der Achsenform besser an als Eisen.
	SC-Sn10-66	-	87.2÷90.5	9.5÷10.5	<0.3	2.0	6.4÷6.8	179	19	CT-1000-K26	P4012 Z	SINT-A50	
	SC-Sn10-70	-	87.2÷90.5	9.5÷10.5	<0.3	2.0	6.8÷7.2	255	12	CT-1000-K37	P4013 Z	SINT-B50	
Bronze (mittlerer Graphitgehalt)	SC10-Sn10-62	-	87.5÷90.0	9.5÷10.5	0.5÷1.8	2.0	6.0÷6.4	117	22	CTG-1001-K17	P4022 Z	ASTMB438	Günstig bei hoher Last und hohen Geschwindigkeiten und bei mittleren Verschleißbedingungen.
	SC10-Sn10-66	-	87.5÷90.0	9.5÷10.5	0.5÷1.8	2.0	6.4÷6.8	159	17	CTG-1001-K23	P4023 Z	SINT-A51	
	SC10-Sn10-70	-	87.5÷90.0	9.5÷10.5	0.5÷1.8	2.0	6.8÷7.2	228	9	CTG-1001-K33		SINT-B51	
Bronze (hoher Graphitgehalt)	SC40-Sn10-60	-	82.5÷87.5	9.5÷10.5	3.0÷5.0	2.0	5.8÷6.2	69	11	CTG-1001-K10			Geräuscharm. Weniger Öl notwendig. Wird bei Dreh- oder Wechselbewegungen eingesetzt. Kann bei hohen Temperaturen ohne Öl verwendet werden.
	SC40-Sn10-64	-	82.5÷87.5	9.5÷10.5	3.0÷5.0	2.0	6.2÷6.6	103	4	CTG-1004-K15			
	SC40-Sn10-68	-	82.5÷87.5	9.5÷10.5	3.0÷5.0	2.0	6.6÷7.0	155	-				
Bronze mit Zink und Blei	SC-Sn8-Zn5-Pb3-62	<0,5	84.0÷86.0	6.5÷8.5	<0.5	Zn 3.5÷5.5 Pb<4.0	6.0÷6.4	131	22			UNE 37,103	Allgemein optimal zur Verringerung von Reibung und Verschleiß. Geräuschärmer als Bronze 90/10. SC-Sn8-Zn5-Pb2-76 besonders für hohe PV-Werte mit zusätzlicher Außenschmierung. Für die Tribologie die beste hier aufgeführte Bronzeart. Einziger Nachteil ist der mögliche Anteil an Blei.
	SC-Sn8-Zn5-Pb3-66	<0,5	84.0÷86.0	6.5÷8.5	<0.5	Zn 3.5÷5.5 Pb<4.0	6.4÷6.8	179	17			UNE 37,103	
	SC-Sn8-Zn5-Pb3-70	<0,5	84.0÷86.0	6.5÷8.5	<0.5	Zn 3.5÷5.5 Pb<4.0	6.8÷7.2	255	9			UNE 37,103	
	SC-Sn8-Zn5-Pb3-76-AP	<0,5	84.0÷86.0	6.5÷8.5	<0.5	Zn 3.5÷5.5 Pb<4.0	7.4÷7.8	342	-				
	SC-Sn5-Zn5-Pb5-62	<0,5	84.0÷86.0	4.0÷6.0	<0.5	Zn 4.0÷6.0 Pb 4.0÷6.0	6.0÷6.4	131	22				
	SC-Sn5-Zn5-Pb5-66	<0,5	84.0÷86.0	4.0÷6.0	<0.5	Zn 4.0÷6.0 Pb 4.0÷6.0	6.4÷6.8	179	17				
	SC-Sn5-Zn5-Pb5-70	<0,5	84.0÷86.0	4.0÷6.0	<0.5	Zn 4.0÷6.0 Pb 4.0÷6.0	6.8÷7.2	255	9				
