

# Projektierungsanleitung Getriebeboxen PMG-M-S



Harmonic  
Drive AG



QUICKLINK  
[www.harmonicdrive.de/2090](http://www.harmonicdrive.de/2090)

*...just move it!*

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>03</b>
1.1	Erläuterung der verwendeten Symbolik.....	04
1.2	Haftungsausschluss und Copyright.....	04
<b>2.</b>	<b>Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise .....</b>	<b>05</b>
2.1	Gefahren.....	05
2.2	Bestimmungsgemäße Verwendung .....	06
2.3	Nicht bestimmungsgemäße Verwendung.....	06
2.4	Konformitätserklärung.....	07
<b>3.</b>	<b>Technische Beschreibung .....</b>	<b>08</b>
3.1	Produktbeschreibung .....	08
3.2	Bestellbezeichnung .....	09
3.3	Technische Daten.....	10
3.3.1	Allgemeine Technische Daten .....	10
3.3.2	Abmessungen .....	11
3.3.3	Genauigkeit .....	14
3.3.4	Torsionssteifigkeit .....	14
3.3.5	Lagerung.....	14
3.3.6	Verwendete Materialien .....	15
<b>4.</b>	<b>Antriebsauslegung .....</b>	<b>16</b>
4.1	Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben .....	18
4.1.1	Drehmomentbasierte Auslegung.....	19
4.1.2	Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers.....	21
4.1.3	Steifigkeitsbasierte Auslegung.....	22
4.2	Berechnung des Torsionswinkels.....	24
4.3	Lastabhängiger Wirkungsgrad .....	25
4.3.1	Wirkungsgradberechnung .....	25
4.3.2	Wirkungsgradtabellen .....	26
4.4	Lastfreie Drehmomente.....	27
4.4.1	Lastfreies Anlaufdrehmoment .....	27
4.4.2	Lastfreies Rückdrehmoment .....	27
4.5	Abtriebslager - Lebensdauer .....	27
4.6	Schmierung .....	28
4.6.1	Fettschmierung.....	28
4.6.2	Ölschmierung .....	30
4.7	Axialkräfte am Wave Generator PMG-M.....	31
<b>5.</b>	<b>Installation und Betrieb .....</b>	<b>32</b>
5.1	Transport und Lagerung.....	32
5.2	Anlieferungszustand.....	32
5.3	Montagehinweise .....	32
5.4	Montagetoleranzen PMG-M .....	33
5.5	Schmierung.....	33
5.6	Vorbereitung .....	34
5.7	Montage.....	35
5.7.1	Motoranbau PMG-M .....	36
5.7.2	Herstellung des Adapterflansches.....	36
5.7.3	Montage Wave Generator Komponenten PMG-M .....	37
5.7.4	Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle .....	38
5.7.5	Prüfung von dem Fügen des Wave Generators.....	38

5.7.6	Fügen des Wave Generators in den Flexspline.....	38
5.7.7	Überprüfen der richtigen Montage .....	39
5.7.8	Montage des Motorflansches PMG-M.....	39
5.7.9	Montage des Gehäuseflansches .....	39
5.7.10	Montage der Eingangswelle PMG-M .....	39
<b>6.</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>40</b>
6.1	Technische Daten.....	40
6.2	Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen.....	46

## 1. Allgemeines

### **Über diese Dokumentation**

Die vorliegende Dokumentation beinhaltet Sicherheitsvorschriften, technische Daten und Betriebsvorschriften für Produkte der Harmonic Drive AG.

Die Dokumentation wendet sich an Planer, Projektoren, Maschinenhersteller und Inbetriebnehmer. Sie unterstützt bei Auswahl und Berechnung des Getriebes sowie des Zubehörs.

### **Hinweise zur Aufbewahrung**

Bitte bewahren Sie diese Dokumentation während der gesamten Einsatz- bzw. Lebensdauer bis zur Entsorgung des Produktes auf. Geben Sie bei Verkauf diese Dokumentation weiter.

### **Weiterführende Dokumentation**

Zur Projektierung von Antriebssystemen mit Antrieben und Motoren der Harmonic Drive AG benötigen Sie nach Bedarf weitere Dokumentationen, entsprechend der eingesetzten Geräte.

[www.harmonicdrive.de](http://www.harmonicdrive.de)

### **Fremdsysteme**

Dokumentationen für externe, mit Harmonic Drive® Komponenten verbundene Systeme sind nicht Bestandteil des Lieferumfangs und müssen von diesen Herstellern direkt angefordert werden.











Vor der Inbetriebnahme der Servoantriebe und Servomotoren der Harmonic Drive AG an Regelgeräten ist die spezifische Inbetriebnahmedokumentation des jeweiligen Gerätes zu beachten.

### **Ihr Feedback**

Ihre Erfahrungen sind für uns wichtig. Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu Produkt und Dokumentation senden Sie bitte an:

Harmonic Drive AG  
 Marketing und Kommunikation  
 Hoenbergstraße 14  
 65555 Limburg / Lahn  
 E-Mail: [info@harmonicdrive.de](mailto:info@harmonicdrive.de)

## 1.1 Erläuterung der verwendeten Symbolik

Symbol	Bedeutung
	Bezeichnet eine unmittelbar drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, sind Tod oder schwerste Verletzungen die Folge.
	Bezeichnet eine möglicherweise drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, können Tod oder schwerste Verletzungen die Folge sein.
	Bezeichnet eine möglicherweise drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, können leichte oder geringfügige Verletzungen die Folge sein.
	Bezeichnet eine möglicherweise schädliche Situation. Wenn sie nicht gemieden wird, kann die Anlage oder etwas in ihrer Umgebung beschädigt werden.
	Dies ist kein Sicherheitssymbol. Das Symbol weist auf wichtige Informationen hin.
	Warnung vor einer Gefahr (allgemein). Die Art der Gefahr wird durch den nebenstehenden Warntext spezifiziert.
	Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung und deren Wirkung.
	Warnung vor heißer Oberfläche.
	Warnung vor hängenden Lasten.
	Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung elektrostatisch empfindlicher Bauelemente beachten.

## 1.2 Haftungsausschluss und Copyright

Die in diesem Dokument enthaltenen Inhalte, Bilder und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Logos, Schriften, Firmen und Produktbezeichnungen können, über das Urheberrecht hinaus, auch marken- bzw. warenzeichenrechtlich geschützt sein. Die Verwendung von Texten, Auszügen oder Grafiken bedarf der Zustimmung des Herausgebers bzw. Rechteinhabers.

Wir haben den Inhalt der Druckschrift geprüft. Dennoch können Abweichungen nicht ausgeschlossen werden, so dass wir für die vollständige Übereinstimmung keine Gewähr übernehmen. Die Angaben in dieser Druckschrift werden regelmäßig überprüft, und notwendige Korrekturen sind in den nachfolgenden Auflagen enthalten. Für Verbesserungsvorschläge sind wir dankbar.

## 2. Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise

Zu beachten sind die Angaben und Anweisungen in diesem Dokument sowie im Katalog. Sonderausführungen können in technischen Details von den nachfolgenden Ausführungen abweichen! Bei eventuellen Unklarheiten wird dringend empfohlen, unter Angabe von Typbezeichnung und Seriennummer, beim Hersteller anzufragen.

### 2.1 Gefahren



**GEFAHR**

Elektrische Servoantriebe und Motoren haben gefährliche, spannungsführende und rotierende Teile. Alle Arbeiten während dem Anschluss, der Inbetriebnahme, der Instandsetzung und der Entsorgung sind nur von qualifiziertem Fachpersonal auszuführen. EN 50110-1 und IEC 60364 beachten!

Vor Beginn jeder Arbeit, besonders aber vor dem Öffnen von Abdeckungen, muss der Antrieb vorschriftsmäßig freigeschaltet sein. Neben den Hauptstromkreisen ist dabei auch auf eventuell vorhandene Hilfsstromkreise zu achten.

#### **Einhalten der fünf Sicherheitsregeln:**

- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken

Die zuvor genannten Maßnahmen dürfen erst dann zurückgenommen werden, wenn die Arbeiten abgeschlossen sind und der Antrieb vollständig montiert ist. Unsachgemäßes Verhalten kann Personen- und Sachschäden verursachen. Die jeweils geltenden nationalen, örtlichen und anlagespezifischen Bestimmungen und Erfordernisse sind zu gewährleisten.



**GEFAHR**

Betriebsbedingt auftretende elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder stellen im Besonderen für Personen mit Herzschrittmachern, Implantaten oder ähnlichem eine Gefährdung dar. Gefährdete Personengruppen dürfen sich daher nicht in unmittelbarer Nähe des Produktes aufhalten.



**GEFAHR**

Eingebaute Haltebremsen sind nicht funktional sicher. Insbesondere bei hängender Last kann die funktionale Sicherheit nur mit einer zusätzlichen externen mechanischen Bremse erreicht werden.



**WARNUNG**

Der einwandfreie und sichere Betrieb der Produkte setzt einen sachgemäßen Transport, fachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage sowie eine sorgfältige Bedienung und Wartung voraus.



**VORSICHT**

Die Oberflächentemperatur der Antriebe kann im Betrieb über 55 °C betragen! Die heißen Oberflächen dürfen nicht berührt werden!



## HINWEIS

Bewegen und heben Sie Produkte mit einem Gewicht >20 kg ausschließlich mit dafür geeigneten Hebevorrichtungen.

## HINWEIS

Anschlusskabel dürfen nicht in direkten Kontakt mit heißen Oberflächen kommen.

## INFO

Sondervarianten der Servoantriebe und Motoren können in ihrer Spezifikation vom Standard abweichen. Mitgeltende Angaben aus Datenblättern, Katalogen und Angeboten der Sondervarianten sind zu berücksichtigen.

## 2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Harmonic Drive® Produkte sind für industrielle oder gewerbliche Anwendungen bestimmt. Falls im Sonderfall, beim Einsatz in nicht industriellen oder nicht gewerblichen Anlagen, erhöhte Anforderungen gestellt werden, so sind diese Bedingungen bei der Aufstellung anlagenseitig zu gewährleisten.

Typische Anwendungsbereiche sind Robotik und Handhabung, Werkzeugmaschinen, Verpackungs- und Lebensmittelmaschinen und ähnliche Maschinen.

Die Produkte dürfen nur innerhalb der in der Dokumentation angegebenen Betriebsbereiche und Umweltbedingungen (Aufstellhöhe, Schutzart, Temperaturbereich usw.) betrieben werden.

Vor Inbetriebnahme von Anlagen und Maschinen, in welche Harmonic Drive® Produkte eingebaut werden, ist die Konformität der Anlage oder Maschine zur Maschinenrichtlinie herzustellen.

## 2.3 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung

Die Verwendung der Produkte außerhalb der vorgenannten Anwendungsbereiche oder unter anderen als in der Dokumentation beschriebenen Betriebsbereichen und Umweltbedingungen gilt als nicht bestimmungsgemäßer Betrieb.

## HINWEIS

Nachfolgende Anwendungsbereiche gehören zur nicht bestimmungsgemäßen Verwendung:

- Luft- und Raumfahrt
- Explosionsgefährdete Bereiche
- Speziell für eine nukleare Verwendung konstruierte oder eingesetzte Maschinen, deren Ausfall zu einer Emission von Radioaktivität führen kann
- Vakuum
- Geräte für den häuslichen Gebrauch
- Medizinische Geräte, die in direkten Kontakt mit dem menschlichen Körper kommen
- Maschinen oder Geräte zum Transport und Heben von Personen
- Spezielle Einrichtungen für die Verwendung auf Jahrmärkten und in Vergnügungsparks

## 2.4 Konformitätserklärung

Im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG sind die Harmonic Drive® Getriebe keine unvollständigen Maschinen sondern Maschinenkomponenten, die nicht in den Geltungsbereich der EG-Maschinenrichtlinie fallen.

Grundlegende Sicherheitsanforderungen und Gesundheitsschutzanforderungen wurden bei der Konstruktion und Fertigung der Getriebe berücksichtigt. Dies vereinfacht dem Endanwender die Übereinstimmung seiner Maschine oder seiner unvollständigen Maschine mit der Maschinenrichtlinie herzustellen. Die Inbetriebnahme ist solange untersagt, bis die Konformität des Endproduktes mit der EG-Maschinenrichtlinie festgestellt ist.

## 3. Technische Beschreibung

### 3.1 Produktbeschreibung

## Kleine, preisgünstige Getriebebox

Die Getriebeboxen der Baureihe PMG sind erhältlich in vier Baugrößen mit den Untersetzungen 50, 72, 80, 88, 100 und 110 bei einem wiederholbaren Spitzendrehmoment zwischen 0,3 und 14,7 Nm.

Die Baureihe PMG gibt es in zwei Versionen: Die Getriebebox PMG-M mit Eingangsnabe zur Motoradaption und die Getriebebox PMG-S mit Eingangswelle. Beide Varianten besitzen eine Abtriebswelle.

Die Getriebeboxen erhalten Sie bei Bedarf in spezifischer Ausführung maßgeschneidert für Ihre Anwendung. Die Spielfreiheit ermöglicht kurze Taktzeiten bei hoher Genauigkeit.



## 3.2 Bestellbezeichnung

Tabelle 9.1

Baureihe	Baugröße	Untersetzung <sup>1)</sup>						Version	Sonderausführung
PMG	5A	50		80		100		M	Nach Kundenanforderung
	8A	50	72			100			
	11A	50	72			100		S	
	14A	50	72		88	100	110		
Bestellbezeichnung									
<b>PMG</b>	<b>-</b>	<b>8A</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>M</b>	<b>-</b>	<b>SP</b>	

1) Die in der Tabelle aufgeführten Übersetzungsverhältnisse gelten für die Standard An- und Abtriebsanordnung (CS fixiert, WG Antrieb, FS Abtrieb).  
Andere Anordnungen sind ebenfalls möglich. Die sich ergebenden Übersetzungsverhältnisse entnehmen Sie bitte Kapitel 4 „Untersetzung“.

