

# Projektierungsanleitung Units SHG-2UH/2SO/2SH



Harmonic  
Drive AG



Weitere Informationen zu unseren Units,  
Getriebeboxen und Planetengetriebe  
finden Sie **HIER!**

*Kontaktieren Sie  
uns noch heute!*

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>4</b>
1.1	Erläuterung der verwendeten Symbolik .....	5
1.2	Haftungsausschluss und Copyright .....	5
<b>2.</b>	<b>Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise .....</b>	<b>6</b>
2.1	Gefahren .....	6
2.2	Bestimmungsgemäße Verwendung .....	7
2.3	Nicht bestimmungsgemäße Verwendung .....	7
2.4	Verwendung in besonderen Anwendungsbereichen .....	8
2.5	Konformitätserklärung .....	8
2.5.1	Getriebe .....	8
2.5.2	Servoantriebe und Motoren .....	8
<b>3.</b>	<b>Technische Beschreibung .....</b>	<b>9</b>
3.1	Produktbeschreibung .....	9
3.2	Bestellbezeichnung .....	10
3.3	Technische Daten .....	11
3.3.1	Allgemeine technische Daten .....	11
3.3.2	Abmessungen .....	12
3.3.3	Minimaler Gehäuseabstand SHG-2SO und SHG-2SH .....	21
3.3.4	Genauigkeit .....	21
3.3.5	Torsionssteifigkeit .....	22
3.3.6	Lagerung .....	23
3.3.7	Verwendete Materialien .....	26
<b>4.</b>	<b>Antriebsauslegung .....</b>	<b>27</b>
4.1	Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben .....	29
4.1.1	Drehmomentbasierte Auslegung .....	30
4.1.2	Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers .....	32
4.1.3	Steifigkeitsbasierte Auslegung .....	33
4.2	Berechnung des Torsionswinkels .....	35
4.3	Genauigkeit der Oldham Kupplung SHG-2SO .....	35
4.4	Wirkungsgradberechnung SHG-2UH .....	36
4.4.1	Schema der Wirkungsgradberechnung .....	36
4.4.2	Wirkungsgrad Korrekturfaktor .....	37
4.4.3	Wirkungsgrad Korrekturwert .....	37
4.4.4	Wirkungsgradtabellen .....	37
4.5	Lastfreie Drehmomente SHG-2UH .....	38
4.5.1	Lastfreies Laufdrehmoment .....	39
4.5.2	Lastfreies Anlaufdrehmoment .....	40
4.5.3	Lastfreies Rückdrehmoment .....	40
4.6	Kontinuierlicher Betrieb Hohlwellenunits SHG-2UH .....	41
4.7	Abtriebslager – Lebensdauer .....	42
4.7.1	Abtriebslager bei Schwenkbewegungen .....	44
4.8	Zulässiges statisches Kippmoment .....	45
4.9	Kippwinkel .....	45
4.10	Schmierung .....	46
4.10.1	Fettschmierung .....	46
4.10.2	Ölschmierung .....	48
4.11	Axialkräfte am Wave Generator SHG-2SO und SHG-2SH .....	49

<b>5.</b>	<b>Installation und Betrieb .....</b>	<b>50</b>
5.1	Transport und Lagerung.....	50
5.2	Anlieferungszustand.....	50
5.3	Montagehinweise.....	50
5.4	Montagetoleranzen SHG-2SO und SHG-2SH.....	51
5.5	Schmierung.....	52
5.5.1	Fettschmierung SHG-2UH .....	52
5.5.2	Fettschmierung SHG-2SO und SHG-2SH .....	52
5.5.3	Fettreservoir .....	53
5.5.4	Fettwechsel.....	53
5.5.5	Ölschmierung.....	54
5.6	Vorbereitung.....	54
5.7	Montage SHG-2SO und SHG-2SH Units.....	55
5.7.1	Motoranbau SHG-2SO .....	56
5.7.2	Wave Generator Komponenten SHG-2SO .....	57
5.7.3	Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle .....	57
5.7.4	Prüfung von dem Fügen des Wave Generators .....	58
5.7.5	Fügen des Wave Generators in den Flexspline .....	58
5.7.6	Überprüfen der Montage.....	58
5.7.7	Montage des Abtriebsflansches .....	59
5.7.8	Montage des Gehäuseflansches.....	59
5.7.9	Montage der Eingangswelle SHG-2UH und SHG-2SH .....	59
<b>6.</b>	<b>Außerbetriebnahme und Entsorgung .....</b>	<b>60</b>
<b>7.</b>	<b>Glossar .....</b>	<b>61</b>
7.1	Technische Daten .....	61
7.2	Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen .....	68

# 1. Allgemeines

## **Über diese Dokumentation**

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

Die Dokumentation wendet sich an Planer, Projektoren, Maschinenhersteller und Inbetriebnehmer. Sie unterstützt bei Auswahl und Berechnung der Servoantriebe und Servomotoren 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. Die Harmonic Drive AG stellt für ihre Produkte die gesamte Dokumentation auf ihrer Website im PDF-Format zur Verfügung.

[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.
	Warnung vor elektromagnetischer Umweltverträglichkeit.

## 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 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 des Anschlusses, 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.



**VORSICHT**

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

#### **HINWEIS**

Anschlusskabel dürfen nicht in direkten Kontakt mit heißen Oberflächen kommen.



**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.



**GEFAHR**

Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung von Batterien.

#### **Einhalten der Sicherheitsregeln für Batterien:**

- Nicht verpolen, Polzeichen + und - auf Batterie und Gerät beachten
- Nicht kurzschließen
- Nicht wiederaufladen
- Nicht gewaltsam öffnen oder beschädigen
- Nicht mit Feuer, Wasser oder hohen Temperaturen in Kontakt bringen
- Erschöpfte Batterien gleich entfernen und entsorgen
- Von Kindern fernhalten, bei Verschlucken sofort einen Arzt aufsuchen



**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**

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

**INFO**

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

## 2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Harmonic Drive® Produkte sind für industrielle oder gewerbliche Anwendungen bestimmt.

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.