	SC-Sn8-Zn4-62	<0,5	86.0÷89.0	7.5÷9.0	<0.5	Zn 3.0÷5.0 Pb<0.3 Ni<1.0	6.0÷6.4	131	22				
Bronze mit Zink, Blei und Graphit / S₂Mo	SC40-Sn5-Zn4-Pb2-64	<0,5	82.0÷85.0	4.0÷6.0	3.0÷5.0	Zn 4.0÷6.0 Pb<4.0	6.2÷6.6	103	-				Spezialwerkstoffe für den öllosen Betrieb bei mittlerer Geschwindigkeit (max. 1 m/s) und Druck unter 4 kg/cm ² (max. PV=2; siehe Seite 11).
	SC40-Sn5-Zn4-Pb2-68	<0,5	82.0÷85.0	4.0÷6.0	3.0÷5.0	Zn 4.0÷6.0 Pb<4.0	6.6÷7.0	155	-				
	SM40-Sn5-Zn4-Pb2-64	<0,5	82.0÷85.0	4.0÷6.0	<0.5	Zn 4.0÷6.0 Pb<4.0 S ₂ Mo <4.5	6.2÷6.6	103	-				
	SM40-Sn5-Zn4-Pb2-68	<0,5	82.0÷85.0	4.0÷6.0	<0.5	Zn 4.0÷6.0 Pb<4.0 S ₂ Mo <4.5	6.6÷7.0	155	-				
Eisen	SF-58	97.7÷100	-	-	<0.3	2.0	5.6÷6.0	103	21	F-0000-K15	P1012 Z	SINT-A00	Geeignet für mittlere Last. Höhere Härte und Zähigkeit als Bronze 90/10. Bei schlechter Schmierung schlechterer Betrieb als Bronzetypen. Wirtschaftlicher. Rostrisiko.
	SF-62	97.7÷100	-	-	<0.3	2.0	6.0÷6.4	158	17	F-0000-K23	P1013 Z	SINT-B00	
Kohlenstoffhaltiges Eisen	SF05-58	97.4÷99.7	-	-	0.3÷0.6	2.0	5.6÷6.0	138	21	F-0005-K20			Hat bessere Eigenschaften als Eisen allein, mehr Zähigkeit mit höherer radialer Widerstandsfähigkeit gegen Quetschung, ist allgemein widerstandsfähiger gegen Verschleiß und Verdichtung. Bei ungenügender Schmierung schlechterer Betrieb als Bronze.
	SF05-62	97.4÷99.7	-	-	0.3÷0.6	2.0	6.0÷6.4	193	17	F-0005-K28			
	SF08-58	97.1÷99.4	-	-	0.6÷0.9	2.0	5.6÷6.0	138	21	F-0008-K20			
	SF08-62	97.1÷99.4	-	-	0.6÷0.9	2.0	6.0÷6.4	221	17	F-0008-K32			
Eisen mit Kupfer	SF-C3-58	93.8÷98.5	1.5÷3.9	-	<0.3	2.0	5.6÷6.0	138	22	F-0200-K20	P2012 Z	SINT-A10	Der Zusatz von Kupfer zum Eisen verbessert die Härte und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Bronze. Diese beiden Eigenschaften werden verringert, je mehr Kupferanteile existieren. Mit 20% Kupferzusatz ist der Werkstoff härter und zäher als Bronze 90/10 und widerstandsfähiger gegen plötzliche Last. Bei schlechter Schmierung weniger günstig als Bronze 90/10. Diese Werkstoffart wird normalerweise verwendet, wenn bessere mechanische Eigenschaften erwünscht sind.