Tabelle 9.2

Version	
Bestellbezeichnung	Beschreibung
M	Mit Eingangsnabe für Motoradaption
S	Mit Eingangswelle

Erläuterungen zu den technischen Daten finden Sie im Kapitel „Glossar“

## 3.3 Technische Daten

### 3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 10.1

	Einheit	PMG-5A-M			PMG-8A-M		
		50	80	100	50	72	100
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	50	72	100
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	0,3	0,45	0,55	1,9	2,4	2,7
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	0,3	0,45	0,55	1,9	2,3	2,7
Nenn Drehmoment	$T_N$ [Nm]	0,2	0,3	0,3	1,5	2,0	2,0
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	0,4	0,6	0,7	2,5	3,1	3,8
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	10000			6000		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4900			3500		
Massenträgheitsmoment	$J_{in}$ [x10 <sup>-8</sup> kgm <sup>2</sup> ]	2,5			30		
Gewicht	$m$ [kg]	0,030			0,120		

Tabelle 10.2

	Einheit	PMG-5A-S			PMG-8A-S		
		50	80	100	50	72	100
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	50	72	100
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	0,3	0,45	0,55	1,9	2,4	2,7
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	0,3	0,45	0,55	1,9	2,3	2,7
Nenn Drehmoment	$T_N$ [Nm]	0,2	0,3	0,3	1,5	2,0	2,0
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	0,4	0,6	0,7	2,5	3,1	3,8
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	10000			6000		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4900			3500		
Massenträgheitsmoment	$J_{in}$ [x10 <sup>-8</sup> kgm <sup>2</sup> ]	2,5			30		
Gewicht	$m$ [kg]	0,031			0,125		

### 3.3.2 Abmessungen

Abbildung 11.1

PMG-5A-M [mm]

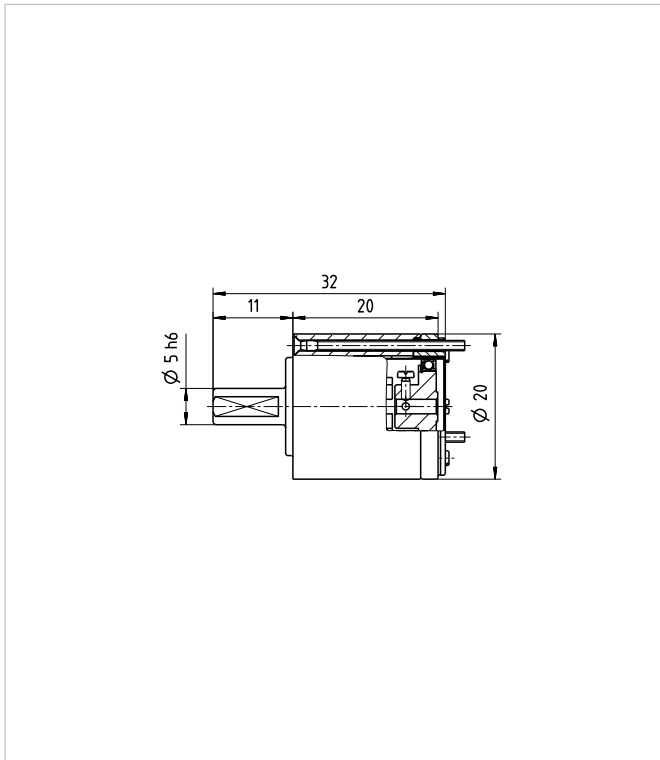


Abbildung 11.2

PMG-8A-M [mm]

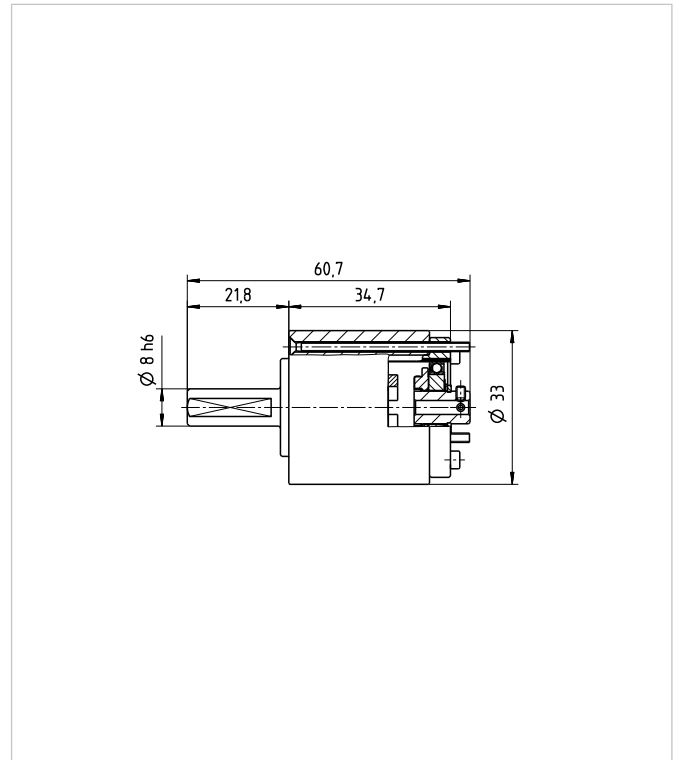


Abbildung 11.3

PMG-5A-S [mm]

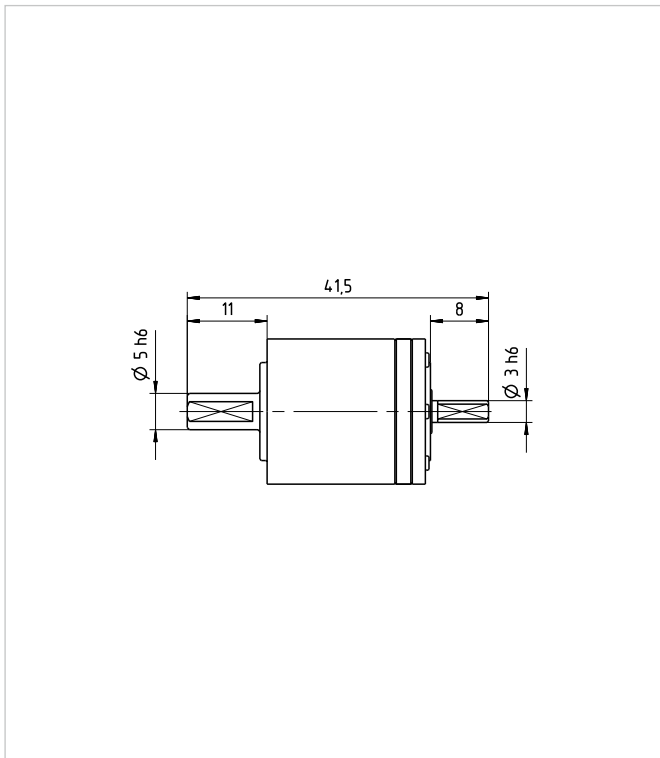


Abbildung 11.4

PMG-8A-S [mm]

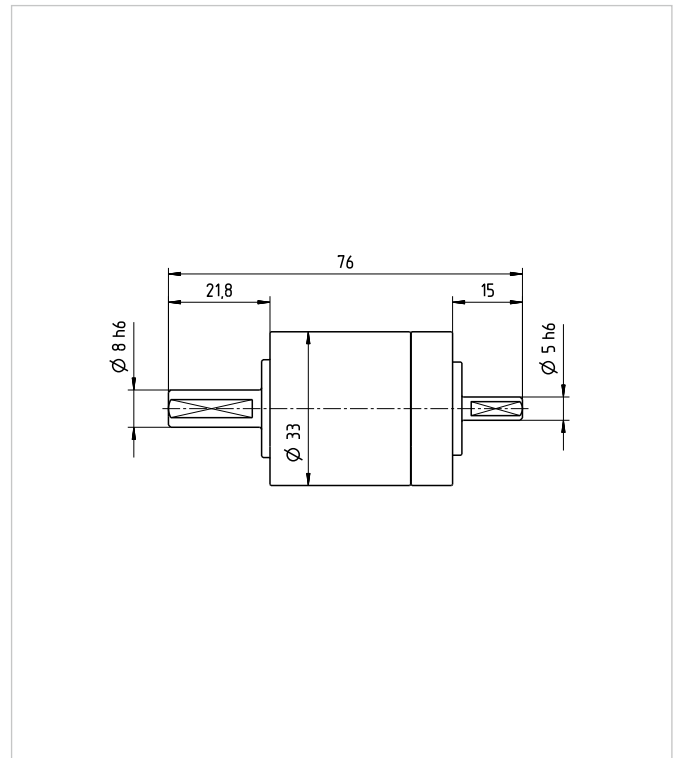


Tabelle 12.1

	Einheit	PMG-11A-M			PMG-14A-M				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	72	100	50	72	88	100	110
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	5,0	5,6	7,9	9,8	11,8	12,7	14,7	14,7
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	4,7	5,4	7,6	7,0	9,0	11	11	11
Nenn Drehmoment	$T_N$ [Nm]	2,5	4,0	4,0	5,4	7,8	7,8	7,8	7,8
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	6,8	8,8	10,8	14	16	18	20	20
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	5000			5000				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500			3500				
Massenträgheitsmoment	$J_{in}$ [x10 <sup>-8</sup> kgm <sup>2</sup> ]	120			330				
Gewicht	$m$ [kg]	0,25			0,42				

Tabelle 12.2

	Einheit	PMG-11A-S			PMG-14A-S				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	72	100	50	72	88	100	110
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	5,0	5,6	7,9	9,8	11,8	12,7	14,7	14,7
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	4,7	5,4	7,6	7,0	9,0	11	11	11
Nenn Drehmoment	$T_N$ [Nm]	2,5	4,0	4,0	5,4	7,8	7,8	7,8	7,8
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	6,8	8,8	10,8	14	16	18	20	20
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	5000			5000				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500			3500				
Massenträgheitsmoment	$J_{in}$ [x10 <sup>-8</sup> kgm <sup>2</sup> ]	140			340				
Gewicht	$m$ [kg]	0,27			0,495				

Abbildung 13.1

PMG-11A-M [mm]

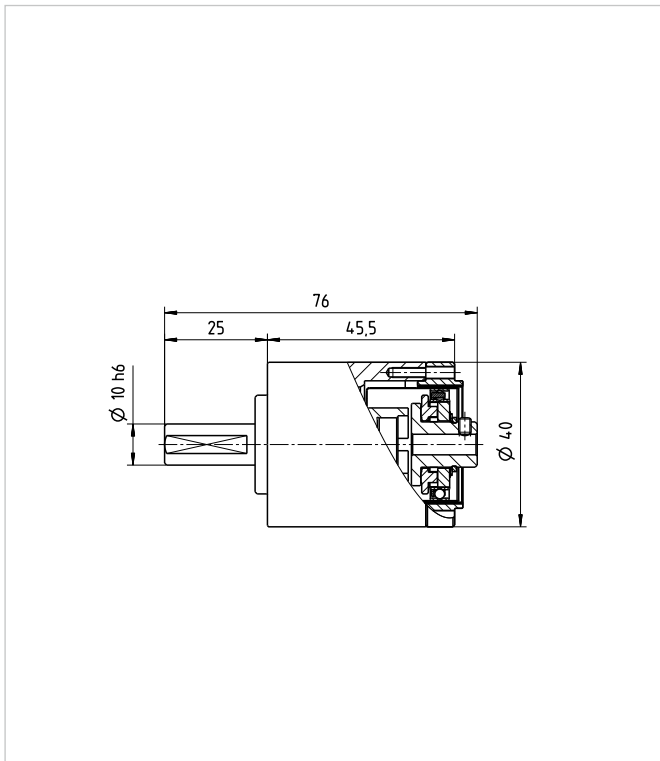


Abbildung 13.2

PMG-14A-M [mm]

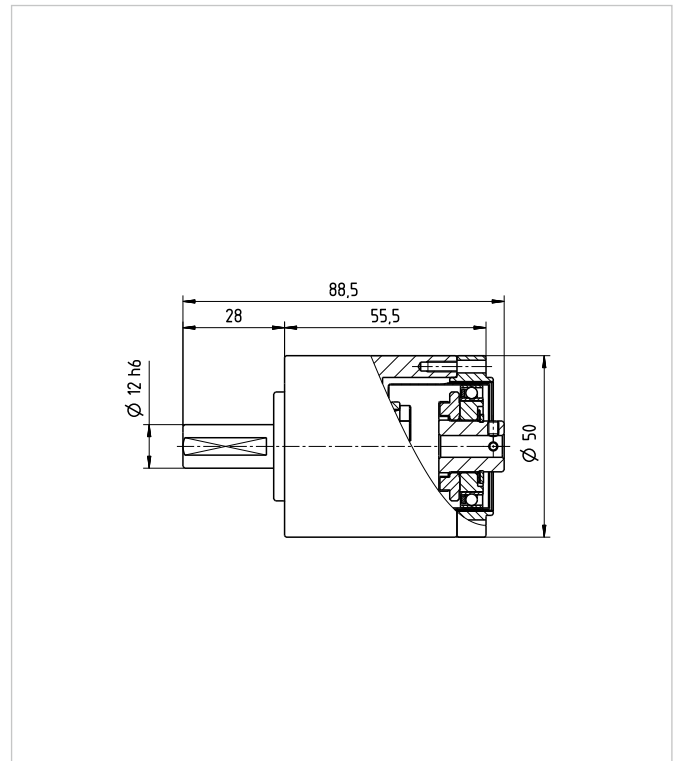


Abbildung 13.3

PMG-11A-S [mm]

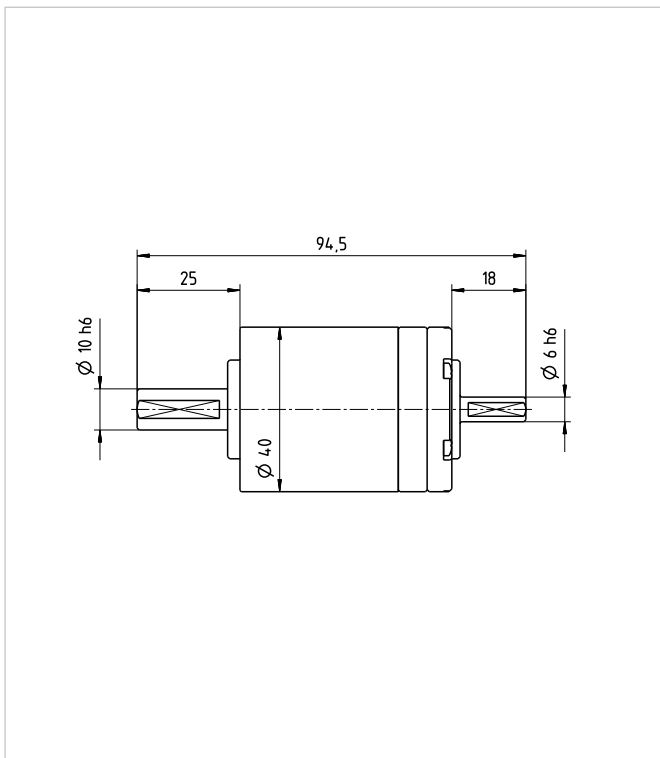
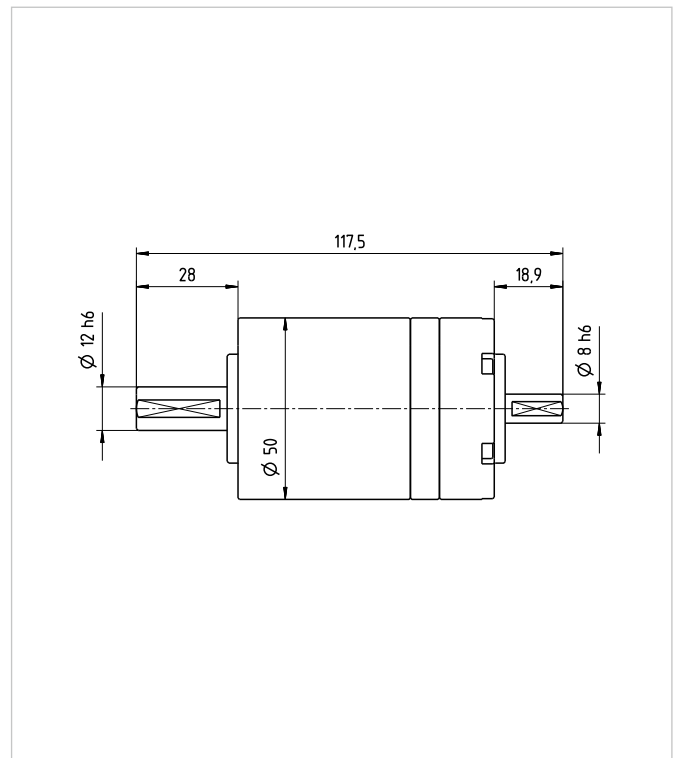