## 2.4 Verwendung in besonderen Anwendungsbereichen

Die Verwendung der Produkte in nachfolgenden Anwendungsbereichen bedarf einer Risikobewertung und Freigabe durch die Harmonic Drive AG.

- 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
- 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

## 2.5 Konformitätserklärung

### 2.5.1 Getriebe

Im Sinne der Maschinenrichtlinie sind 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 es dem Endanwender, die Übereinstimmung seiner Maschine oder seiner unvollständigen Maschine mit der Maschinenrichtlinie herzustellen. Die Inbetriebnahme ist so lange untersagt, bis die Konformität des Endproduktes mit der EG-Maschinenrichtlinie festgestellt ist.

### 2.5.2 Servoantriebe und Motoren

Für die in der Projektierungsanleitung beschriebenen Harmonic Drive® Servoantriebe und Motoren besteht Konformität mit der Niederspannungsrichtlinie.

Gemäß der Maschinenrichtlinie sind Harmonic Drive® Servoantriebe und Servomotoren elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen nach Niederspannungsrichtlinie und somit vom Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie ausgenommen. Die Inbetriebnahme ist so lange untersagt, bis die Konformität des Endproduktes mit der Maschinenrichtlinie festgestellt ist.

Im Sinne der EMV-Richtlinie gelten Harmonic Drive® Servoantriebe und Motoren als unkritische Betriebsmittel, die weder elektromagnetische Störungen verursachen noch durch diese beeinträchtigt werden.

Die Konformität zu den gültigen EU-Richtlinien von Betriebsmitteln, Anlagen und Maschinen, in welche Harmonic Drive® Servoantriebe und Motoren eingebaut sind, ist durch den Nutzer vor der Inbetriebnahme herzustellen.

Betriebsmittel, Anlagen und Maschinen mit umrichter gespeisten Drehstrommotoren müssen den Schutzanforderungen der EMV-Richtlinie genügen. Die Durchführung der sachgerechten Installation liegt in der Verantwortung des Nutzers.

## 3. Technische Beschreibung

### 3.1 Produktbeschreibung

## Drehmomentgesteigert mit größter Hohlwelle

Die Units der Baureihe SHG-2UH sind erhältlich in zehn Baugrößen mit den Untersetzungen 50, 80, 100, 120 und 160 bei einem wiederholbaren Spitzendrehmoment zwischen 23 und 3419 Nm.

Das integrierte kippsteife Abtriebslager ermöglicht die direkte Anbringung hoher Nutzlasten ohne weitere Abstützung und erlaubt so eine einfache und platzsparende Konstruktion.

Die Unit SHG-2UH ist vollständig gedichtet mit großem Hohlwellendurchmesser zur Durchführung von Versorgungsleitungen, Wellen oder Kabel für weiterführende Antriebssysteme. Die Getriebe decken einen breiten Drehmomentbereich ab und verfügen über eine hohe Lebensdauer – dies bestätigt der seit Jahren erfolgreiche Einsatz.

Die Simplicity Units SHG -2SO und SHG-2SH sind besonders kurz bauend und zeichnen sich durch geringes Gewicht aus. Die Einsparung des An- und Abtriebsflansches ermöglicht maximale Flexibilität bei der konstruktiven Einbindung. Dabei ist die Version 2SO mit Standard Wave Generator und die Version 2SH mit Hohlwelle verfügbar.

## 3.2 Bestellbezeichnung

Tabelle 10.1

Baureihe	Baugröße	Untersetzung <sup>1)</sup>					Version	Sonderausführung
		50	80	100	120	160		
SHG	14	50	80	100			2UH 2SO 2SH	Nach Kundenanforderung
	17	50	80	100	120			
	20	50	80	100	120	160		
	25	50	80	100	120	160		
	32	50	80	100	120	160		
	40	50	80	100	120	160		
	45	50	80	100	120	160		
	50		80	100	120	160		
	58		80	100	120	160		
	65		80	100	120	160		
Bestellbezeichnung								
<b>SHG</b>	-	<b>25</b>	-	<b>100</b>	-	<b>2UH</b>	-	<b>SP</b>

<sup>1)</sup> Die in der Tabelle aufgeführten Übersetzungsverhältnisse gelten für die standardmäßige 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 10.2

Version	
Bestellbezeichnung	Beschreibung
2UH	Unit mit Hohlwelle
2SO	Simplicity Unit für Motoranbau
2SH	Simplicity Unit mit Hohlwelle

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

## 3.3 Technische Daten

### 3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 11.1

	Symbol [Einheit]	SHG-14		
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	23	30	36
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	9,0	14	14
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	7,0	10	10
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	46	61	70
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	14000		
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	8500		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	6500/1100 <sup>1)</sup>		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500/1100 <sup>1)</sup>		
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,091		
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,033		
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,091		
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	0,71		
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	0,41		
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	0,45		

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Tabelle 11.2

	Symbol [Einheit]	SHG-17			
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	120
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	44	56	70	70
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	34	35	51	51
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	21	29	31	31
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	91	113	143	112
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	10000			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	7300			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	6500/1100 <sup>1)</sup>			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500/1100 <sup>1)</sup>			
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,193			
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,079			
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,193			
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	1,0			
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	0,57			
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	0,63			

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

### 3.3.2 Abmessungen

Abbildung 12.1 SHG-14-2UH [mm]

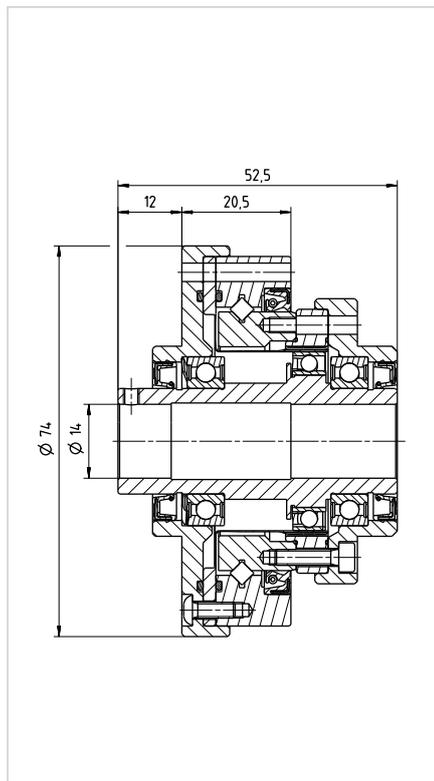


Abbildung 12.2 SHG-14-2SO [mm]