	SF-C3-62	93.8÷98.5	1.5÷3.9	-	<0.3	2.0	6.0÷6.4	234	17	F-0200-K34	P2013 Z	SINT-B10	
	SF-C10-58	87.2÷90.5	9.5÷10.5	-	<0.3	2.0	5.6÷6.0	139	22	F-1000-K20			
	SF-C10-62	87.2÷90.5	9.5÷10.5	-	<0.3	2.0	6.0÷6.4	276	17	F-1000-K40			
	SF-C20-58	75.7÷82.0	18.0÷22.0	-	<0.3	2.0	5.6÷6.0	172	22	F-2000-K25		SINT-A20	
	SF-C20-62	75.7÷82.0	18.0÷22.0	-	<0.3	2.0	6.0÷6.4	276	17	F-2000-K40		SINT-B20	
Kohlenstoffhaltiges Kupfereisen	SF05-C3-58	93.5÷98.2	1.5÷3.9	-	0.3÷0.6	2.0	5.6÷6.0	138	22	FC-0205-K20			Bei kleinen Kupferanteilen weniger zäh als Kupfereisen. Sehr widerstandsfähig gegen Verschleiß und Verdichtung. Die Härte- und Resistenzwerte verringern sich, je höher der Kupferanteil ist. Bei schlechter Schmierung schlechter als die Bronzetypen 90/10.
	SF05-C3-62	93.5÷98.2	1.5÷3.9	-	0.3÷0.6	2.0	6.0÷6.4	241	17	FC-0205-K35			
	SF08-C3-58	93.2÷97.9	1.5÷3.9	-	0.6÷0.9	2.0	5.6÷6.0	172	22	FC-0208-K25			
	SF08-C3-62	93.2÷97.9	1.5÷3.9	-	0.6÷0.9	2.0	6.0÷6.4	276	17	FC-0208-K40		SINT-B11	
	SF08-C5-58	91.1÷95.4	4.0÷6.0	-	0.6÷0.9	2.0	5.6÷6.0	241	22	FC-0508-K35			
	SF08-C5-62	91.1÷95.4	4.0÷6.0	-	0.6÷0.9	2.0	6.0÷6.4	317	17	FC-0508-K46			
	SF08-C20-58	75.1÷81.4	18.0÷22.0	-	0.6÷0.9	2.0	5.6÷6.0	303	22	FC-0208-K44		SINT-A22	
	SF08-C20-62	75.1÷81.4	18.0÷22.0	-	0.6÷0.9	2.0	6.0÷6.4	317	17	FC-0208-K46		SINT-B22	
Bronzeisen	SF08-Cu36-Sn4-58	54.2÷62.0	34.0÷38.0	3.5÷4.5	0.5÷1.3	2.0	5.6÷6.0	110	22	FCTG-3604-K16			Wird verwendet bei mittlerer bis geringer Last und bei hohen bis mittleren Geschwindigkeiten.
	SF08-Cu36-Sn4-62	54.2÷62.0	34.0÷38.0	3.5÷4.5	0.5÷1.3	2.0	6.0÷6.4	152	17	FCTG-3604-K22			
	SF08-Cu38-Sn6-58	50.2÷58.0	36.0÷40.0	5.5÷6.5	0.5÷1.3	2.0	5.6÷6.0	97	22	CFTG-3806-K14			
	SF08-Cu38-Sn6-62	50.2÷58.0	36.0÷40.0	5.5÷6.5	0.5÷1.3	2.0	6.0÷6.4	152	17	CFTG-3806-K22			