Abbildung 13.4

PMG-14A-S [mm]



### 3.3.3 Genauigkeit

Tabelle 14.1

[arcmin]

Baugröße	5	8	11	14
Übertragungsgenauigkeit	<4,5	<3	<2,0	<2,0
Lost Motion	<4	<1,0	<1,0	<1,0
Wiederholgenauigkeit	<± 1,5	<± 1,0	<± 1,0	<± 1,0

### 3.3.4 Torsionssteifigkeit

Tabelle 14.2

Baugröße	5	8	11	14
$T_1$ [Nm]	0,05	0,3	0,8	1,9
$T_2$ [Nm]	0,19	1,5	3,4	6,8
i = 50	$K_2$ [Nm/rad]	55	389	1160
	$K_1$ [Nm/rad]	24	246	622
i > 50	$K_3$ [Nm/rad]	100	690	1400
	$K_2$ [Nm/rad]	60	500	1320
	$K_1$ [Nm/rad]	30	380	770

### 3.3.5 Lagerung

Die PMG Getriebeboxen sind mit einem hoch belastbaren Abtriebslagerung ausgerüstet. Dieses Lager nimmt sowohl hohe Axial- und Radialkräfte als auch hohe Kippmomente auf. Dadurch wird das Getriebe von äußeren Belastungen frei gehalten, so dass eine lange Lebensdauer und gleichbleibende Genauigkeit gewährleistet sind. Für den Anwender bedeutet die Integration dieses Abtriebslagers eine erhebliche Reduzierung der Konstruktions-, Fertigungs- und Montagekosten, da zusätzliche externe Lager nicht erforderlich sind.

Falls trotz des leistungsfähigen Abtriebslagers in der Konstruktion eine zusätzliche Lagerung des anzutreibenden Maschinenelementes eingesetzt werden soll, ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Verspannungen zwischen dem spielfreien Abtriebslager des Getriebes und der Zusatzlagerung auftreten können. Das Getriebelager sollte möglichst als Festlager eingesetzt werden. Die Leistungsdaten des Abtriebslagers sind in Tabelle 14.3 angegeben.

Tabelle 14.3

[N]

Baugröße	Einheit	5	8	11	14	
Abtriebslagerung	Zulässige Radialkraft <sup>1)</sup>	$F_r$ [N]	59	196	245	392
	Zulässige Axialkraft	$F_a$ [N]	29	98	196	392
	Statische Tragzahl	$C_0$ [N]	282	1273	2370	3970
	Dynamische Tragzahl	$C_r$ [N]	734	2695	5237	6327
	Teilkreis $\varnothing$	$d_p$ [mm]	8	16	20	23,5
Antriebslagerung	Zulässige Radialkraft <sup>1)</sup>	$F_r$ [N]	8	10	20	29
	Zulässige Axialkraft	$F_a$ [N]	5	5	10	10

<sup>1)</sup> Die maximale radiale Last bezieht sich auf die Wellenmitte der Antriebs- bzw. Abtriebsseite.

## Toleranzen der Abtriebswelle

Abbildung 15.1

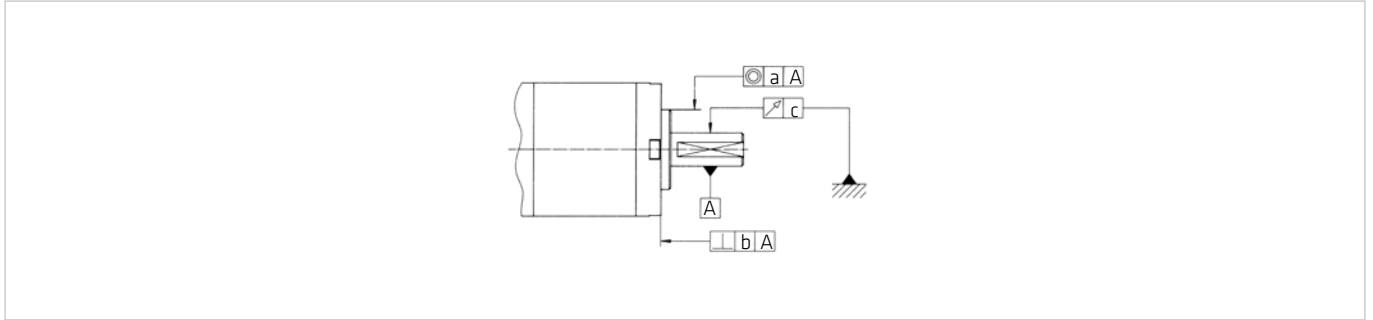


Tabelle 15.2

[mm]

Baugröße	5	8	11	14
a	0,04	0,04	0,04	0,04
b	0,04	0,04	0,04	0,04
c	0,02	0,02	0,02	0,02

### 3.3.6 Verwendete Materialien

Gehäuse: Grauguss, chemisch vernickelt und Aluminium anodisiert.

Adapterflansch, falls von der Harmonic Drive AG mitgeliefert: Hochfestes Aluminium (oder Stahl).

Oberflächen: Schrauben: Korrosionsschutz /Delta-tone) oder Edelstahl

Wellen: Edelstahl

## 4. Antriebsauslegung

Mit Harmonic Drive® Getrieben sind unterschiedliche An- und Abtriebsanordnungen möglich.

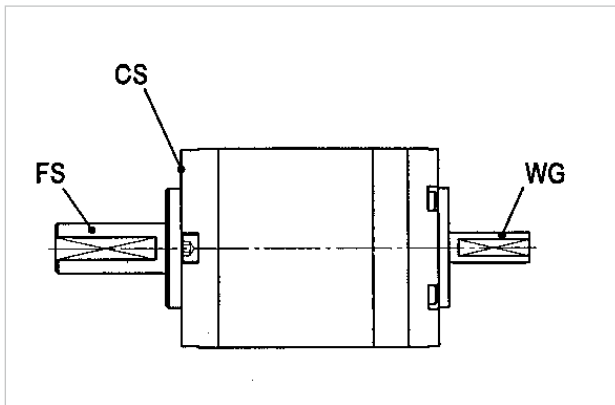
Gleichung 16.1

Untersetzung $i =$	$\frac{\text{Antriebsdrehzahl}}{\text{Abtriebsdrehzahl}}$
--------------------	---

### Überblick Harmonic Drive® Produkte

Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG) sind in der Abbildung 16.2 zu sehen.

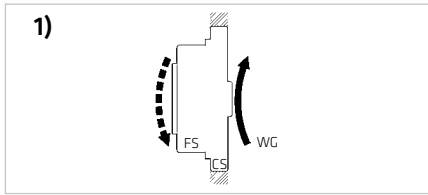
Abbildung 16.2



Die Werte für Untersetzungen von Harmonic Drive® Getrieben beziehen sich auf die Standard An- und Abtriebsanordnung (Beispiel 1, nachstehende Tabelle). Andere Anordnungen sind möglich und ebenfalls in der Tabelle dargestellt.



# Untersetzung



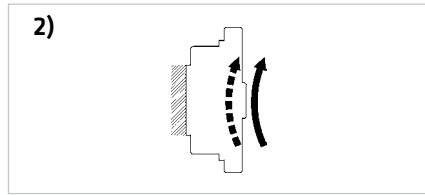
### Untersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- WG Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 17.1

$$\text{Untersetzung} = - \frac{i}{1}$$

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



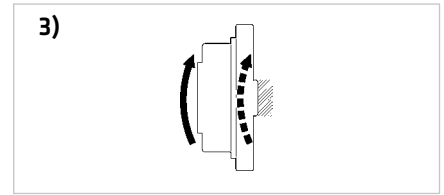
### Untersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- WG Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 17.2

$$\text{Untersetzung} = \frac{i+1}{1}$$

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



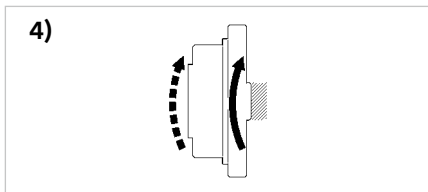
### Untersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- FS Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 17.3

$$\text{Untersetzung} = \frac{i+1}{1}$$

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



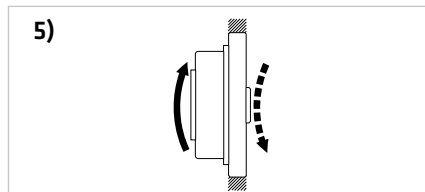
### Übersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- CS Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 17.4

$$\text{Untersetzung} = \frac{i}{i+1}$$

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



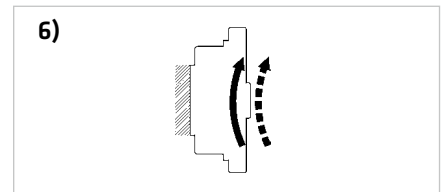
### Übersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- FS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 17.5

$$\text{Untersetzung} = - \frac{1}{i}$$

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



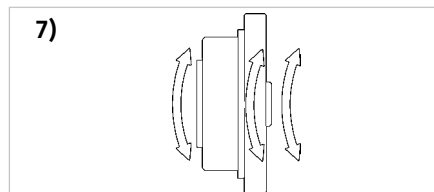
### Übersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- CS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 17.6

$$\text{Untersetzung} = \frac{1}{i+1}$$

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



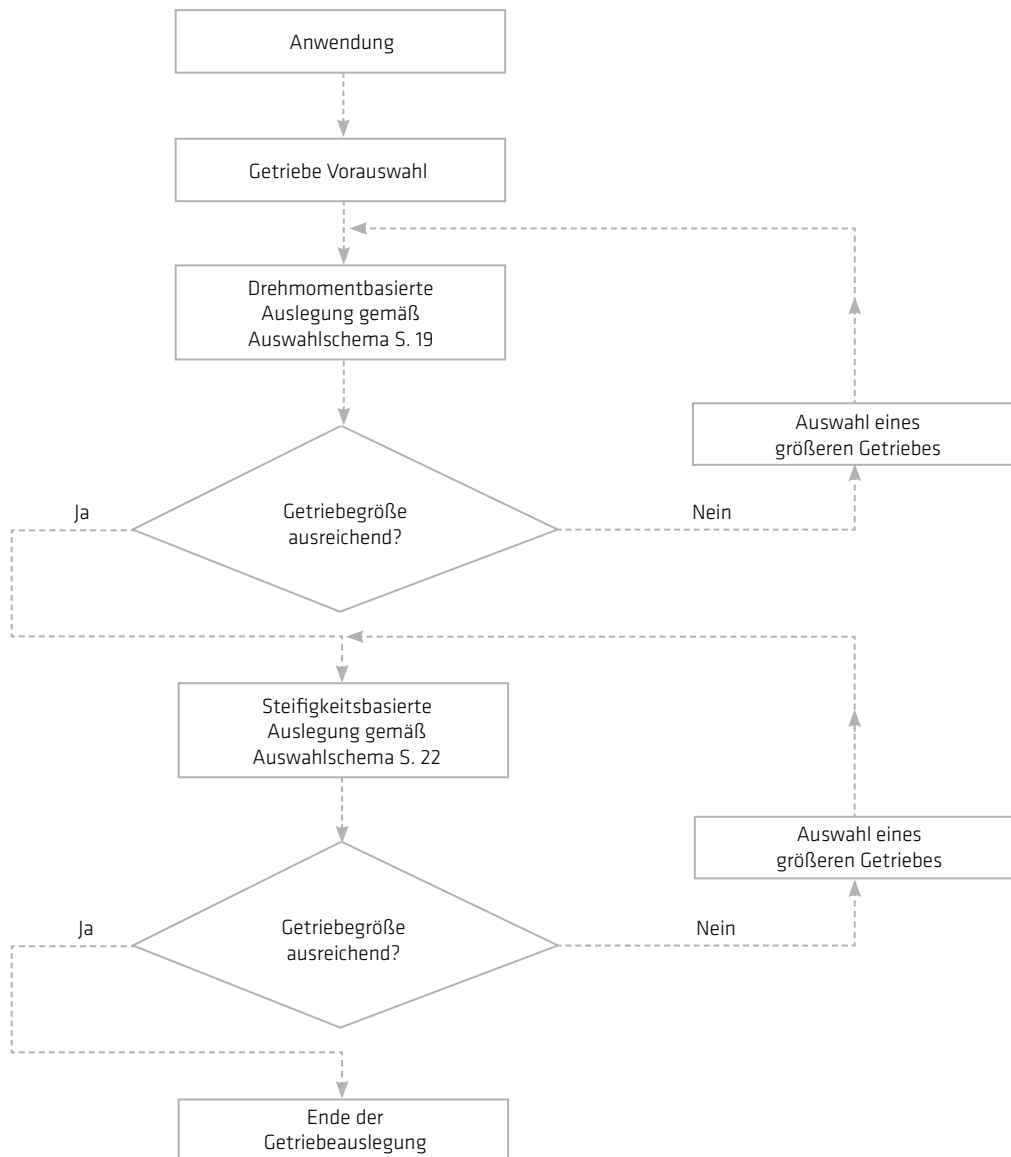
### Differenzialgetriebe

- WG Regelantrieb
- CS Hauptantrieb
- FS Hauptabtrieb

Zahlreiche Differenzialfunktionen können durch Kombination der Drehzahl und Drehrichtung der drei Bauteile erreicht werden. Wir beraten Sie gerne!

## 4.1 Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben

Bei der Auslegung sollten grundsätzlich sowohl Drehmoment- als auch Steifigkeitsanforderungen berücksichtigt werden. Während z. B. bei Roboteranwendungen eher die erforderlichen Drehmomente ausschlaggebend für die Getriebebaugröße sind, ist im Werkzeugmaschinenbau oft die prozessbedingte Torsionssteifigkeit entscheidend. Wir empfehlen daher, immer beide Auslegungskriterien gemäß dem folgenden Schema zu berücksichtigen.