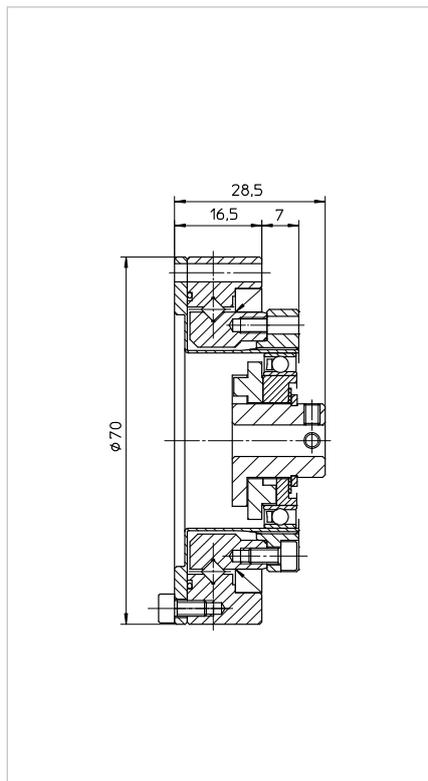


Abbildung 12.3 SHG-14-2SH [mm]

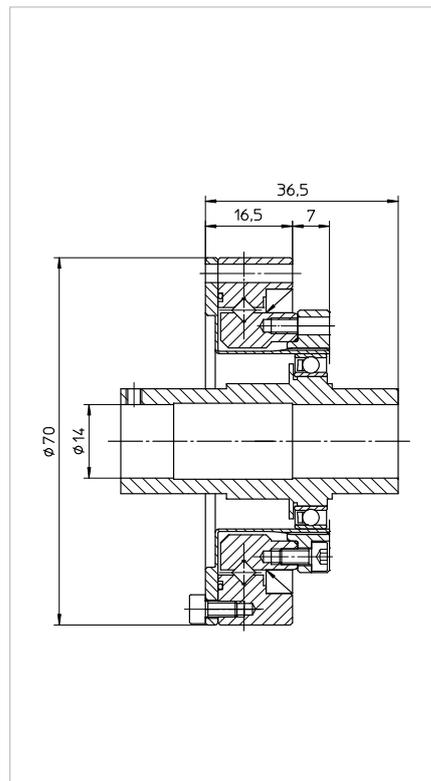


Abbildung 12.4 SHG-17-2UH [mm]

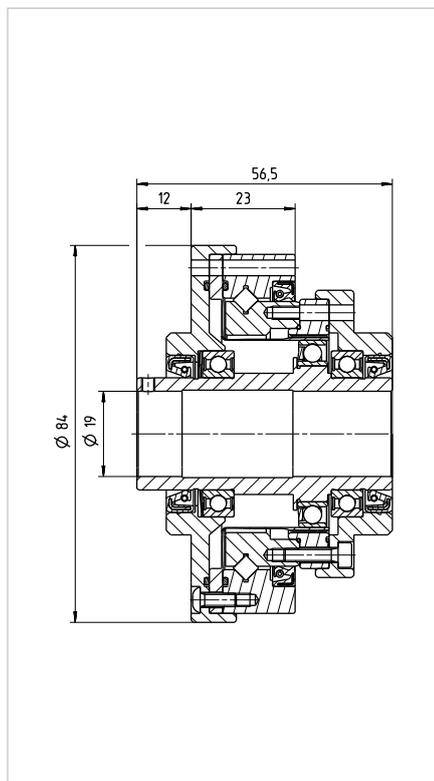


Abbildung 12.5 SHG-17-2SO [mm]

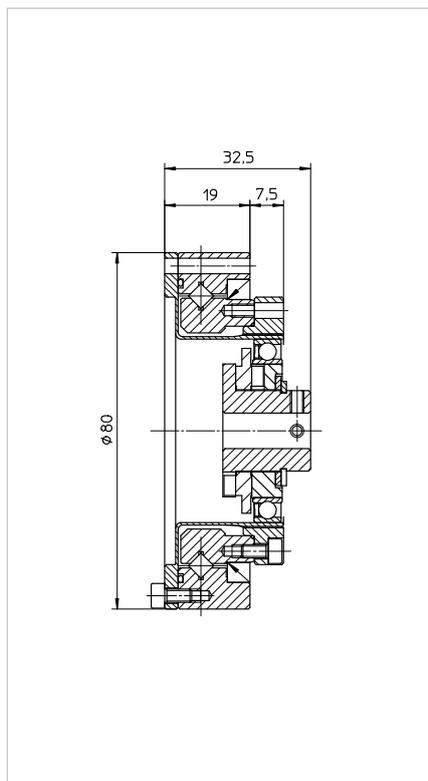


Abbildung 12.6 SHG-17-2SH [mm]

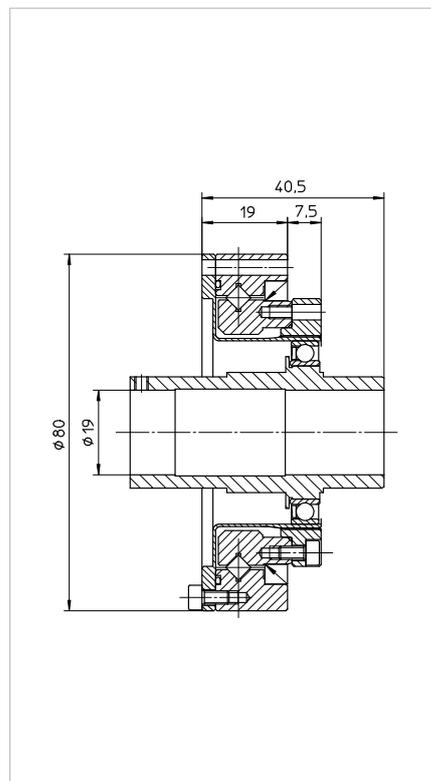


Tabelle 13.1

	Symbol [Einheit]	SHG-20				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	73	96	107	113	120
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	44	61	64	64	64
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	33	44	52	52	52
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	127	165	191	191	191
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	10000				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	6500				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	6500/1100 <sup>1)</sup>				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500/1100 <sup>1)</sup>				
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,404				
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,193				
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,404				
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	1,38				
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	0,81				
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	0,89				

