

# Präzisions - Schneckenradsätze

## Eingriffswinkel

Bedingt durch das Herstellverfahren hat die Verzahnung die Flankenform K. Der Eingriffswinkel beträgt in der Regel 15° und weicht somit von der DIN-Norm mit 20° ab. Bei einem Eingriffswinkel von 15° ergeben sich günstigere Verhältnisse der Kraftkomponenten bezüglich der Radialkraft. Dadurch wird die Biegebeanspruchung einer Schneckenwelle bzw. das Wegdrücken einer aufgesetzten Schnecke verringert. Die Folge ist eine Geräuschminderung und erhöhte Lebensdauer. Die Unterschiede im Wirkungsgrad, die sich durch die Veränderung des Eingriffswinkels ergeben, sind unbedeutend.

## Materialien

Die Schnecken sind einsatzgehärtet, Flanken und Bohrung geschliffen. Das Schneckenrad besteht aus einer Sonderlegierung (Kupfer-Zinklegierung) mit Zusätzen aus Aluminium, Silizium und Mangan. Sie ist eine für Gleitzwecke entwickelte Sonderqualität innerhalb der Gruppe CuZn40Al2 nach DIN 17660 (Neu nach EN: CuZn37Mn3Al2PbSi-S40).

Die chemische Beständigkeit ist durch den Aluminiumgehalt sehr hoch.

Mechanische Eigenschaften:

- gute Korrosionsbeständigkeit
- hohe Festigkeit:
 

Zugfestigkeit $R_m$ :	560 N/mm <sup>2</sup>
Dehngrenze $R_{p0,2}$ :	290 N/mm <sup>2</sup>
Bruchdehnung $A_5$ :	15%
Härte HB2,5/62,5:	140-170
Scherfestigkeit:	470 N/mm <sup>2</sup>
Biegewechselfestigkeit:	170 N/mm <sup>2</sup>
- ( $20 \times 10^6$  Lastspiele)
- gute Gleiteigenschaften
- hoher Verschleißwiderstand

## Cu Sn 12 DIN 1705

Relativ weicher Werkstoff mit gutem Verschleißwiderstand, geeignet für hohe Gleitgeschwindigkeiten.

	<i>G-CuSn12</i>	<i>GZ-CuSn12</i>	<i>GC-CuSn12</i>
Zugfestigkeit $R_m$ :	260 N/mm <sup>2</sup>	280 N/mm <sup>2</sup>	280 N/mm <sup>2</sup>
Dehngrenze $R_{p0,2}$ :	140 N/mm <sup>2</sup>	150 N/mm <sup>2</sup>	140 N/mm <sup>2</sup>
Bruchdehnung $A_5$ :	12 %	5 %	8 %
Brinellhärte HB10:	80	95	90

## Cu Sn 12 Ni DIN 1705

Relativ weicher Werkstoff mit sehr hohem Verschleißwiderstand, geeignet für sehr hohe Gleitgeschwindigkeiten.

	<i>G-CuSn12Ni</i>	<i>GZ-CuSn12Ni</i>	<i>GC-CuSn12Ni</i>
Zugfestigkeit $R_m$ :	280 N/mm <sup>2</sup>	300 N/mm <sup>2</sup>	300 N/mm <sup>2</sup>
Dehngrenze $R_{p0,2}$ :	160 N/mm <sup>2</sup>	180 N/mm <sup>2</sup>	170 N/mm <sup>2</sup>
Bruchdehnung $A_5$ :	14 %	8 %	10 %
Brinellhärte HB10:	90	100	90

G = Formguß

GZ = Schleuderguß

GC = Strangguß

## CuAl10Fe3 Mn2 DIN 17665 / 17672

Relativ harte Gleitwerkstoffe für hohe Belastung und relativ niedrige Drehzahl.