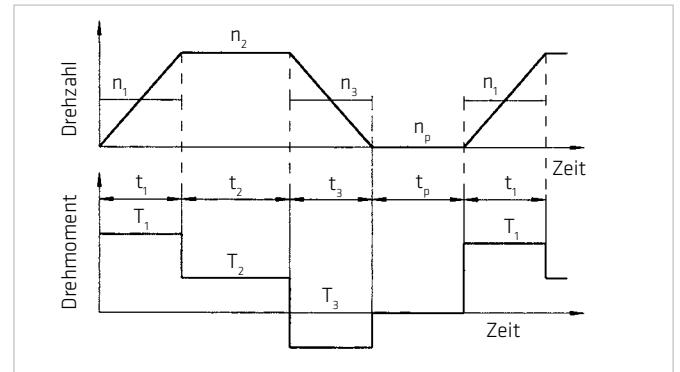


# 4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

## Belastungsdaten des Abtriebes

Drehmomente	$T_1 \dots T_n$	[Nm]
während der Belastungszeit	$t_1 \dots t_n$	[s]
während der Pausenzeit	$t_p$	[s]
und Abtriebsdrehzahl	$n_1 \dots n_n$	[min <sup>-1</sup> ]
Not-Stopp / Kollisionsmoment	$T_k$	[Nm]
bei Abtriebsdrehzahl	$n_k$	[min <sup>-1</sup> ]
während der Zeit	$t_k$	[s]

Abbildung 19.1



Gleichung 19.2

**Belastungsgrenze 1,**  
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes  $T_{av}$

$$T_{av} = \sqrt[3]{\frac{|n_1 \cdot T_1^3| \cdot t_1 + |n_2 \cdot T_2^3| \cdot t_2 + \dots + |n_n \cdot T_n^3| \cdot t_n}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}}$$

Gleichung 19.3

Werte für  $T_A$  siehe technische Daten  
 $T_{av} \leq T_A$

Nein → Auswahl eines größeren Getriebes

Gleichung 19.4

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

$$n_{out\ av} = \frac{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_p}$$

Gleichung 19.5

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl

$$n_{in\ av} = i \cdot n_{out\ av}$$

Gleichung 19.6

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl

$$n_{in\ max} = n_{out\ max} \cdot i \leq \text{Maximale Antriebsdrehzahl (siehe Technische Daten)}$$

Gleichung 19.7

Zulässige mittlere Antriebsdrehzahl

$$n_{in\ av} \leq \text{Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl (siehe Technische Daten)}$$

Gleichung 19.8

**Belastungsgrenze 2,  $T_R$**

$$T_{max} \leq T_R$$

Gleichung 19.9

**Belastungsgrenze 3,  $T_M$**

$$T_k \leq T_M$$

Gleichung 19.10

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

$$N_{k\ max} = \frac{10^4}{2 \cdot \frac{n_k}{60} \cdot i \cdot t_k} < 10^4$$

Gleichung 19.11

Lebensdauer

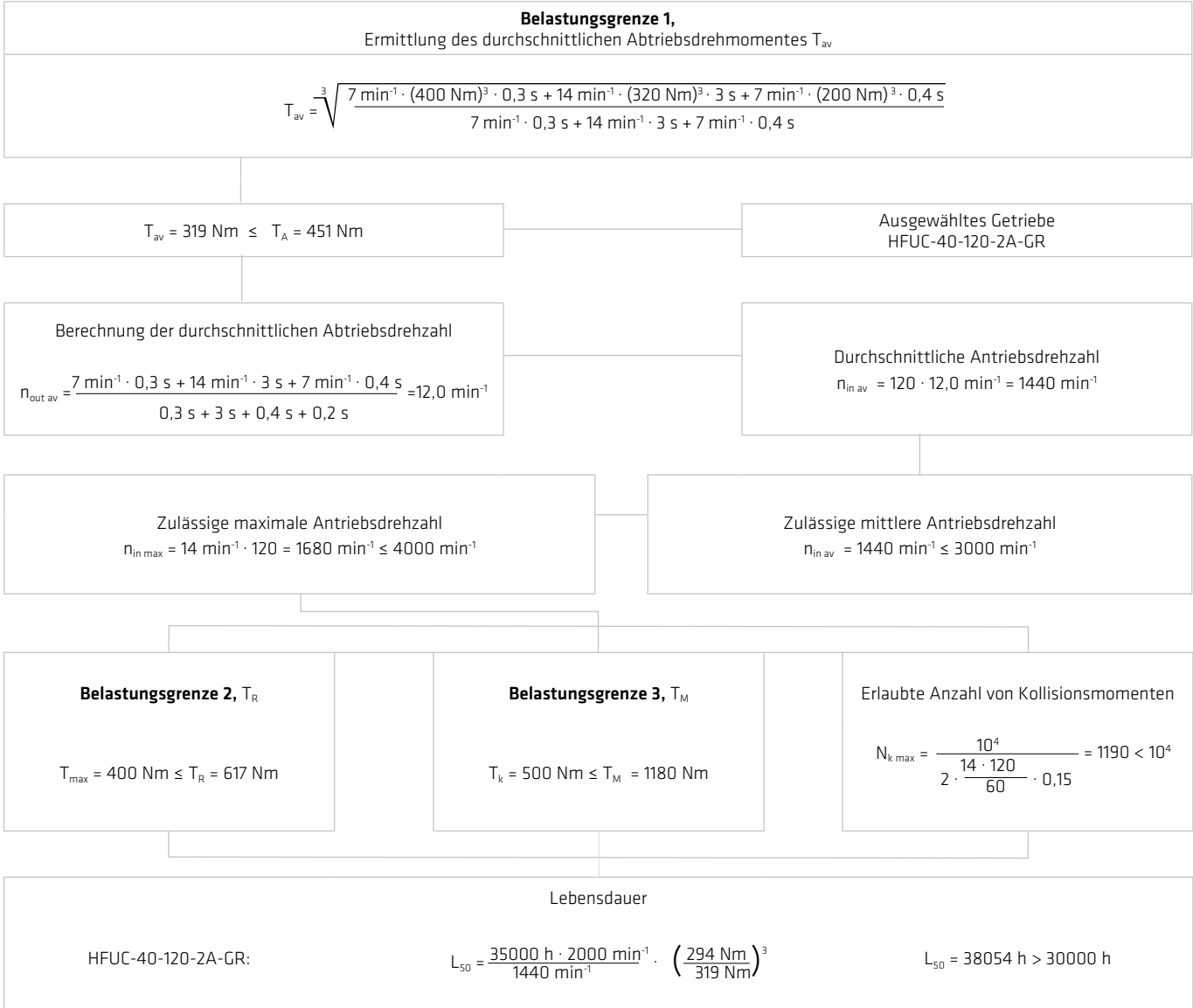
$$L_{50} = L_n \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left( \frac{\text{Nennmoment } T_N}{T_{av}} \right)^3$$

Werte für  $L_n$  siehe Tabelle 21.1

# Belastungsdaten am Abtrieb

$T_1 = 400 \text{ Nm}$	$t_1 = 0,3 \text{ s}$	$n_1 = 7 \text{ min}^{-1}$
$T_2 = 320 \text{ Nm}$	$t_2 = 3,0 \text{ s}$	$n_2 = 14 \text{ min}^{-1}$
$T_3 = 200 \text{ Nm}$	$t_3 = 0,4 \text{ s}$	$n_3 = 7 \text{ min}^{-1}$
$T_k = 500 \text{ Nm}$	$t_k = 0,15 \text{ s}$	$n_k = 14 \text{ min}^{-1}$
	$t_p = 0,2 \text{ s}$	$n_p = 0 \text{ min}^{-1}$

Untersetzung  $i = 120$   
 Lebensdauer  $L_{50} = 30000 \text{ h}$  (gefordert)



## 4.1.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

Die Lebensdauerberechnung für Harmonic Drive® Getriebe bezieht sich auf die Lebensdauer des Wave Generator-Kugellagers. Die in den Leistungsdatentabellen angegebenen Nenndrehmomente bei Nenndrehzahl basieren auf einer mittleren Lagerlebensdauer  $L_{50}$ .

Die zu erwartende Lebensdauer kann bei gegebener Eingangsdrehzahl  $n_{in,av}$  [ $\text{min}^{-1}$ ] und gegebenem Abtriebsdrehmoment  $T$  [Nm] mit Gleichung 21.2 ermittelt werden.

Tabelle 21.1

[h]

Harmonic Drive® Baureihen	$L_n$
CobaltLine, CSG, SHG	50000
HFUC, HFUS, CSD, CPU, CSF, SHD	35000
PMG Getriebebox	15000

Gleichung 21.2

$$L_{50} = L_n \frac{n_N}{n_{in,av}} \left( \frac{T_N}{T_{av}} \right)^3$$

Gleichung 21.3

$$L_{10} \approx \frac{1}{5} \cdot L_{50}$$

- $n_N$  = Nenndrehzahl am Antrieb [ $\text{min}^{-1}$ ]
- $n_{in,av}$  = Durchschnittliche Antriebsdrehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ] (Gleichung 19.5)
- $T_N$  = Nennabtriebsdrehmoment bei Nenndrehzahl [Nm]
- $T_{av}$  = Durchschnittliches Abtriebsdrehmoment [Nm] (Gleichung 19.2)
- $L_n$  = siehe Tabelle 21.1

### 4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

Zusätzlich zu dem auf Seite 19 angegebenen Auswahlschema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung. Dafür sollten die in Tabelle 22.1 angegebenen Kenngrößen für die anwendungsspezifisch empfohlenen Resonanzfrequenzen berücksichtigt werden.

Tabelle 22.1

[Hz]

Anwendung	$f_n$
Langsam drehende Drehtische, langsam drehende Schweißroboter Grundachsen (kein Laserschweißen), langsam drehende Schweiß- und Schwenktische, Palettierroboter-Achsen	$\geq 4$
Knickarmroboter Grundachsen, Knickarmroboter Handachsen mit geringen Dynamikanforderungen, Werkzeugrevolver, Werkzeugmagazine, Schwenk- und Positionierachsen in medizinischen Geräten und Messgeräten	$\geq 8$
Standard Anwendungen im allgemeinen Maschinenbau, Schwenkachsen, Palettenwechsler, hochdynamische Werkzeugwechsler, -revolver, und -magazine, Knickarmroboter Handachsen, Scara Roboter, Portalroboter, Polierroboter, Dynamische Schweißwender, Schweißroboter Grundachsen (Laserschweißen), Schwenk- und Positionierachsen in medizinischen Geräten	$\geq 15$
B/C-Achsen in 5-Achs Schleifmaschinen, Schweißroboter Handachsen (Laserschweißen), Fräsköpfe Kunststoffbearbeitung	$\geq 20$
C-Achsen in Drehmaschinen, Fräsköpfe Leichtmetallbearbeitung, Fräsköpfe Holzbearbeitung (Spanplatten etc.)	$\geq 25$
Fräsköpfe Holzbearbeitung (Hartholz etc.)	$\geq 30$
C-Achsen in Drehmaschinen*	$\geq 35$
Fräsköpfe für Metallbearbeitung*, B-Achsen in Dreh-Fräszentren für Metallbearbeitung	$\geq 40$
Fräsköpfe für Metallbearbeitung*, B-Achsen in Dreh-Fräszentren für Metallbearbeitung mit hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität*	$\geq 50$
Fräsköpfe für Metallbearbeitung mit sehr hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität*	$\geq 60$

\* Je nach Anwendung kann eine nachgeschaltete Getriebestufe sinnvoll sein. Wir empfehlen Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

## Auslegungsbeispiel: Steifigkeitsbasierte Auslegung

### Resonanzfrequenz (Getriebeabtrieb)

Mit der Formel

Gleichung 23.1

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_1}{J}} \text{ [Hz]}$$

$f_n$  = Resonanzfrequenz [Hz]

$K_1$  = Getriebe Torsionssteifigkeit  $K_1$  [Nm/rad]

$J$  = Massenträgheitsmoment der Last [kgm<sup>2</sup>]

kann bei gegebener Torsionssteifigkeit  $K_1$  des Harmonic Drive® Getriebes und dem Massenträgheitsmoment der Last die abtriebsseitige Resonanzfrequenz berechnet werden. Die berechnete Frequenz sollte dem in Tabelle 22.1 angegebenen Wert entsprechen. Mit steigendem Massenträgheitsmoment der Last steigt auch der Einfluss der Anwendung auf das Auslegungsergebnis. Wenn das Massenträgheitsmoment = 0 ist, hat die gewählte Anwendung keinen rechnerischen Einfluss auf das Auslegungsergebnis.

### Resonanzdrehzahl (Getriebeeingang)

Die Resonanzdrehzahl  $n_n$  der Antriebsseite (Motorseite) kann mit der Formel

$$n_n = f_n \cdot 30 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

berechnet werden. Wir empfehlen, die Resonanzdrehzahl im Betrieb zügig zu durchfahren. Dies kann durch die Wahl einer geeigneten Getriebeuntersetzung erfolgen. Eine andere Möglichkeit ist die Wahl einer geeigneten Getriebebesteifigkeit, so dass die Resonanzdrehzahl außerhalb des geforderten Drehzahlbereichs liegt.

### Auslegungsbeispiel

HFUC-40-120-2A-GR vorausgewählt aus Auswahl-schema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ auf Seite 20.

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung

Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm<sup>2</sup>

Empfohlene Resonanzfrequenz aus Tabelle 22.1:  $\geq 30$  Hz.

Resonanzfrequenz mit dem vorausgewählten Getriebe HFUC-40-120-2A-GR:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^5}{7}} = 22 \text{ [Hz]}$$

Gemäß steifigkeitsbasierter Auslegung ist diese Baugröße für die Anwendung zu klein.

Mit dem größeren Getriebe HFUC-50-120-2A-GR ergibt sich die Resonanzfrequenz:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^5}{7}} = 30 \text{ [Hz]}$$

Aufgrund der steifigkeitsbasierten Auslegung wird das Getriebe HFUC-50-120-2A-GR empfohlen.

Die Resonanzdrehzahl am Antrieb (Motor) beträgt :

$$n_n = 30 \cdot 30 = 900 \text{ [1/min]}$$

Diese Drehzahl sollte während dem Beschleunigen / Bremsen zügig durchfahren werden oder außerhalb des genutzten Drehzahlbereichs liegen.

## 4.2 Berechnung des Torsionswinkels

Der Torsionswinkel des Getriebes unter Last kann wie folgt berechnet werden:

Gleichung 24.1

$$T \leq T_1$$
$$\varphi = \frac{T}{K_1}$$

Gleichung 24.2

$$T_1 < T \leq T_2$$
$$\varphi = \frac{T_1}{K_1} + \frac{T - T_1}{K_2}$$

Gleichung 24.3

$$T > T_2$$
$$\varphi = \frac{T_1}{K_1} + \frac{T_2 - T_1}{K_2} + \frac{T - T_2}{K_3}$$

$\varphi$  = Winkel [rad]  
 $T$  = Drehmoment [Nm]  
 $K$  = Steifigkeit [Nm/rad]

Beispiel: HFUC-32-100-2UH

$$T = 60 \text{ Nm} \quad K_1 = 6,7 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}$$
$$T_1 = 29 \text{ Nm} \quad K_2 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$$
$$T_2 = 108 \text{ Nm} \quad K_3 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$$

$$\varphi = \frac{29 \text{ Nm}}{6,7 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}} + \frac{60 \text{ Nm} - 29 \text{ Nm}}{1,1 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}}$$

$$\varphi = 7,15 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\varphi = 2,5 \text{ arc min}$$

Gleichung 24.4

$$\varphi \text{ [arc min]} = \varphi \text{ [rad]} \cdot \frac{180 \cdot 60}{\pi}$$

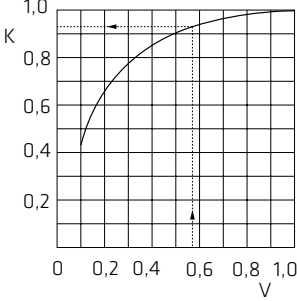


### 4.3 Lastabhängiger Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad von Harmonic Drive® Getrieben hängt in starkem Maße vom Drehmoment ab. Die Wirkungsgrad-Diagramme basieren auf einer Belastung mit Nenndrehmoment. Der Wirkungsgrad bei einer Belastung unterhalb des Nenndrehmomentes kann mit den nachstehenden Berechnungsschemen bestimmt werden.