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Tabelle 13.2

	Symbol [Einheit]	SHG-25				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	127	178	204	217	229
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	72	113	140	140	140
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	51	82	87	87	87
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	242	332	369	395	408
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	7500				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	5600				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	5600/1000 <sup>1)</sup>				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500/1000 <sup>1)</sup>				
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	1,07				
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	0,413				
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	1,07				
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	2,1				
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	1,31				
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	1,44				

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Abbildung 14.1 SHG-20-2UH [mm]

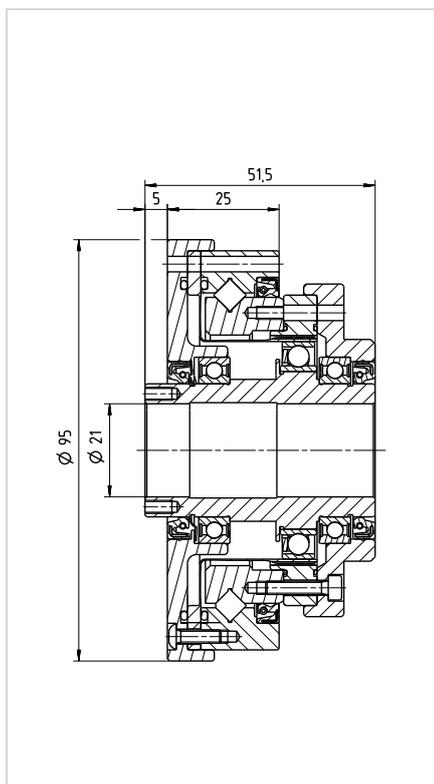


Abbildung 14.2 SHG-20-2SO [mm]

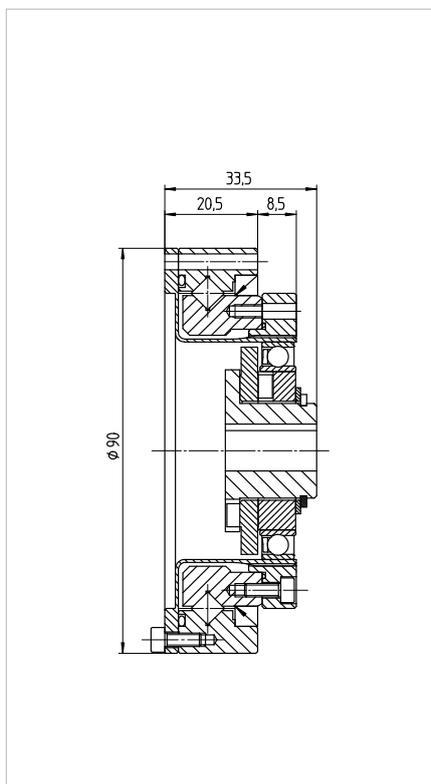


Abbildung 14.3 SHG-20-2SH [mm]

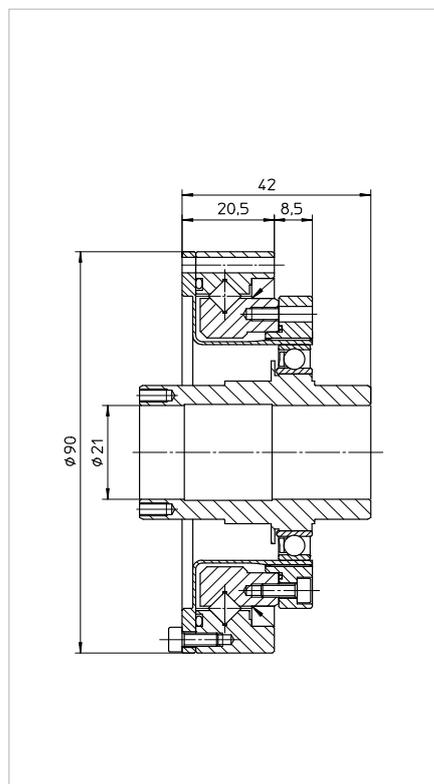


Abbildung 14.4 SHG-25-2UH [mm]

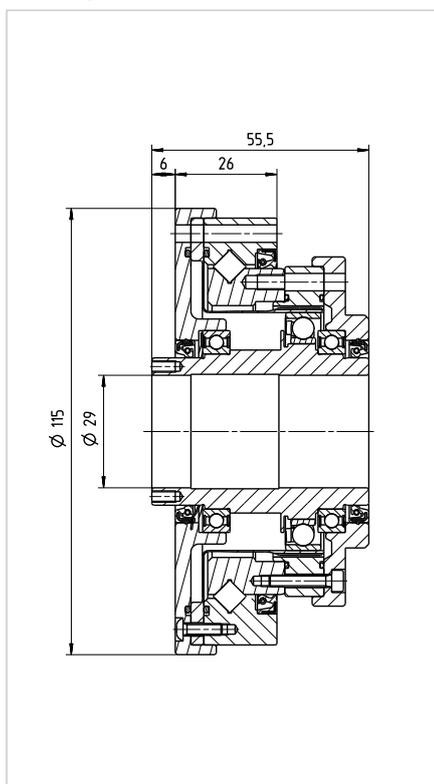


Abbildung 14.5 SHG-25-2SO [mm]