HINWEIS: Die Druckwerte beziehen sich auf ein Lager, das mit einem Öl mit einer Dichte von 0,88 g/cm³ imprägniert ist.

RECHNUNGSKURVE FÜR LASTEN UND GESCHWINDIGKEITEN

Das PV-Konzept

Der Faktor **PV** ist ein Anzeiger für die Strenge, mit der das Lager arbeitet. Es ist das direkte Resultat aus der Multiplikation des Durchschnittsdrucks, mit dem das Lager gehalten wird, mit der linearen Geschwindigkeit an der Oberfläche der Achse.

Zur Errechnung des mittleren Drucks **P**, mit dem das Lager gehalten wird, müssen der Wert **Q** der Last, mit der das Lager gehalten wird, und der Wert **S** der Oberfläche, auf die diese Last verteilt wird, bekannt sein. In der **Abbildung 5** wird dargestellt, wie diese Verteileroberfläche errechnet wird. Sie ist gleich der projizierten Oberfläche des Lagerinnendurchmessers. Die projizierte Oberfläche **S** ist das direkte Ergebnis der Multiplikation des Innendurchmessers mit der Länge des Lagers.

Der mittlere Druck **P**, der sich aus der Rechnung

“**Q** dividiert durch **S**“ ergibt, ist ein theoretischer Wert, der weit entfernt liegt von plötzlich auftretenden Druckwerten, die bedingt durch die Rauigkeit der Achsen- und Lageroberfläche entstehen.

Die Geschwindigkeit **v** (in m/s) ist direkt die lineare Geschwindigkeit am Achsenende, das Kontakt zum Lager hat.

So wird also **PV** als das Produkt der Multiplikation des Durchschnittsdrucks **P** mit der linearen Geschwindigkeit **V** definiert.

Rechnungskurve von Last und Geschwindigkeit

Es können graphisch die Betriebsgrenzen eines Lagers je nach dessen Werkstoffart dargestellt werden. Diese Grenzen ergeben sich entweder direkt oder aus der Last bzw. Geschwindigkeit.

In der **Graphik 3** wird die übliche Grenze für Standardlager von **AMES** dargestellt. Die **PV**-Einheiten betragen **[MPa][m/s]**.

Die in dieser Graphik dargestellte **PV**-Grenze beträgt **1,8 MPa·m/s**.

PV-50-Lager

Für Spezialfälle hat **AMES** Lager entwickelt, die mit den Werten **PV=5MPa·m/s** arbeiten.

In vielen Fällen eignen sie sich dafür, um Kugellager

und Nadellager zu ersetzen, was wirtschaftliche und technische Vorteile hat, wie zum Beispiel die Verminderung des Geräuschniveaus oder die Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion.

Für diese Lagerart empfehlen wir, unsere technische Abteilung zu fragen.

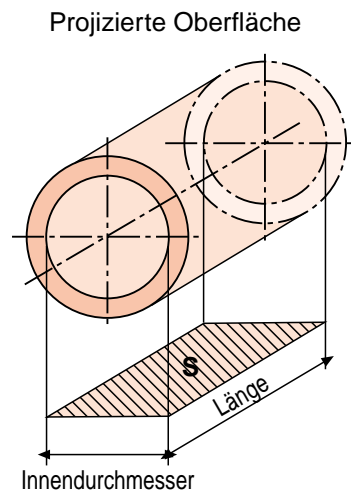
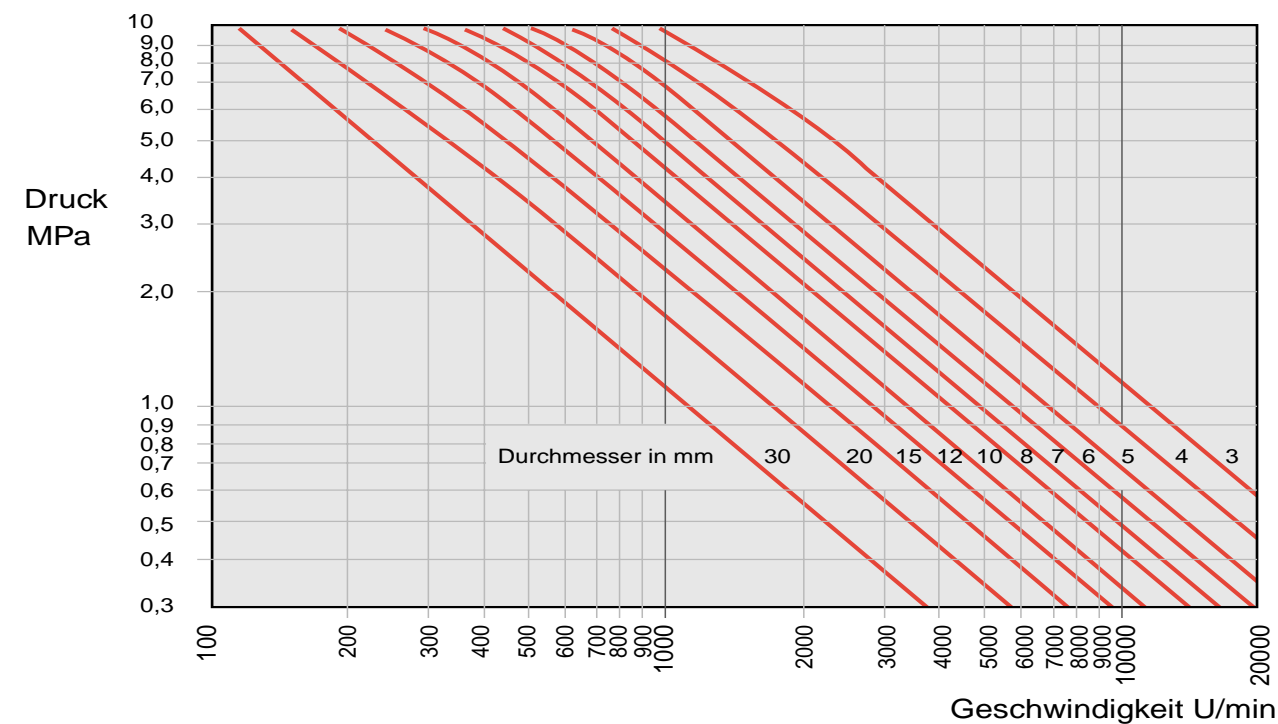