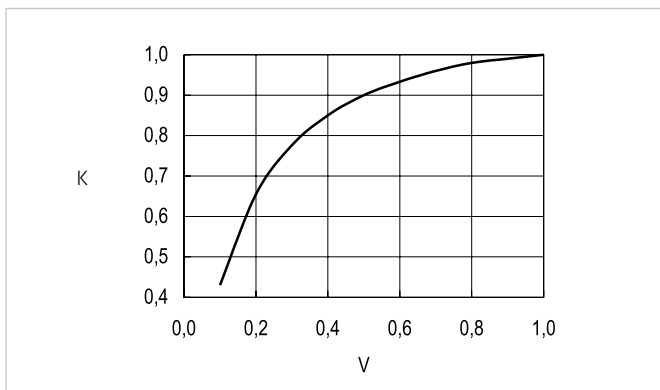
#### 4.3.1 Wirkungsgradberechnung

Tabelle 25.1

Berechnungsschema	Beispiel
	Wirkungsgrad eines HFUC-20-80-2A-GR mit einer Antriebsdrehzahl $n=1000 \text{ min}^{-1}$ Abtriebsdrehmoment $T=19,6 \text{ Nm}$ bei $20^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur. Schmiermittel: Fett
Der Wirkungsgrad wird mittels der Wirkungsgrad-Diagramme ermittelt.	Aus zugehörigem Diagramm $\eta = 78 \%$
Berechnung des Drehmomentfaktors V.  $V = \frac{T_{av}}{T_N} \quad \text{[Gleichung 25.2]}$ mit: $T_{av}$ = Durchschnittliches Drehmoment  $T_N$ = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl	$T_{av} = 19,6 \text{ Nm}$ $T_N = 34,0 \text{ Nm}$  $V = \frac{19,6 \text{ Nm}}{34,0 \text{ Nm}} = 0,57$
Berechnungsfaktor K in Abhängigkeit von Getriebebaureihe und V, siehe Abb. 25.4.	
Wirkungsgrad $\eta_L = \eta \cdot K \quad \text{[Gleichung 25.3]}$	$\eta_L = 78 \cdot 0,93 = 73 \%$

### Berechnungsfaktor K

Abbildung 25.4

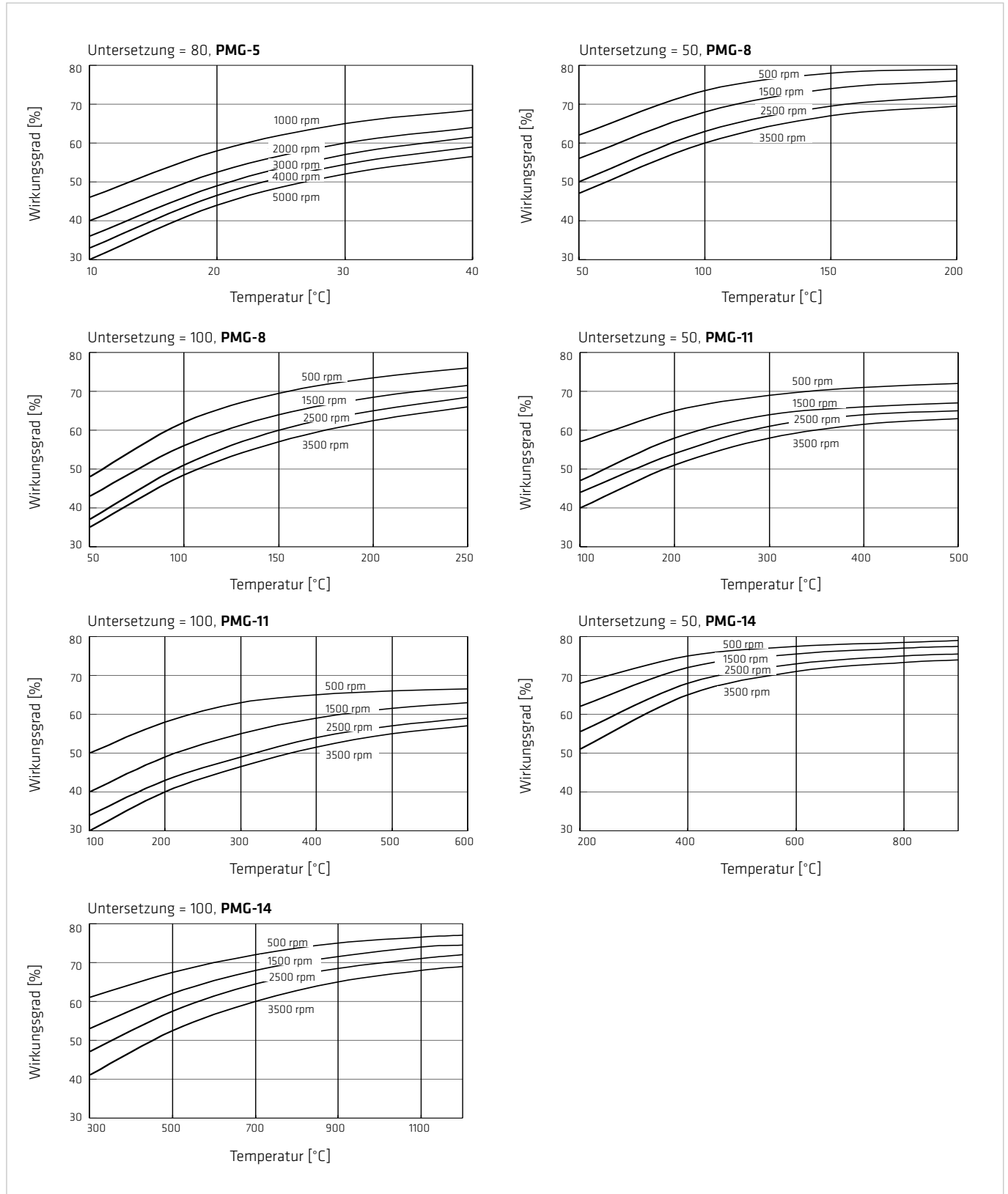


### 4.3.2 Wirkungsgradtabellen

Der Wirkungsgrad von Harmonic Drive® Getrieben hängt in starkem Maße vom Drehmoment ab. Die Wirkungsgrad-Diagramme basieren auf einer Belastung mit Nenndrehmoment. Der Wirkungsgrad bei einer Belastung unterhalb des Nenndrehmomentes kann mit dem Berechnungsschema auf den Seiten 27 bestimmt werden.

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett.

Abbildung 26.1



## 4.4 Lastfreie Drehmomente

### Lastfreies Anlaufdrehmoment

Das lastfreie Anlaufdrehmoment ist quasi ein statisches Drehmoment, das benötigt wird, um das Antriebselement (schnelle Seite) ohne Belastung am Abtriebselement (langsame Seite) in Bewegung zu bringen.

### Lastfreies Rückdrehmoment

Das Rückdrehmoment wird benötigt, um das Abtriebselement (langsame Seite) bei unbelastetem Antriebselement (schnelle Seite) in Bewegung zu bringen. Die zugehörige Tabelle zeigt den experimentell ermittelten, ungefähren Bereich des lastfreien Rückdrehmoments. Die angegebenen Werte dürfen keinesfalls als Drehmomente für Bremsbetrieb angesehen werden. In Systemen, in denen das Rückwärtsdrehen nicht zulässig ist, muss eine zusätzliche Bremse angebracht werden.

### 4.4.1 Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 27.1

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße			
	5	8	11	14
50	0,4	0,8	1,6	2,3
72, 80, 88	0,3	0,7	1,3	1,9
100, 110	0,3	0,6	1,1	1,6

### 4.4.2 Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 27.2

[Nm]

Untersetzung	Baugröße			
	5	8	11	14
50	0,18	0,5	0,9	1,3
72, 80, 88	0,2	0,6	1,0	1,6
100, 110	0,3	0,7	1,1	1,8

## 4.5 Abtriebslager – Lebensdauer

Die PMG Getriebeboxen sind mit einem hoch belastbaren Abtriebslagerung ausgerüstet (siehe Punkt 3.3.5). Bitte sprechen Sie uns an, um die Lagerlebensdauer zu berechnen.

## 4.6 Schmierung

### Leistungsdaten und Schmierstoffe

Harmonic Drive® Produkte erzielen mit den im Katalog genannten Schmierstoffen im Standard- Umgebungstemperaturbereich (0 °C bis 40 °C) die spezifizierten Leistungsdaten und Eigenschaften. Eine Gewährleistung für die im Katalog genannten Daten kann von der Harmonic Drive AG nur dann übernommen werden, wenn die für das jeweilige Produkt freigegebenen Harmonic Drive® Schmierfette oder die ggf. im jeweiligen Produktkapitel genannten Mineralöle verwendet werden. Andere als die von der Harmonic Drive AG empfohlenen Schmierstoffe und Schmierstoffmengen sollten bei Bedarf mittels Prototypentests qualifiziert werden.

Beim Einsatz von Schmierstoffen, die nicht im Katalog empfohlen oder für die Anwendung schriftlich freigegeben sind, geht der Gewährleistungsanspruch verloren.

### 4.6.1 Fettschmierung

#### Einsatz der Harmonic Drive® Schmierfette

Je nach Produkt, Baugröße und ggf. Untersetzung sollte das passende Harmonic Drive® Fett gewählt werden. Wir empfehlen den Einsatz des Harmonic Drive® Schmierfettes Flexolub®-A1 für alle Units der CP-Baureihen.

#### Achtung!

Das Harmonic Drive® Schmierfett 4BNo.2 wird im Betrieb relativ dünnflüssig. Beim Einsatz dieses Fettes muss die Konstruktion daher öldicht ausgeführt werden. Wegen der besonderen Eigenschaften dieses Fettes kann ein geringer Grundölaustritt an den Radialwellendichtungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Wir empfehlen den Einsatz von FPM (Viton®) Dichtungen.

Tabelle 28.1

Fett	Untersetzung ≥ 50																
	Baugröße																
	5	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90	100	
Flexolub A1		-															Standard für CPU und CobaltLine Units
SK-1A			-														Standard
SK-2				Standard													-
4BNo.2		-															Für hoch beanspruchte Getriebe*

Tabelle 28.2

Fett	Untersetzung = 30							
	Baugröße / Size							
	8	11	14	17	20	25	32	
Flexolub A1		-						Standard für CPU
SK-1A				-				Standard
SK-2			Standard					-
4BNo.2				-				Für hoch beanspruchte Getriebe*

#### Bemerkungen:

- \* = empfohlen bei hoch beanspruchten Getrieben oder Betriebstemperaturen zwischen -10 °C und +110 °C
- = nicht freigegeben

Tabelle 29.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Schmierfetten.

Tabelle 29.1

Typ	Harmonic Drive Schmierfette			
	Standard		Spezial	
	SK-1A	SK-2	Flexolub A1	4BNo.2
Betriebstemperaturbereich	0 °C ... +80 °C	0 °C ... +80 °C	-40 °C ... +120 °C	-10 °C ... +110 °C
Grundöl	Mineralöl	Mineralöl	PAO / Esteröl	Synthetisches Öl
Verdicker	Lithium-Seife	Lithium-Seife	Lithium-Seife	Polyharnstoff
Konsistenzklasse (NLGI)	2	2	1	1-2
Grundöl-Viskosität (40 °C; 100 °C)	37; 5,9 mm <sup>2</sup> /St	37; 5,9 mm <sup>2</sup> /St	25; 5,2 mm <sup>2</sup> /St	50; 12 mm <sup>2</sup> /St
Tropfpunkt	197 °C	198 °C	180 °C	247 °C
Farbe	gelb	grün	magenta	hellgelb
Max. Lagerzeit im luftdicht abgeschlossenen Behälter	5 Jahre			
Dichtigkeit (Sicherheit gegen Fett- bzw. Grundölleckage an den Radialwellendichtungen)	+	+	+	+/-

**Bemerkungen:**

+ = Gut

+/- = Je nach Design / Einbaulage / Anwendung eventuell kritisch, bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive AG

Sicherheitsdatenblätter und technische Datenblätter für die Harmonic Drive® Schmierstoffe sind von der Harmonic Drive AG erhältlich.

## Besondere Betriebsbedingungen

Tabelle 30.1 enthält Beispiele für Schmierstoffe bei besonderen Betriebsbedingungen. Im Einzelfall sind eventuell andere Schmierstoffe empfehlenswert. Bei der Auslegung für erweiterte Betriebstemperaturen müssen ggf. geänderte Grenzwerte berücksichtigt werden. Bitte wenden Sie sich an die Harmonic Drive AG.

Tabelle 30.1

Empfohlene Schmierstoffe für besondere Betriebsbedingungen			
Anwendung	Typ	Hersteller, Bezeichnung	Betriebstemperaturbereich <sup>1)</sup>
Breitband Temperaturbereich	Fett	Harmonic Drive, Flexolub-A1	-40 °C ... +120 °C <sup>3)</sup>
Tieftemperatur	Fett Öl	Harmonic Drive, Flexolub-M0	-50 °C ... +120 °C <sup>2)5)</sup>
Hochtemperatur	Fett Öl	Mobil, Mobil Grease 28 Mobil, Mobil SHC 626	-55 °C ... +160 °C <sup>2)</sup> -15 °C ... +140 °C <sup>2)</sup>
Lebensmittel-/Pharmaindustrie	Fett	Bechem, Berulub FG-H 2 SL	-40 °C ... +120 °C <sup>2)4)</sup>

### Bemerkungen:

- <sup>1)</sup> Betriebstemperatur = Schmierstofftemperatur
- <sup>2)</sup> Anwendungstests empfohlen
- <sup>3)</sup> Einsetzbarkeit bestätigt für alle Harmonic Drive® Katalogprodukte mit Flexspline in Topfform ab Baugröße 14. 1-kg-Gebinde bei HDAG vorrätig.
- <sup>4)</sup> NSF-H1-Zertifizierung. Einsetzbarkeit bestätigt für HFUC-XX, CPU-XX, HFUS-XX, CPL-XX, CHA-XX mit i=100 bei voller Ausnutzung der Katalog-Leistungsdaten.  
i=5 und i>8 anwendbar. Für Lebensmittel-Kompatibilität müssen Abtriebs- und Stützlager umgefettet werden, falls vorhanden.
- <sup>5)</sup> Empfohlen bei Anwendungen, die bestmöglichen Wirkungsgrad bei tiefen Temperaturen erfordern. Für hohe Abtriebsdrehmomente nicht geeignet.