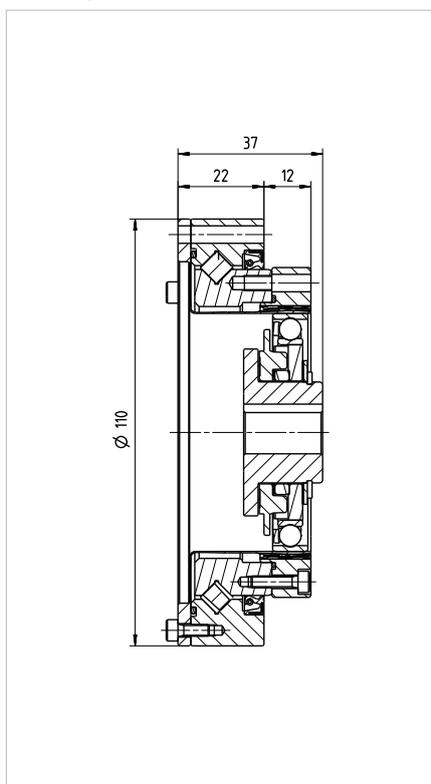


Abbildung 14.6 SHG-25-2SH [mm]

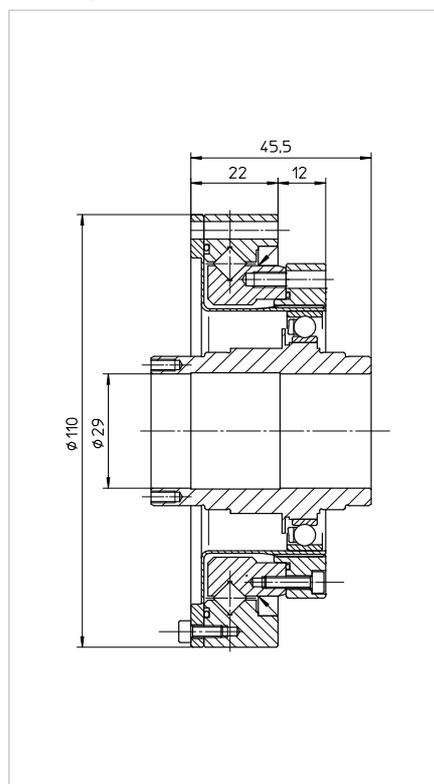


Tabelle 15.1

	Symbol [Einheit]	SHG-32				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	281	395	433	459	484
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	140	217	281	281	281
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	99	153	178	178	178
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	497	738	841	892	892
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	7000				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4800				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4600/1000 <sup>1)</sup>				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500/1000 <sup>1)</sup>				
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	2,85				
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	1,69				
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	2,85				
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	4,2				
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	2,9				
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	3,1				

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Tabelle 15.2

	Symbol [Einheit]	SHG-40				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	120	160
wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	523	675	738	802	841
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	255	369	484	586	586
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	178	268	345	382	382
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	892	1270	1400	1530	1530
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	5600				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4000				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3600/950 <sup>1)</sup>				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3000/950 <sup>1)</sup>				
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	9,28				
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	4,50				
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	9,28				
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	7,7				
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	5,1				
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	5,4				

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Abbildung 16.1 SHG-32-2UH [mm]

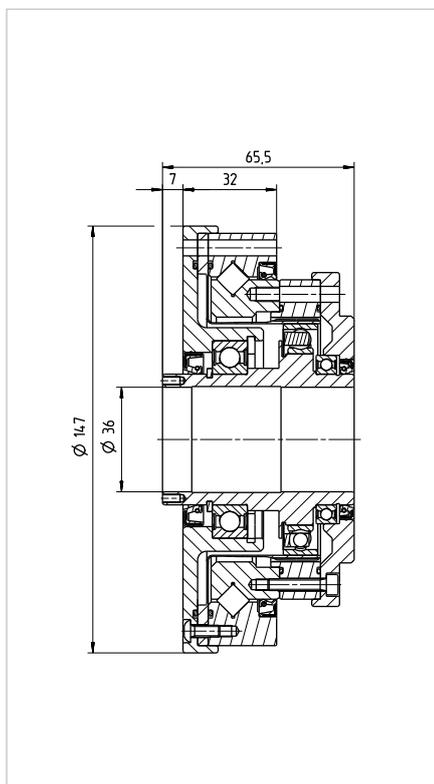


Abbildung 16.2 SHG-32-2SO [mm]

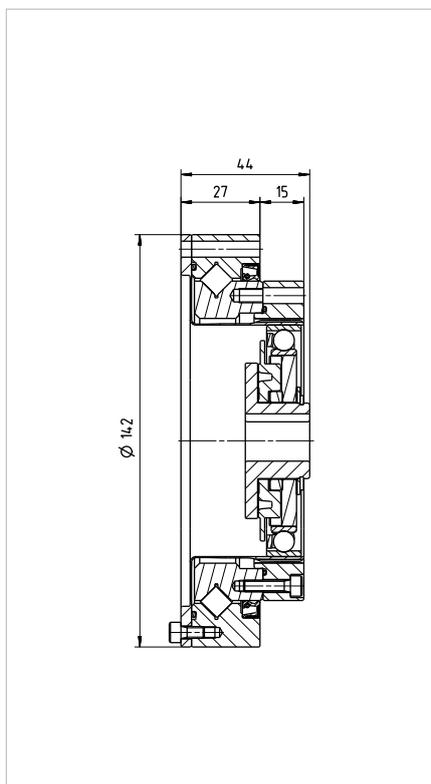


Abbildung 16.3 SHG-32-2SH [mm]

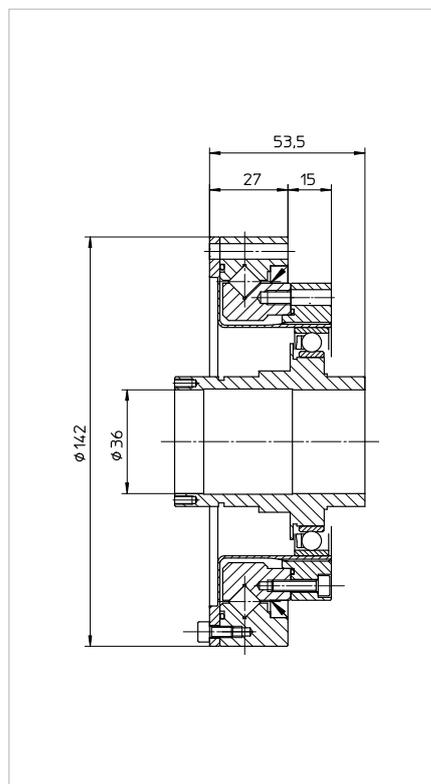


Abbildung 16.4 SHG-40-2UH [mm]