	<i>CuAl10Fe3 Mn2</i>	<i>CuAl10Ni5F4</i>
Zugfestigkeit $R_m$ :	590 N/mm <sup>2</sup>	700 N/mm <sup>2</sup>
Dehngrenze $R_{p0,2}$ :	250 N/mm <sup>2</sup>	300 N/mm <sup>2</sup>
Bruchdehnung $A_5$ :	12 %	13%
Brinellhärte HB 2,5 / 62,5:	150	160

# Präzisions - Schneckenradsätze

## Drehmomentangaben

Die Drehmomentangaben beziehen sich auf eine Schneckendrehzahl von  $2800 \text{ min}^{-1}$ . Bei Verringerung der Schneckendrehzahl erhöhen sich die Drehmomente um folgende Faktoren:

$n_1$	$2800 \text{ min}^{-1}$	$1400 \text{ min}^{-1}$	$950 \text{ min}^{-1}$	$700 \text{ min}^{-1}$	$500 \text{ min}^{-1}$	$250 \text{ min}^{-1}$	$125 \text{ min}^{-1}$
Faktor $n_1$	1	1,12	1,2	1,26	1,33	1,49	1,67

Es ist eine Lebensdauer von ca. 3000 h zugrundegelegt. Bei Verkürzung oder Verlängerung der Lebensdauer werden folgende Faktoren eingesetzt:

Lebensdauer	ca. 3000 h	ca. 1500 h	ca. 6000 h
Faktor $L_h$	1	1,4	0,71

### 1. Berechnungsbeispiel (ohne Berücksichtigung der Einsatzbedingungen)

Radsatzgröße A40 Ü35, Schmierung Mineralöl,  
Schneckendrehzahl  $700 \text{ min}^{-1}$ , Lebensdauer 1500 h

Frage: Welches Abtriebsmoment errechnet sich?

$$\begin{aligned}
 \text{Abtriebsmoment} &= T_2 (\text{Mineralöl}) \times n_1 (\text{Faktor}) \times L_h (\text{Faktor}) \leq \text{Bruchgrenze} \\
 &= 37,2 \text{ Nm} \times 1,26 \times 1,4 && T_2 \text{ siehe Tabelle ab Seite 14} \\
 &= 65,6 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

**Achtung!** Das Abtriebsmoment ist begrenzt durch Erreichen der Bruchgrenze des Zahnrades. Die Bruchgrenze wird erreicht beim Faktor ca. 3 (oder 300%) der Katalogangaben ( $T_2$  Sö) für Synthetiköl. Z.B. Bruchgrenze A40 Ü35 =  $46,5 \text{ Nm} \times 3 = 139,5 \text{ Nm}$ .

## Betriebsfaktoren

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten sind die Betriebsfaktoren eine Empfehlung, die nach eigenem Ermessen eingesetzt werden kann. Bei Inbetriebnahme ist grundsätzlich darauf zu achten, daß unabhängig von der Betriebsart eine Gehäusetemperatur von ca.  $80^\circ \text{Celsius}$  nicht überschritten wird.

Stöße am Antrieb	keine	mittel	stark
Betriebsfaktor $f_1$	1	1,2	1,5
Anlaufhäufigkeit	10/h	60/h	360/h
Anlauffaktor $f_2$	1	1,1	1,2
Einschaltdauer ED	<40 %	<70 %	<100 %
Einschaltdauerfaktor $f_3$	1	1,15	1,3

### 2. Berechnungsbeispiel (mit Berücksichtigung der Einsatzbedingungen)

Radsatzgröße A40 Ü35;  $T_2 = 65,6 \text{ Nm}$  (siehe oben), jedoch wird der Betriebsfall  
 - starke Stöße  
 - 360 Anläufe / h  
 - 100 % Einschaltdauer 1,5 angenommen.

## Präzisions - Schneckenradsätze

$$\begin{aligned} \text{Abtriebsmoment} &= \frac{T_2}{f_1 \times f_2 \times f_3} \\ &= \frac{65,6 \text{ Nm}}{1,5 \times 1,2 \times 1,3} \\ &= 28 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Die Beziehung zwischen Lebensdauer, Drehzahl und Drehmoment läßt sich nach folgenden vereinfachten Formeln berechnen.

Berechnung der Lebensdauer ( $L_{h \text{ neu}}$ ) bei gefordertem Moment ( $T_{2 \text{ neu}}$ )

$$L_{h \text{ neu}} = \left( \frac{T_{2 \text{ Nenn.}} \times \text{Faktor } n_1}{T_{2 \text{ neu}}} \right)^2 \cdot L_{h \text{ Nenn}}$$

$T_{2 \text{ Nenn.}}$  = Abtriebsmoment nach Katalogangaben

$L_{h \text{ Nenn}}$  = Lebensdauerangaben nach Katalog ca. 3000 h

Berechnung des Momentes ( $T_{2 \text{ neu}}$ ) bei geforderter Lebensdauer ( $L_{h \text{ neu}}$ )

$$T_{2 \text{ neu}} = \frac{T_{2 \text{ Nenn.}} \times \text{Faktor } n_1}{\sqrt{\frac{L_{h \text{ neu}}}{L_{h \text{ Nenn}}}}}$$

### Selbsthemmung

Die Selbsthemmung wird durch den Steigungswinkel, die Oberflächenrauigkeit der Flanken, der Gleitgeschwindigkeit, durch den Schmierstoff und die Erwärmung beeinflusst. Es ist zwischen dynamischer und statischer Selbsthemmung zu unterscheiden.