## 4.6.2 Ölschmierung

Harmonic Drive® Units mit Ölschmierung sind kundenspezifische Sonderanfertigungen. Schmierung und Nachschmierung werden individuell festgelegt.

## 4.7 Axialkräfte am Wave Generator PMG-M

Wird ein Harmonic Drive Getriebe® im Untersetzungsbetrieb (Lasteinleitung über den Wave Generator) eingesetzt, so führt die Verformung des Flexsplines zu einer Axialkraft, die auf den Wave Generator in Richtung des Flexspline-Flansches wirkt, siehe Abb. 31.1. Beim Einsatz eines Harmonic Drive® Einbausatzes im Übersetzungsbetrieb (Rückwärtsbetrieb z. B. beim Bremsen) wirkt die Axialkraft in entgegengesetzter Richtung.

In jedem Fall muss die Axialkraft durch die Lagerung der Antriebswelle (Motorwelle) aufgenommen werden. Der Wave Generator muss deshalb in axialer Richtung auf der Antriebswelle fixiert werden. Bei geschlossenen Harmonic Drive® Units und Getriebeboxen wird die Axialkraft intern abgestützt.

Abbildung 31.1

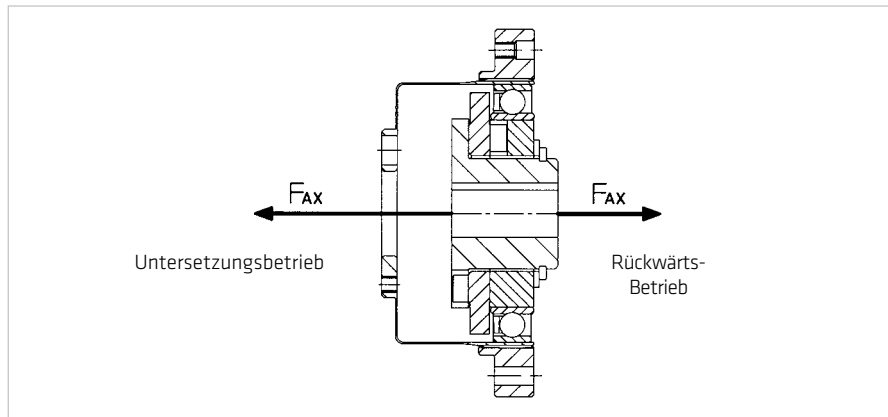


Tabelle 31.2

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32^\circ$	[Gleichung 31.3]
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 31.4]
80...160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 31.5]

mit:

- $F_{AX}$  = Axialkraft [N]
- $D$  = (Baugröße) · 0,00254 [m]
- $T$  = Abtriebsdrehmoment [Nm]
- $\mu$  = 0,07 Reibungskoeffizient
- $2\mu PF$  = Zusatzkraft (nur CSD) [N]

Beispiel

Baugröße 32 (CSD-32-50)  
 Abtriebsdrehmoment = 300 Nm  
 Reibungskoeffizient  $\mu = 0,07$

$$F_{AX} = 2 \cdot \frac{200 \text{ Nm}}{(32 \cdot 0,00254) \text{ m}} \cdot 0,07 \cdot \tan 30^\circ + 16$$

$$F_{AX} = 215 \text{ N}$$

Tabelle 31.6

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
$2\mu PF$ [N] für CSD und SHD	2,1	4,1	5,6	9,8	16	24	39

## 5. Installation und Betrieb

### 5.1 Transport und Lagerung

Der Transport sollte grundsätzlich in der Originalverpackung erfolgen. Wird das Getriebe nach der Auslieferung nicht gleich in Betrieb genommen, so ist es in einem trockenen Raum und in der Originalverpackung zu lagern. Die zulässige Lagertemperatur beträgt -20 °C bis +60 °C.

### 5.2 Anlieferungszustand

Die Getriebe werden grundsätzlich gemäß den Angaben auf der Bestätigungszeichnung ausgeliefert.

#### **Getriebe mit Fettschmierung**

Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert.

#### **Getriebe mit Ölschmierung**

Harmonic Drive® Units mit Ölschmierung sind im allgemeinen kundenspezifische Sonderanfertigungen. Bitte befolgen Sie die Hinweise auf der Bestätigungszeichnung. Die Öltemperatur sollte während des Betriebes 90°C nicht überschreiten. Die Units werden standardmäßig ohne Ölfüllung geliefert. Das Öl muss vom Kunden eingefüllt werden.

#### **Ölmenge**

Ausschlaggebend für die einzufüllende Ölmenge ist die Angabe auf der Bestätigungszeichnung. Die auf der Bestätigungszeichnung definierte Ölmenge ist genau einzuhalten. Eine zu große Ölmenge führt zu übermäßiger Erwärmung und frühzeitigem Verschleiß durch thermische Zerstörung des Öls. Eine zu geringe Ölmenge führt zu frühzeitigem Verschleiß infolge Mangelschmierung.

### 5.3 Montagehinweise

#### **HINWEIS**

**Bei der Montage der Unit dürfen die vorhandenen Schrauben weder gelöst noch entfernt werden.**



## 5.4 Montagetoleranzen PMG-M

Die hervorragenden Produkteigenschaften der PMG Getriebe sind nur dann voll nutzbar, wenn eingangsseitig die Toleranzen lt. Abb. 33.1 und Tabelle 33.2 eingehalten werden.

Abbildung 33.1

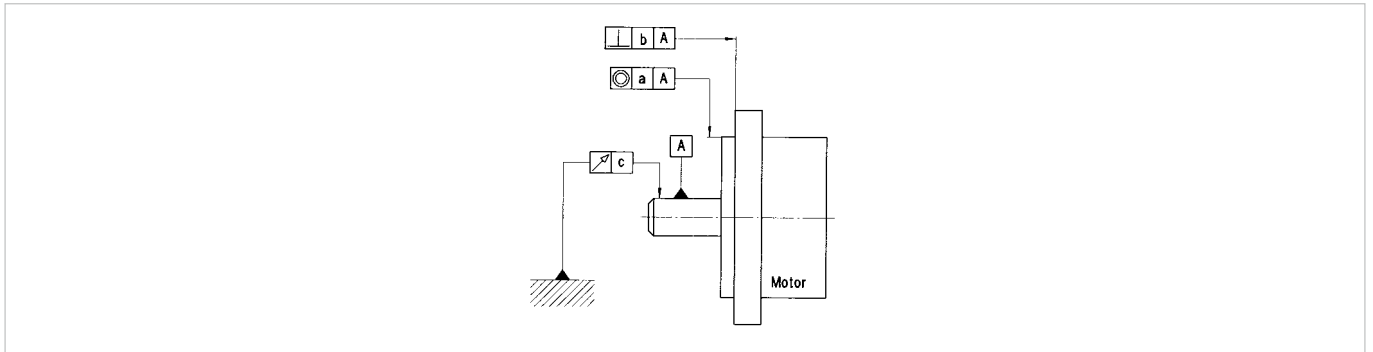


Tabelle 33.2

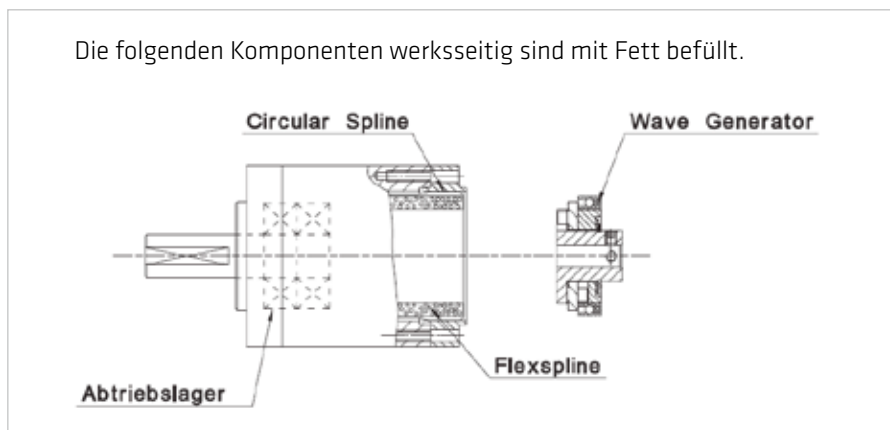
[mm]

Baugröße	5	8	11	14
a	0,015	0,025	0,030	0,030
b	0,015	0,025	0,030	0,030
c	0,010	0,015	0,015	0,015

## 5.5 Schmierung

Die Getriebeboxen PMG-M werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert. Abb. 33.3 zeigt die bei Anlieferung von Standardgetrieben fertig geschmierten Bereiche. Wenn nichts anderes vereinbart wurde, sind die Getriebeboxen der Baugrößen 5 bis 14 mit dem Fett SK-2 gefettet. Beim Einsatz eines anderen Fettes ist der Fett-Typ auf der Kundenzeichnung vermerkt.

Abbildung 33.3



## 5.6 Vorbereitung

### Vorbereitung zur Montage des Getriebes

Die Getriebemontage muss mit großer Sorgfalt und in sauberer Umgebung erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass während der Montage keinerlei Fremdkörper in das Getriebe gelangen.

### Allgemeine Hinweise

Um einen ausreichenden Reibungskoeffizienten zwischen den Oberflächen herzustellen, müssen die zu verschraubenden Flächen vor der Montage gereinigt, entfettet und getrocknet werden. Alle für die Übertragung des Abtriebsmomentes eingesetzten Schrauben müssen der Festigkeitsklasse 12.9 genügen und mit einem Drehmomentschlüssel angezogen werden. Sicherungselemente wie Unterlegscheiben oder Zahnscheiben dürfen nicht eingesetzt werden.

### Montage-Hilfsstoffe

Wir empfehlen den Einsatz folgender Montage-Hilfsstoffe oder gleichwertiger Produkte. Bitte beachten Sie die Anwendungshinweise des Herstellers. Montage-Hilfsstoffe dürfen nicht in das Getriebe gelangen.

### Flächendichtung

- Loctite 5203
- Loxeal 28-10

Empfohlen für alle Flanschflächen, falls keine O-Ring-Dichtung vorgesehen ist.

### Schraubensicherung

- Loctite 243

Schwer lösbar und dichtend. Empfohlen für alle Schraubenverbindungen.

### Montagepaste

- Klüber Q NB 50

Empfohlen für O-Ringe, die während der Montage aus ihrer Nut herauspringen können. Alle anderen O-Ringe sollten vor der Montage leicht mit dem im Getriebe befindlichen Fett eingestrichen werden.

### Klebstoffe

- Loctite 638

Einsetzbar für geklebte, schwer lösbare Wellen-Naben-Verbindungen zwischen Motorwelle und Wave Generator. Bitte nur benutzen, wenn dies in der Bestätigungszeichnung vorgesehen ist.

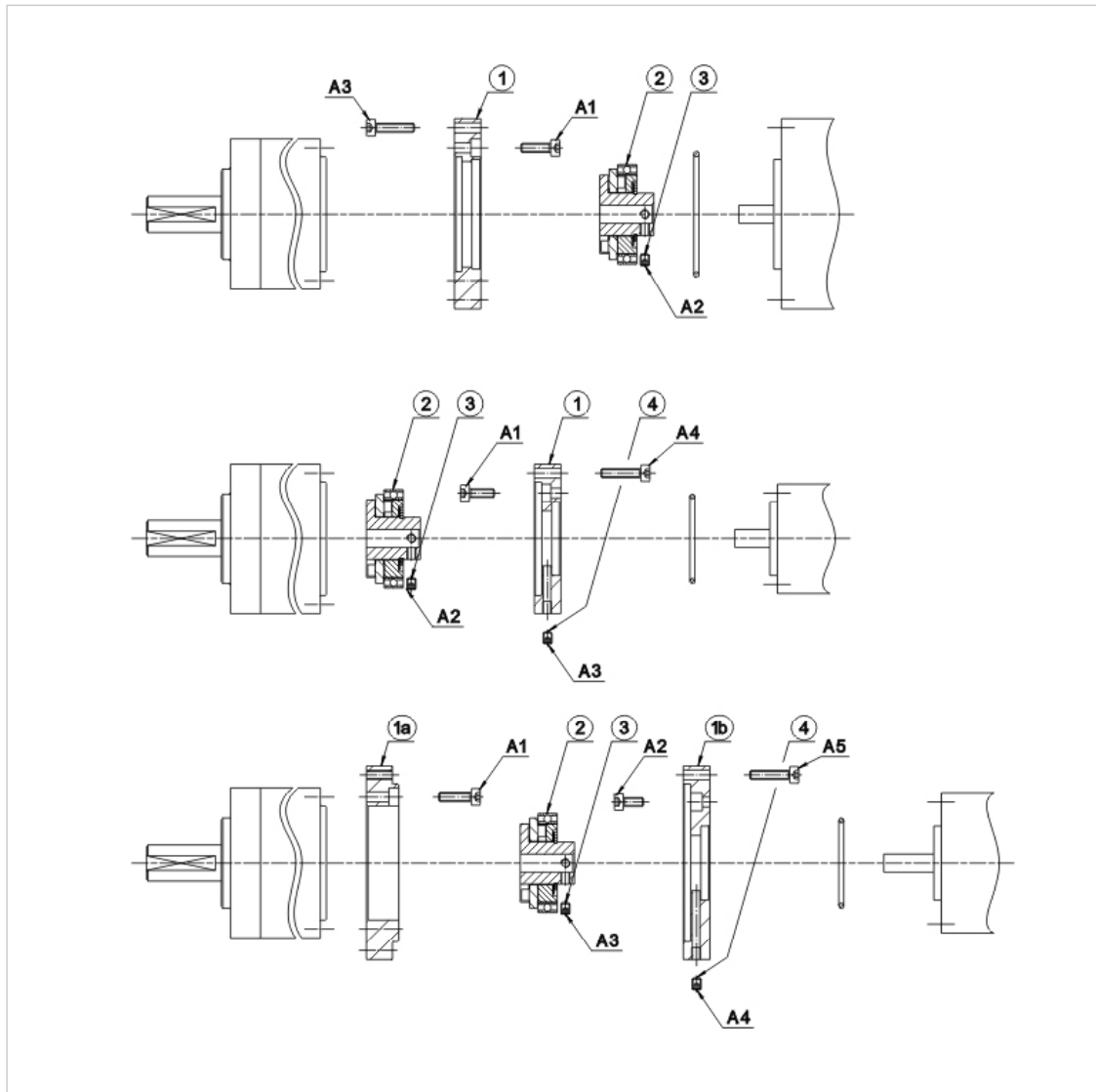
## 5.7 Montage

Vom Getriebehersteller angezogene Schrauben dürfen nicht gelöst werden.

Achtung:

Bei Baugröße 5 wird der Wave Generator (2) im Gegensatz zur Darstellung in Abb. 35.1 um 180 ° gedreht (Madenschrauben links) montiert. Bitte Bestätigungszeichnung beachten.