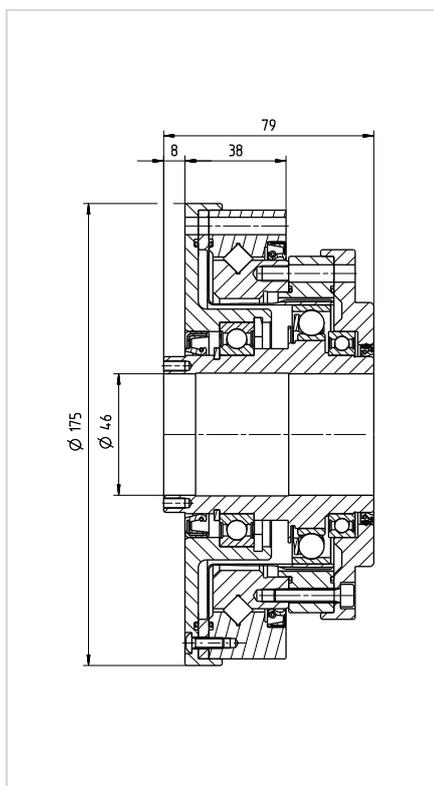


Abbildung 16.5 SHG-40-2SO [mm]

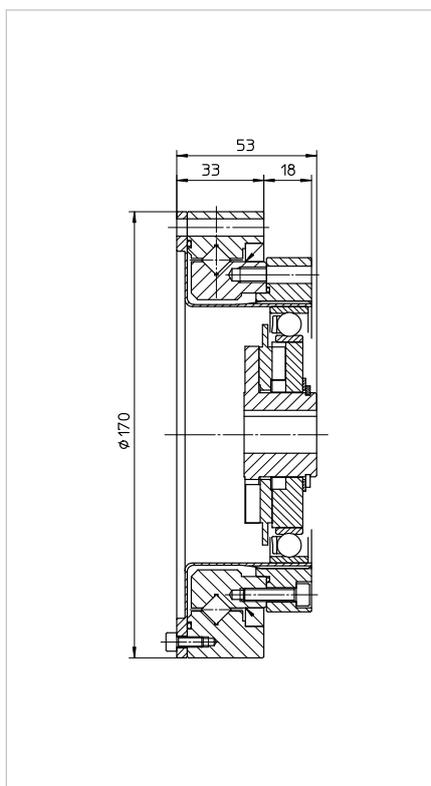


Abbildung 16.6 SHG-40-2SH [mm]

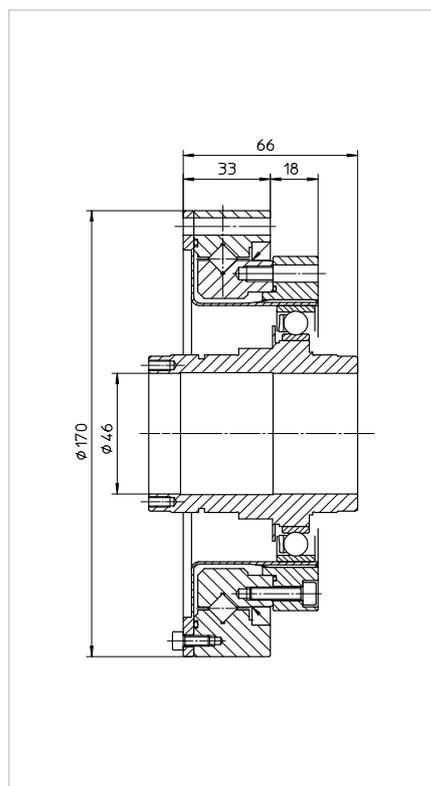


Tabelle 17.1

	Symbol [Einheit]	SHG-45				
Untersetzung	$i$ [ ]	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	650	918	982	1070	1147
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	345	507	650	806	819
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	229	407	452	523	523
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	1235	1651	2041	2288	2483
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	5000				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3800				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3300/900 <sup>1)</sup>				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3000/900 <sup>1)</sup>				
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	13,8				
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	8,68				
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	13,8				
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	10				
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	6,5				
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	6,9				

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Tabelle 17.2

	Symbol [Einheit]	SHG-50			
Untersetzung	$i$ [ ]	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	1223	1274	1404	1534
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	675	866	1057	1096
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	484	611	688	688
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	2418	2678	2678	3185
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4500			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3000/850 <sup>1)</sup>			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	2500/850 <sup>1)</sup>			
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	25,2			
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	12,5			
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	25,2			
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	14,5			
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	9,6			
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	10,2			

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Abbildung 18.1 SHG-45-2UH [mm]

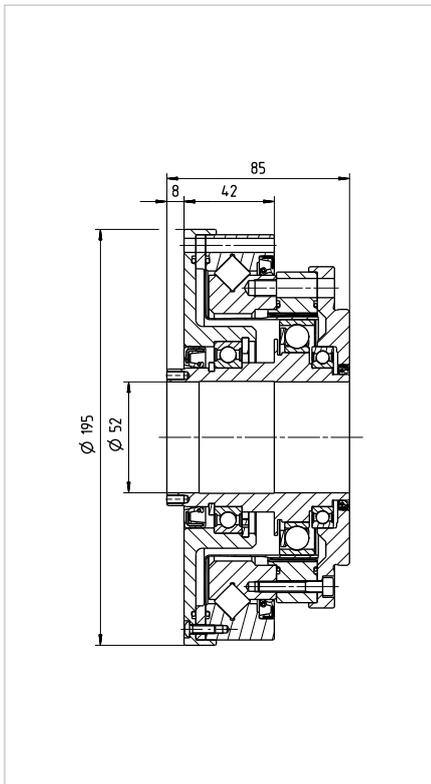


Abbildung 18.2 SHG-45-2SO [mm]