Abbildung 5. PROJIZIERTE OBERFLÄCHE



Graphik 3 . MAXIMALER DRUCK JE NACH GESCHWINDIGKEIT

SCHMIERMITTEL. KRITERIEN ZUR AUSWAHL

Das Schmiermittel befindet sich in den Poren. Seine Hauptfunktion besteht in der Bildung eines Schmierfilms zwischen Achse und Lager, der die Reibung zwischen beiden Teilen und so den Verschleiß verhindern soll. Dies wird durch die Schmierfähigkeit des Öls erreicht, und zwar bei der Mitnahme des in der Lagerstruktur angesammelten Öls durch die Achse. Sie zieht das Öl, bis der gewünschte Ölfilm oder “Ölkeil” entsteht.

Bei Stillstand der Achse wird das Öl von den Poren des Lagers durch Kapillarkraft reabsorbiert.

Das gewählte Schmiermittel muß die Anforderungen an jede Anwendungsart erfüllen.

Eine erste Auswahl besteht in der Wahl zwischen Mineralöl oder synthetischem Schmierstoff.

Mineralöle. Es handelt sich um Kohlenwasserstoffe, die bei der Destillation von Erdöl entstehen. Es wird unterschieden zwischen Grenzkohlenwasserstoff, Naphtenkohlenwasserstoff und aromatischem Kohlenwasserstoff, je

nach den funktionellen Gruppen, aus denen sie zusammengesetzt sind. Die Grenzkohlenwasserstoffe haben einen Viskositätswert von ca. 100 und sind die geeignetsten für selbstschmierende Lager bei Temperaturen von 10 bis 90°C. Bei Temperaturen unter -10°C büßen sie an Schmier-eigenschaften ein. Die Naphtenkohlenwasserstoffe sind nicht so gute Schmierstoffe wie die zuvor genannten, können aber bei Temperaturen von bis zu -20°C angewendet werden. Ihr Viskositätswert liegt um 50. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe werden bei selbstschmierenden Lagern sozusagen gar nicht eingesetzt.

Allgemein kann gesagt werden, daß Mineralöle bessere Schmiermittel sind als die synthetischen für Temperaturen zwischen -10 und +90°C. Bei höheren Temperaturen oxidieren Mineralöle und verlieren ihre Eigenschaften. Bei niedrigeren Temperaturen muß auf synthetische Schmiermittel zurückgegriffen werden, da sie einen sehr niedrigen Gefrierpunkt haben.