**Dynamische Selbsthemmung:** bis 3° Steigungswinkel bei Fettschmierung; bis 2,5° Steigungswinkel bei Schmierung mit synthetischen Ölen.

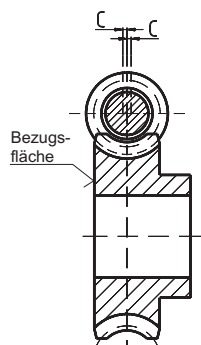
**Statische Selbsthemmung:** von 3° bis 5° Steigungswinkel bei Fettschmierung; von 2,5° bis 4,5° Steigungswinkel bei Schmierung mit synthetischen Ölen.

Bei Steigungswinkeln über 4,5° bzw. 5° ist keine Selbsthemmung vorhanden.

Erschütterungen bzw. Vibrationen können die Selbsthemmung aufheben.

Ebenfalls können eine Anzahl Faktoren im Zusammenhang mit Schmierung, Gleitgeschwindigkeit und Belastung derart günstige Gleiteigenschaften schaffen, daß die Selbsthemmung negativ beeinflusst wird. Aus diesem Grund ist es ausgeschlossen, Garantieverpflichtungen bezüglich der Selbsthemmung zu übernehmen.

### Einbau des Schneckenrades



Für die seitliche Lagerung der Schneckenräder ist die tolerierte Bezugsfläche maßgebend. Die seitliche Toleranz "c" darf für alle Achsabstände das Maß 0,15 mm nicht überschreiten.



## Präzisions - Schneckenradsätze

Durch Kontrolle der Lage des Tragbildes im eingebauten Zustand lässt sich erkennen, ob ein Einbaufehler bezüglich der axialen Stellung des Schneckenrades vorliegt. Das Tragbild sollte möglichst zur Auslaufseite tendieren. Bei wechselnder Drehrichtung (Reversierbetrieb) sollte das Tragbild zur Mitte tendieren.

### Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist generell abhängig von folgenden Bedingungen:

- Steigungswinkel der Schnecke,
- Gleitgeschwindigkeit,
- Schmierstoff,
- Oberflächengüte,
- Einbauverhältnisse.

Mit zunehmendem Achsabstand steigt der Wirkungsgrad an. Bei kleinen Achsabständen werden häufig aus Platz- und Kostengründen Gleitlager verwendet, deren erhöhter Reibwert den Gesamtwirkungsgrad stark beeinflussen kann. Die angegebenen Wirkungsgrade haben nur Gültigkeit unter optimalen Einbaubedingungen.

### Anlauf-Wirkungsgrad

Der Schmierfilm zwischen den Zahnflanken bildet sich erst nach dem Anlaufen des Getriebes. Der Anlauf-Wirkungsgrad ist aus diesem Grund um ca. 30 % geringer als der im Katalog angegebene Betriebs-Wirkungsgrad.

### Wirkungsgrad bei treibendem Schneckenrad

Bei treibendem Schneckenrad ist der Wirkungsgrad geringer als bei treibender Schnecke. Er berechnet sich nach der Formel:

$$\eta' = 2 - \frac{1}{\eta}$$

mit:  $\eta'$  => Wirkungsgrad bei treibendem Schneckenrad  
 $\eta$  => Wirkungsgrad bei treibender Schnecke (Katalogangabe)

wenn  $\eta'$  einen negativen Wert ergibt, ist Selbsthemmung vorhanden.

### Schraubenradverzahnung

Schraubenradverzahnung ist eine Stirnradverzahnung, deren Schrägungswinkel dem Steigungswinkel der Schnecke entspricht. Die Gleitfläche entspricht einer Linienberührung, wodurch ein reduziertes Drehmoment gegenüber der Schneckenradverzahnung übertragen werden kann bzw. die Lebensdauer reduziert wird.