Abbildung 35.1



## 5.7.1 Motoranbau PMG-M

Die Getriebeboxen PMG-M sind als Motoranbaugesetze konzipiert. Dies bedeutet, dass der Wave Generator direkt auf der Motorwelle befestigt wird. Bitte geben Sie bei der Bestellung den zu adaptierenden Motortyp an, damit der Wave Generator passend zu Ihrem Motor gefertigt werden kann. Auf Wunsch werden die Units auch inklusive des zum Motor passenden Zwischenflansches oder mit fertig montiertem Motor geliefert. Neben der richtigen Dimensionierung des Motors muss besonders auf die Form- und Lagetoleranzen der Motor-Abtriebsseite und der Motorwelle geachtet werden. Die Wellen- und Flanschtoleranzen der eingesetzten Motoren sollten der DIN 42955 entsprechen. Zur optimalen Nutzung der hervorragenden Produkteigenschaften der Units empfehlen wir die Toleranz DIN 42955R einzuhalten.

## 5.7.2 Herstellung des Adapterflansches

Wir empfehlen bei der Produktion des Adapterflansches die Einhaltung der Abmessungen und Toleranzen gemäß Abb. 36.1 und Tabelle 36.2. Zur Erzielung der angegebenen Werte für Koaxialität und Planlauf sollten die motor- und getriebeseitigen Zentrierflächen, siehe Abb. 36.1, Flächen B und C, unbedingt in einer einzigen Aufspannung gedreht werden. Alle Bohrungen und Gewindebohrungen müssen mit Fasen versehen sein.

Abbildung 36.1

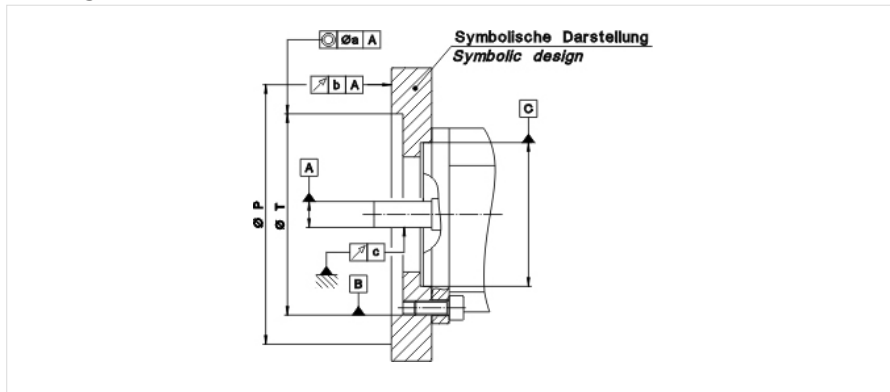


Tabelle 36.2

[mm]

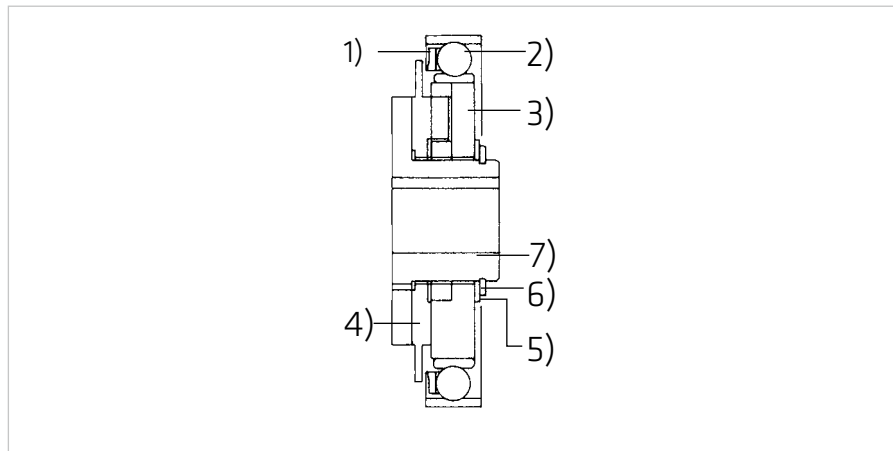
Baugröße	5	8	11	14
Koaxialität $\varnothing a$	0,005	0,015 (0,006)	0,015 (0,007)	0,030 (0,016)
Planlauf b	0,008	0,010	0,011	0,011
Rundlauf c	0,010	0,015	0,015	0,015
$\varnothing P$	16,4	29,5	35	44

() Die in Klammern angegebenen Werte sind empfohlene Toleranzen für Getriebe mit Solid Wave Generator.

### 5.7.3 Montage Wave Generator Komponenten PMG-M

Abb. 37.1 zeigt einen Standard Wave Generator mit Oldham Kupplung.

Abbildung 37.1



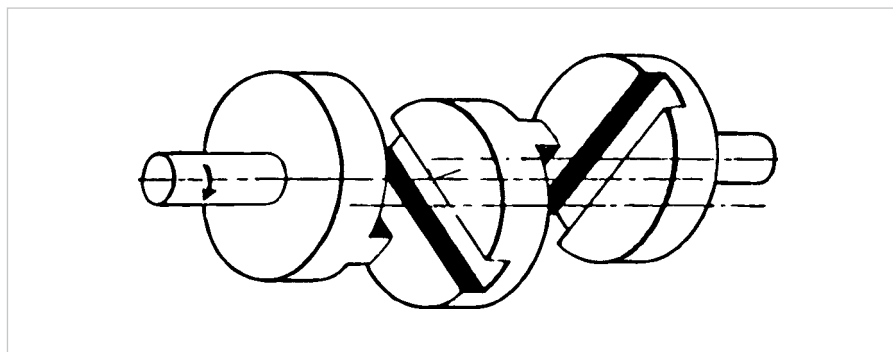
- 1) Lagerkäfig
- 2) Wave Generator Lager
- 3) Wave Generator Plug
- 4) Insert
- 5) Distanzscheibe
- 6) Sicherungsring
- 7) Wave Generator Hub

### Modifikationen des Wave Generators

PMG-M Units haben zur Kompensation von Rundlauf Fehlern der Motorwelle standardmäßig eine Oldham Kupplung, siehe Abb. 37.2.

### Prinzip der Oldham Kupplung

Abbildung 37.2



## 5.7.4 Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle

Abb. 35.1 zeigt beispielhaft einige Möglichkeiten zur Montage der Getriebeboxen an den Motor. Wenn das Design der Komponenten von Abb. 37.1 abweicht, sind die hier dargestellten Informationen sinngemäß anzuwenden.

### **Entfernen des Schutzdeckels**

Falls vorhanden, Schutzdeckel von der Getriebebox entfernen.

### **Montage des Adapterflansches**

Adapterflansch(e) (1) gemäß Abb. 35.1 montieren. Kapitel 4 beachten.

### **Überprüfung der Fettmenge**

Bitte beachten Sie hierzu die Angaben unter Punkt 5.7 und Abb. 35.1.

- Die axiale Position des Wave Generators im Getriebe ist entscheidend für die korrekte Funktion des Getriebes. Bitte überprüfen Sie die korrekte Position des Wave Generators anhand der Bestätigungszeichnung.
- Den gefetteten Wave Generator (2) bis zu dem in der Bestätigungszeichnung angegebenen Montagemaß auf die Motorwelle schieben. Falls kein Montagemaß angegeben ist, den Wave Generator bis an den Wellenbund auf die Motorwelle schieben.
- Den Wave Generator (2) mit der Madenschraube (3) sichern.
- Den Flansch (1) gegebenenfalls mit der Madenschraube (4) abdichten. Kapitel 4 beachten. Bei Verwendung einer geklebten Welle-Nabe- Verbindung bitte Kapitel 4 beachten.

### **Montage der Baugruppe Motor/ Adapterflansch an die Getriebebox**

Die vormontierten Baugruppen zusammenfügen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Komponenten während des Fügens nicht verkantet sind. Durch paralleles Fügen wird sichergestellt, dass die Verzahnungen von Flexspline und Circular Spline in symmetrischen Eingriff kommen.

Alternativ kann die Montage bei langsam drehender Motorwelle ( $n < 10 \text{ min}^{-1}$ ) erfolgen. Diese Vorgehensweise erleichtert die Montage. Die Montage muss grundsätzlich ohne Gewalteinwirkung erfolgen.

Die Baugruppen kreuzweise in drei Schritten verschrauben.

## 5.7.5 Prüfung von dem Fügen des Wave Generators

- Endkontrolle des Montagemaßes. Bei manchen Spannelementtypen kann es während des Anziehens der Spannelement-Schrauben zu einem axialen Versatz kommen. Ggf. den axialen Versatz „vorhalten“.
- Prüfen, ob alle Getriebekomponenten gemäß Punkt 5.5 geschmiert sind.

## 5.7.6 Fügen des Wave Generators in den Flexspline

Bei Fügen des Wave Generators in den Flexspline ist darauf zu achten, dass die Komponenten nicht verkantet sind. Durch paralleles Fügen wird sichergestellt, dass die Verzahnungen von Flexspline und Circular Spline in symmetrischen Eingriff kommen.

Alternativ kann die Montage des Wave Generators bei langsam drehender Eingangswelle ( $n < 10 \text{ min}^{-1}$ ) erfolgen. Diese Vorgehensweise erleichtert die Montage.

## 5.7.7 Überprüfen der richtigen Montage

In sehr seltenen Fällen kann eine asymmetrische Montage (Dedoidal) vorkommen. Der korrekte Zusammenbau kann wie folgt überprüft werden:

- Prüfen des Laufverhaltens durch Drehen an der Eingangswelle (bei Typen mit Eingangswelle). Alternativ: Drehen am Abtriebsflansch. Sehr deutlich spürbare Drehmomentschwankungen können Ihre Ursache in asymmetrischem Verzahnungseingriff haben.
- Prüfen des Laufverhaltens und der Stromaufnahme bei drehendem Motor. Starke Schwingungen und große Schwankungen der Stromaufnahme, oder erhöhter Leerlaufstrom können Ihre Ursache in asymmetrischem Verzahnungseingriff haben.

Bei falscher Montage (Dedoidal) wird das Getriebe nicht geschädigt, wenn der Fehler bereits durch die o. g. Prüfung erkannt wird. Der Fehler kann durch Demontage und eine erneute Montage behoben werden.

Abbildung 39.1

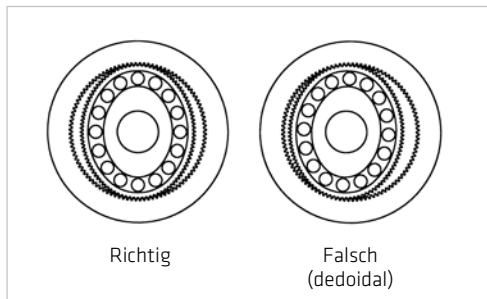
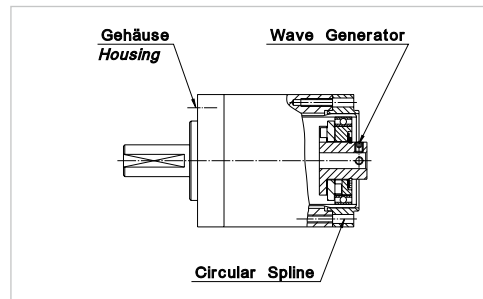


Abbildung 39.2



## 5.7.8 Montage des Motorflansches PMG-M

Tabelle 39.3

[Nm]

Baugröße	5	8	11	14
Größe der Schrauben	M1,4	M2	M2,5	M3
Anzugsmoment der Schraube	0,21	0,65	1,3	2,3

## 5.7.9 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 39.4

Baugröße	5	8	11	14
Größe der Schrauben	M2	M3	M4	M5
Anzugsmoment der Schraube	0,65	2,3	5,3	10,5

## 5.7.10 Montage der Eingangswelle PMG-M

Tabelle 39.5

Baugröße	5	8	11	14
Größe der Gewindestifte	M1,2	M2	M3	M3
Anzugsmoment der Schraube	0,06	0,38	1,34	1,34

Die Tabellen sind gültig für vollständig entfettete Anschlussflächen (Reibungskoeffizient  $\mu_s = 0,15$ ) und metrischem Zylinderschrauben nach EN ISO 4762 in Qualität 12.9, unbehandelt, geölt, mit  $\mu_{ges} = 0,12$ .

## 6. Glossar

### 6.1 Technische Daten

#### Abstand R [mm]

Distanz zwischen Abtriebslager und Angriffspunkt der Last.

#### AC-Spannungskonstante $k_{EM} [V_{eff} / 1000min^{-1}]$

Effektivwert der induzierten Motorklemmenspannung bei einer Drehzahl von  $1000 \text{ min}^{-1}$  und einer Antriebstemperatur von  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### Baugröße

##### 1) Antriebe/Getriebe mit Harmonic Drive® Getriebe oder Harmonic Planetengetriebe

Die Baugröße ist abgeleitet vom Teilkreisdurchmesser der Verzahnung in Zoll multipliziert mit 10.

##### 2) Servomotor CHM

Die Baugröße bei den CHM Servomotoren beschreibt das Stillstands Drehmoment in Ncm.

##### 3) Direktantriebe TorkDrive®

Die Baugröße der Baureihe TorkDrive wird durch den Außendurchmesser des Eisenkerns im Stator beschrieben.

#### Bemessungsdrehmoment $T_N [Nm]$

Abtriebsdrehmoment mit dem der Antrieb oder Motor bei Nennantriebsdrehzahl kontinuierlich belastet werden kann. Dabei muss der Antrieb oder Motor, abhängig von der Baugröße, auf eine definierte Kühlfläche montiert werden.

#### Bemessungsdrehzahl $n_N [min^{-1}]$

Abtriebsdrehzahl, welche bei Belastung des Antriebs oder Motors mit Nenndrehmoment  $T_N$  kontinuierlich auftreten darf. Dabei muss der Antrieb oder Motor, abhängig von der Baugröße, auf eine definierte Kühlfläche montiert werden.

#### Bemessungsleistung $P_N [W]$

Abgegebene Leistung bei Bemessungsdrehzahl und Bemessungsdrehmoment.

#### Bemessungsspannung $U_N [V_{eff}]$

Anschlussspannung bei Betrieb mit Bemessungsdrehmoment und Bemessungsdrehzahl. Angegeben ist der Effektivwert der Leiterspannung.

#### Bemessungsstrom $I_N [A_{eff}]$

Effektivwert des sinusförmigen Stroms bei Belastung des Antriebs mit Bemessungsdrehmoment und Bemessungsdrehzahl.

#### Bremsenspannung $U_{Br} [VDC]$

Anschlussspannung der Haltebremse.

#### Drehmomentkonstante (Abtrieb) $k_{Tout} [Nm/A_{eff}]$

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

#### Drehmomentkonstante (Motor) $k_{TM} [Nm/A_{eff}]$

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom.



### Durchschnittsdrehmoment $T_A$ [Nm]

Wird das Getriebe mit wechselnden Lasten beaufschlagt, so sollte das durchschnittliche Drehmoment berechnet werden. Dieser Wert sollte den angegebenen Grenzwert  $T_A$  nicht überschreiten.

### Dynamische Axiallast $F_{A \text{ dyn (max)}}$ [N]

Bei rotierendem Lager maximal zulässige Axiallast, wobei keine zusätzlichen Kippmomente oder Radialkräfte wirken dürfen.