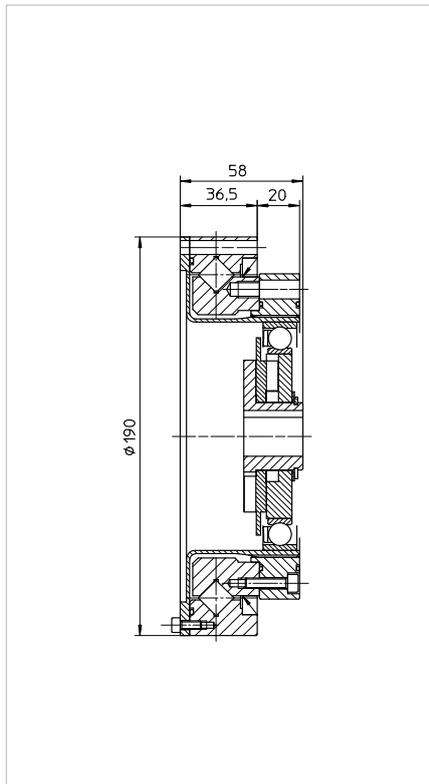


Abbildung 18.3 SHG-45-2SH [mm]

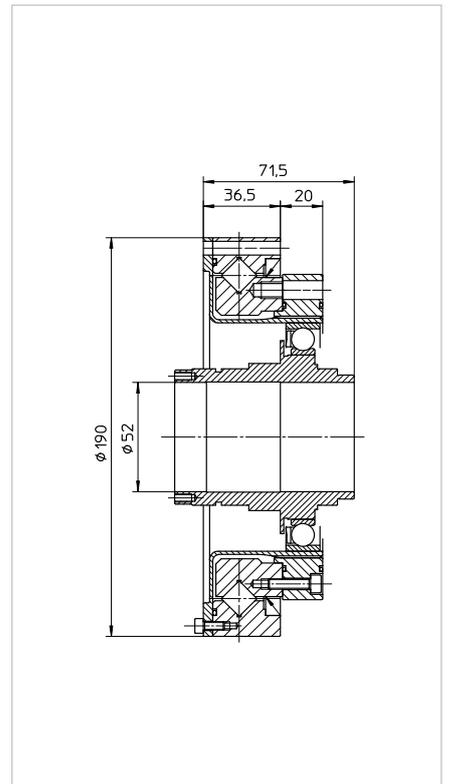


Abbildung 18.4 SHG-50-2UH [mm]

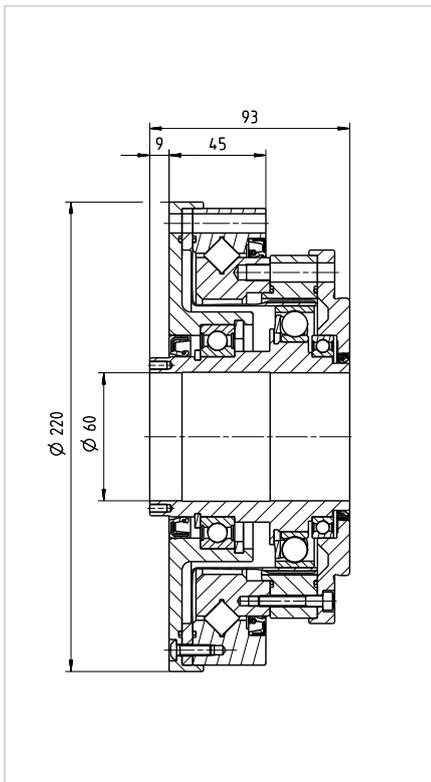


Abbildung 18.5 SHG-50-2SO [mm]

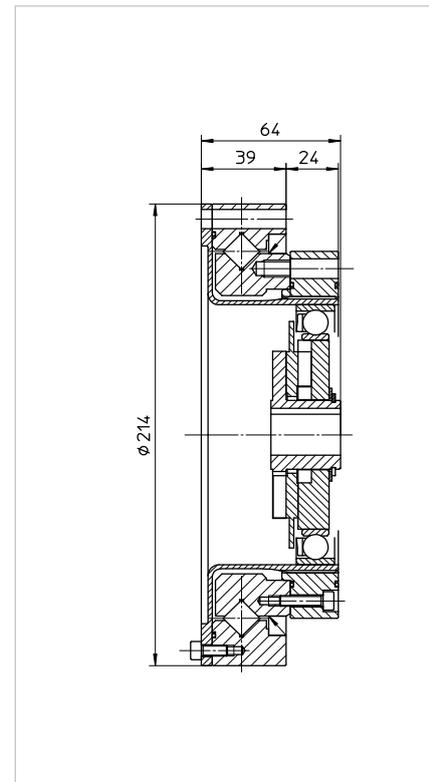


Abbildung 18.6 SHG-50-2SH [mm]

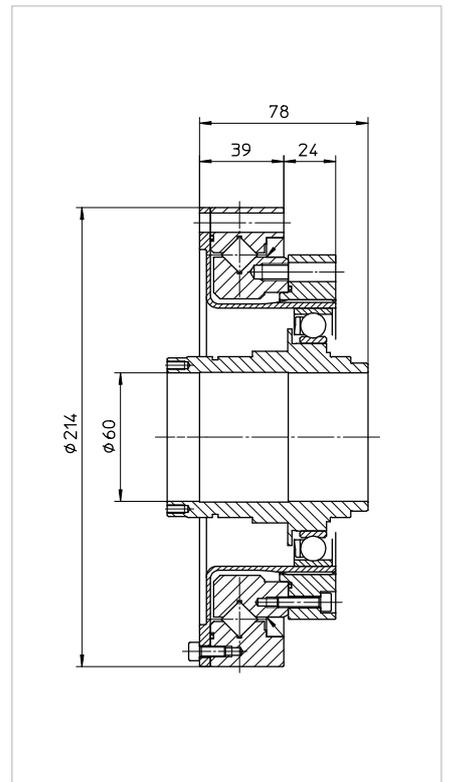


Tabelle 19.1

	<b>Symbol [Einheit]</b>	<b>SHG-58</b>			
Untersetzung	$i$ [ ]	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	1924	2067	2236	2392
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	1001	1378	1547	1573
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	714	905	969	969
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	3185	4134	4329	4459
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4000			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3000			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	2700/800 <sup>1)</sup>			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	2200/800 <sup>1)</sup>			
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	49,5			
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	27,3			
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	49,5			
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	20			
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	13,5			
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	14,1			