Die Eigenschaften von

Mineralölen werden durch geringe Konzentrationen von Zusätzen verbessert. Sie können zwischen Promillen und einigen Prozenten schwanken.

Diese Zusätze verbessern die Eigenschaften des Grundöls und werden je nach Einsatz unterschiedlich gewählt.

Antioxydationsmittel. Sie verringern die Geschwindigkeit, mit der das Öl oxidiert.

Antischaumbildungsmittel. Sie verhindern die Bildung von Schaum, während das Öl durch die Poren läuft.

Antiverschleißmittel. Sie bilden eine molekülgroße Trennschicht zwischen den beiden Arbeitsoberflächen.

Extremdruck-Mittel. Sie greifen die Oberfläche des Lagers chemisch an, indem sie eine Schicht bilden, die bei Haftreibung ein Anhaften verhindert.

Anti-“Stick-Slip“-Zusätze. Sie wirken auf den statischen Reibungskoeffizienten und ermöglichen, daß die Bewegung der Achse kontinuierlich ist, d.h. ohne Zwischenstopps.

Zusätze zur Verbesserung der Viskosität. Sie bieten

eine höhere Stabilität der Viskosität mit der Temperatur.

Synthetische Schmiermittel. Diese Schmierstoffe entstehen bei der Synthese und haben eine chemische Zusammensetzung und Struktur mit sehr guten Schmiereigenschaften.

Die Haupteigenschaften gegenüber Mineralölen sind höhere Widerstandsfähigkeit gegen Oxydation, höhere Viskositätswerte, mehr Stabilität aller Eigenschaften während der Lebensdauer des Schmiermittels (d.h. längere Lebensdauer) und bessere Verträglichkeit mit den normalerweise verwendeten Werkstoffen. Einige dieser Eigenschaften liegen nicht bei allen synthetischen Schmierstoffen vor, sondern je nach Art herrscht die eine oder andere vor.

Synthetische Schmiermittel werden bei sehr hohen oder sehr niedrigen Arbeitstemperaturen eingesetzt (<-20°C oder >90°C) oder aufgrund einer anderen Besonderheit. Diese Mittel können bei extremen Temperaturen zwischen -50 und +250°C arbeiten.

	Mineralöle		Synthetische Schmierstoffe			
	Mit wenigen Zusätzen	Mit Zusätzen	Polyalphaolephine	Ester	Silikone	Perfluoräther
Arbeitstemperaturen (°C)	-10 80	-20* 90	-40 160	-60* 190	-50 190	-50 230
Dichte (g/cm³)	0,87	0,88	0,84	0,92*	1,00	1,92
(VI) Viskositätswert	97	120	140	160*	180	140*
Funktion als Schmiermittel	Gut	Sehr gut	Gut	Gut	Mittelmäßig	Mittelmäßig
Relatives Verhältniss Preis/Liter	1	1,5	20	von 8 bis 50	40	300
Anmerkungen	Gutes Schmiermittel bei mittleren Anforderungen. Wenn die Temperatur und andere Eigenschaften es erlauben, ist diese Art allen anderen vorzuziehen.	Verbessert die Eigenschaften der vorigen Art im Hinblick auf VI, Antioxydation und extreme Druckverhältnisse.	Gutes Schmiermittel bei vielen Temperaturen. Besonders gut für gesinterte Lager. Gering reaktiv.	Hoher VI: Stabilität mit der Temperatur. Hohe Schmierfähigkeit. Greift Farben und Dichtungen an.	VI kann bis zu 400 betragen. Resistent gegen Oxydation. Nicht brennbar. Bei vielen Temperaturen einsetzbar. Toleriert nicht gut Temperaturwechsel.	Ideal für hohe Temperaturen. Lange Lebensdauer. Kompatibel mit Kunststoffen und Metallen. Nicht in Benzin lösbar. Chemisch inert. Nicht brennbar.

*Schwankt je nach konkreter Art und Hersteller.

Tabelle 1. SCHMIERMITTEL