### Dynamisches Kippmoment $M_{\text{dyn (max)}}$ [Nm]

Bei rotierendem Lager maximal zulässiges Kippmoment, wobei keine Axial- oder Radialkräfte wirken dürfen.

### Dynamische Radiallast $F_{R \text{ dyn (max)}}$ [N]

Bei rotierendem Lager maximal zulässige Radiallast, wobei keine zusätzlichen Kippmomente oder Axialkräfte wirken dürfen.

### Dynamische Tragzahl $C$ [N]

Maß für die Last, die ein Abtriebslager aufnimmt, bevor es bei dynamischer Dauerbelastung unnötig schnell bleibenden Schaden erleidet.

### Elektrische Zeitkonstante $\tau_e$ [s]

Die Zeitkonstante gibt an, in welcher Zeit der Strom 63 % des maximal möglichen Wertes bei konstanter Klemmenspannung erreicht.

### Entmagnetisierungsstrom $I_E$ [ $A_{\text{eff}}$ ]

Beginn der Entmagnetisierung der Rotormagnete.

### Gewicht $m$ [kg]

Das im Katalog angegebene Gewicht ist das Nettogewicht ohne Verpackung und gilt nur für Standardausführungen.

### Haltemoment der Bremse $T_H$ [Nm]

Drehmoment, bezogen auf den Abtrieb, das der Antrieb bei geschlossener Bremse halten kann.

### Haltestrom der Bremse $I_{HBr}$ [ $A_{DC}$ ]

Strom zum Halten der Bremse.

### Hohlwellendurchmesser $d_H$ [mm]

Freier Innendurchmesser der axialen durchgängigen Hohlwelle.

### Induktivität (L-L) $L_{L-L}$ [mH]

Berechnete Anschlussinduktivität ohne Berücksichtigung der magnetischen Sättigung der Motoraktivteile.

### Kippsteifigkeit $K_B$ [Nm/arcmin]

Gibt die Verkipfung des Abtriebslagers bei anliegendem Kippmoment an.

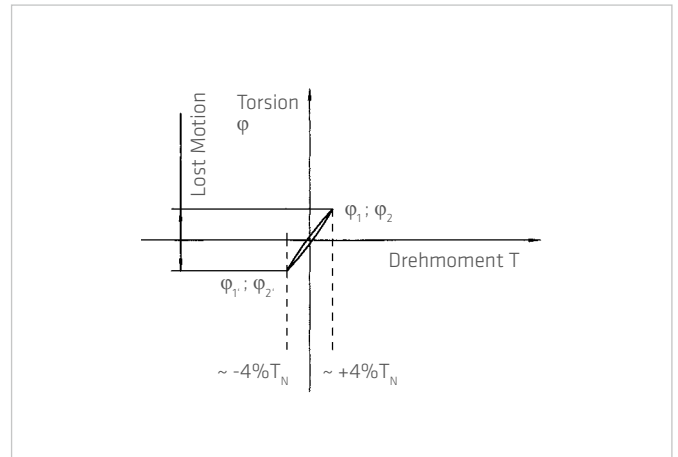
### Kollisionsdrehmoment $T_M$ [Nm]

Im Falle einer Not-Ausschaltung oder einer Kollision kann das Harmonic Drive® Getriebe mit einem kurzzeitigen Kollisionsdrehmoment beaufschlagt werden. Die Anzahl und die Höhe dieses Kollisionsdrehmomentes sollten möglichst gering sein. Unter keinen Umständen sollte das Kollisionsdrehmoment während des normalen Arbeitszyklus erreicht werden.

## Lost Motion (Harmonic Drive® Getriebe) [arcmin]

Harmonic Drive® Getriebe weisen kein Spiel in der Verzahnung auf. Der Begriff Lost Motion wird verwendet, um die Torsionssteifigkeit im Bereich kleiner Drehmomente zu charakterisieren.

Das Bild zeigt den Verdrehwinkel  $\varphi$  in Abhängigkeit des anliegenden Abtriebsdrehmomentes als Hysteresekurve bei fixiertem Wave Generator. Die Lost Motion Messung wird mit einem Abtriebsdrehmoment von ca.  $\pm 4\%$  des Nenndrehmomentes des Getriebes durchgeführt.



## Massenträgheitsmoment J [kgm<sup>2</sup>]

Massenträgheitsmoment des Rotors.

## Massenträgheitsmoment J<sub>in</sub> [kgm<sup>2</sup>]

Das im Katalog angegebene Massenträgheitsmoment des Getriebes bezieht sich auf den Getriebeeingang.

## Massenträgheitsmoment J<sub>out</sub> [kgm<sup>2</sup>]

Massenträgheitsmoment bezogen auf den Abtrieb.

## Maximale Antriebsdrehzahl (Fettschmierung) n<sub>in(max)</sub> [min<sup>-1</sup>]

Maximal zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung.

## Maximale Antriebsdrehzahl (Ölschmierung) n<sub>in(max)</sub> [min<sup>-1</sup>]

Maximal zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung.

## Maximale Drehzahl n<sub>max</sub> [min<sup>-1</sup>]

Die maximal zulässige Abtriebsdrehzahl. Diese darf aus Erwärmungsgründen nur kurzzeitig während des Arbeitszyklus wirken. Die maximale Abtriebsdrehzahl kann beliebig oft auftreten, solange die Bemessungsdrehzahl über den Zyklus im zulässigen Dauerbetrieb der Kennlinie liegt.

## Maximales Drehmoment T<sub>max</sub> [Nm]

Gibt die maximal zulässigen Beschleunigungs- und Bremsdrehmomente an. Für hochdynamische Vorgänge steht das maximale Drehmoment kurzfristig zur Verfügung. Das maximale Drehmoment kann durch den im Regelgerät parametrisierten maximalen Strom begrenzt werden. Das maximale Drehmoment kann beliebig oft aufgebracht werden, solange das durchschnittliche Drehmoment innerhalb des zulässigen Dauerbetriebes liegt.

## Maximaler Hohlwellendurchmesser d<sub>H(max)</sub> [mm]

Bei Getrieben mit Hohlwelle gibt dieser Wert den maximalen Durchmesser der axialen Hohlwelle an.

## Maximale Leistung P<sub>max</sub> [W]

Maximale abgegebene Leistung.

## Maximale stationäre Zwischenkreisspannung U<sub>DC(max)</sub> [VDC]

Gibt die für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Antriebes maximal zulässige stationäre Zwischenkreisspannung an. Während des Bremsbetriebes kann diese kurzfristig überschritten werden.

### Maximalstrom $I_{\max}$ [A]

Der Maximalstrom ist der kurzzeitig zulässige Strom.

### Mechanische Zeitkonstante $\tau_m$ [s]

Die Zeitkonstante gibt an, in welcher Zeit die Drehzahl 63 % des maximal möglichen Wertes bei konstanter Klemmenspannung ohne Last erreicht.

### Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung) $n_{av(max)}$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung.

### Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung) $n_{av(max)}$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung.

### Motor Bemessungsdrehzahl $n_N$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

Drehzahl, welche bei Belastung des Motors mit Nenndrehmoment  $T_N$  kontinuierlich auftreten darf. Dabei muss der Motor, abhängig von der Baugröße, auf eine definierte Kühlfläche montiert werden.

### Motorklemmenspannung (nur Grundwelle) $U_M$ [ $V_{\text{eff}}$ ]

Erforderliche Grundwellenspannung zum Erreichen der angegebenen Performance. Zusätzliche Spannungsverluste können zu Einschränkung der maximal erreichbaren Drehzahl führen.

### Motor maximale Drehzahl $n_{\max}$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

Die maximal zulässige Motordrehzahl.

### Nenndrehmoment $T_N$ [Nm]

Das Nenndrehmoment ist ein Referenzdrehmoment für die Berechnung der Getriebelebensdauer.

Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Getriebe die mittlere Lebensdauer  $L_{50}$ . Das Nenndrehmoment  $T_N$  wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

### Öffnungsstrom der Bremse $I_{\text{OBr}}$ [ $A_{\text{DC}}$ ]

Strom zum Öffnen der Bremse.

### Öffnungszeit der Bremse $t_o$ [ms]

Verzögerungszeit zum Öffnen der Bremse.

### Polpaarzahl $p$ [ ]

Anzahl der Paare von magnetischen Polen innerhalb von rotierenden elektrischen Maschinen.

### Schließzeit der Bremse $t_c$ [ms]

Verzögerungszeit zum Schließen der Bremse.

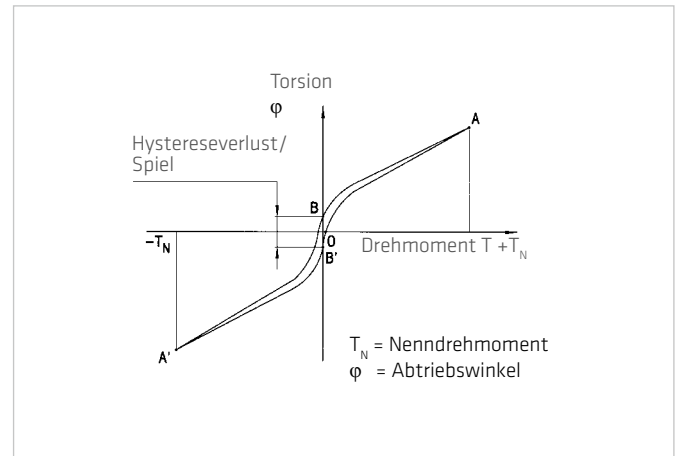
### Schutzart IP

Die Schutzart nach EN 60034-5 gibt die Eignung für verschiedene Umgebungsbedingungen an.

## Spiel (Beschreibung mittels Hysteresekurve) [arcmin]

Harmonic Planetengetriebe zeigen bei Beaufschlagung mit einem Nenndrehmoment die in der Hysteresekurve dargestellte Charakteristik. Zur Ermittlung der Hysteresekurve wird bei blockierter Eingangswelle ein Drehmoment an der Abtriebswelle eingeleitet.

Ausgehend von Punkt 0, werden nacheinander die Punkte A-B-A'-B'-A angefahren (siehe Abbildung). Der Betrag B-B' wird als Spiel (oder Hystereseverlust) bezeichnet.



## Statische Tragzahl $C_0$ [N]

Maß für die Last, die ein Abtriebslager aufnimmt, bevor es bei statischer Belastung unnötig schnell bleibenden Schaden erleidet.

## Statisches Kippmoment $M_0$ [Nm]

Bei stillstehendem Lager maximal zulässiges Kippmoment, wobei keine Axial- oder Radialkräfte wirken dürfen.

## Stillstands Drehmoment $T_0$ [Nm]

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Antrieb.

## Stillstandsstrom $I_0$ [A<sub>eff</sub>]

Effektivwert des Motorstrangstroms zur Erzeugung des Stillstands Drehmomentes.

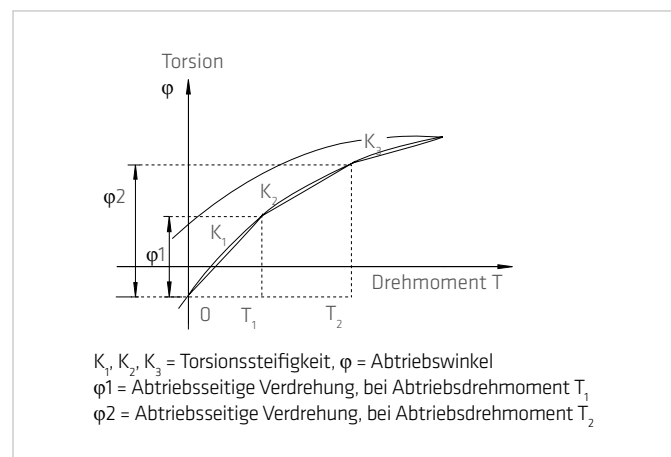
## Teilkreisdurchmesser $d_p$ [mm]

Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers.

## Torsionssteifigkeit (Harmonic Drive® Getriebe) $K_3$ [Nm/rad]

Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Die Torsionssteifigkeit  $K_3$  beschreibt die Steifigkeit oberhalb eines definierten Referenzdrehmomentes. In diesem Bereich ist die Steifigkeit nahezu linear. Werte unterhalb dieses Drehmomentes sind auf Anfrage bzw. unserer Website verfügbar.

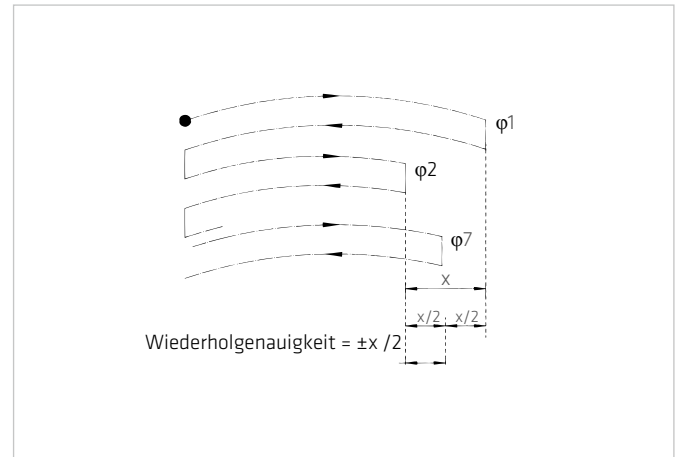
Der angegebene Wert für die Torsionssteifigkeit  $K_3$  ist ein Durchschnittswert, der während zahlreicher Tests ermittelt wurde. Die Grenzdrehmomente  $T_1$  und  $T_2$  sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in den weiterführenden technischen Unterlagen zu finden.





## Wiederholgenauigkeit [arcmin]

Die Wiederholgenauigkeit eines Getriebes beschreibt die Positionsabweichung, die beim wiederholten Anfahren eines Sollwertes aus jeweils der gleichen Drehrichtung auftritt. Die Wiederholgenauigkeit ist definiert als die Hälfte der maximalen Abweichung, versehen mit einem  $\pm$  Zeichen.



## Widerstand (L-L, 20 °C) $R_{LL}$ [ $\Omega$ ]

Wicklungswiderstand gemessen zwischen zwei Leitern bei einer Wicklungstemperatur von 20 °C. Die Wicklung ist in Sternschaltung ausgeführt.

## 6.2 Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen

### CE-Kennzeichnung

Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Hersteller oder EU-Importeur gemäß EU-Verordnung, dass das Produkt den geltenden Anforderungen, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft über ihre Anbringung festgelegt sind, genügt.



### REACH-Verordnung

Die REACH-Verordnung ist eine EU-Chemikalienverordnung. REACH steht für Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, also für die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien.



### RoHS EG-Richtlinie

Die RoHS EG-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten regelt die Verwendung von Gefahrstoffen in Geräten und Bauteilen.



*...just move it!*



Deutschland  
Harmonic Drive AG  
Hoenbergstraße 14  
65555 Limburg/Lahn

T +49 6431 5008-0  
F +49 6431 5008-119

info@harmonicdrive.de  
www.harmonicdrive.de



Technische Änderungen vorbehalten.