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Tabelle 19.2

	<b>Symbol [Einheit]</b>	<b>SHG-65</b>			
Untersetzung	$i$ [ ]	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	2743	2990	3263	3419
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	1352	1976	2041	2041
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	969	1236	1236	1236
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	4836	6175	6175	6175
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3500			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	2800			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	2400/800 <sup>1)</sup>			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	1900/800 <sup>1)</sup>			
Massenträgheitsmoment SHG-2UH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	94,1			
Massenträgheitsmoment SHG-2SO	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	46,8			
Massenträgheitsmoment SHG-2SH	$J_{in}$ [ $\cdot 10^{-4}$ kgm <sup>2</sup> ]	94,1			
Gewicht SHG-2UH	$m$ [kg]	28,5			
Gewicht SHG-2SO	$m$ [kg]	19,5			
Gewicht SHG-2SH	$m$ [kg]	20,9			

<sup>1)</sup> Gültig für SHG-2UH und für SHG-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

Abbildung 20.1 SHG-58-2UH [mm]

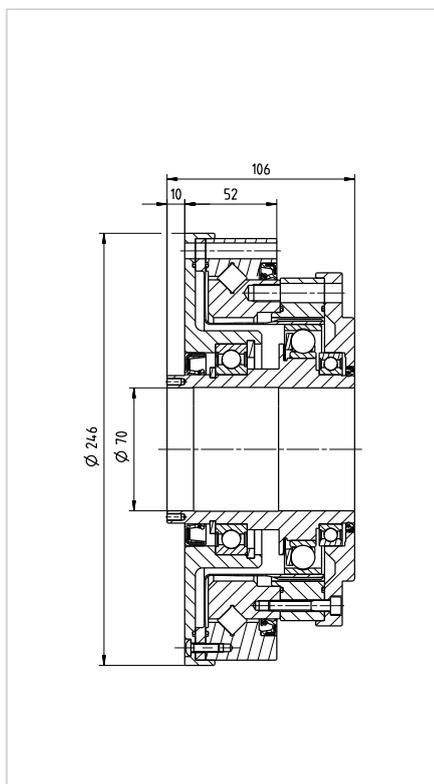


Abbildung 20.2 SHG-58-2SO [mm]

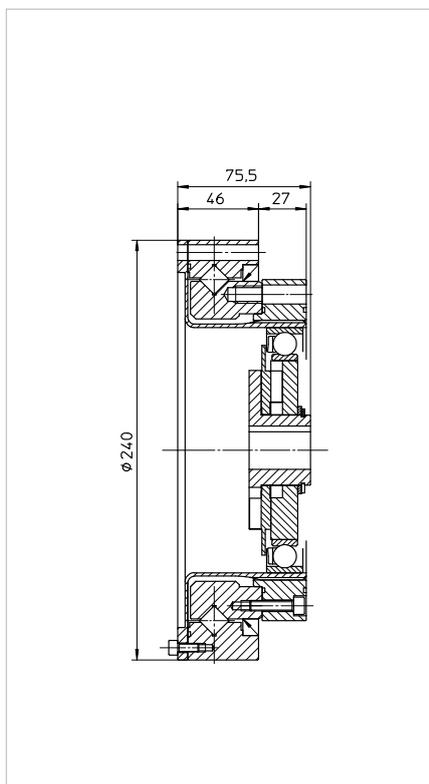


Abbildung 20.3 SHG-58-2SH [mm]

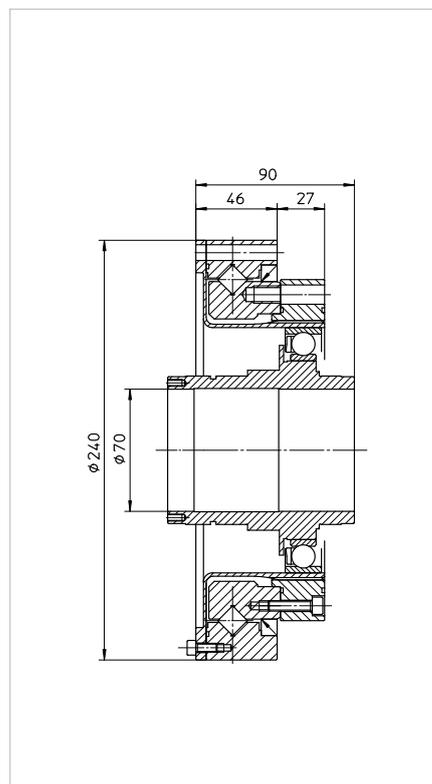


Abbildung 20.4 SHG-65-2UH [mm]

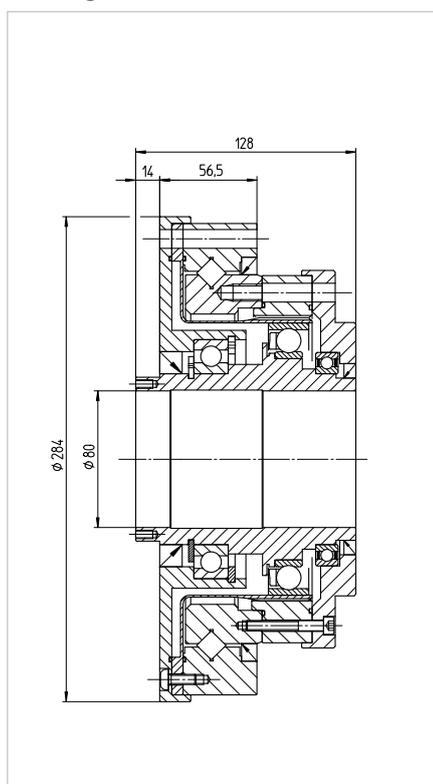


Abbildung 20.5 SHG-65-2SO [mm]

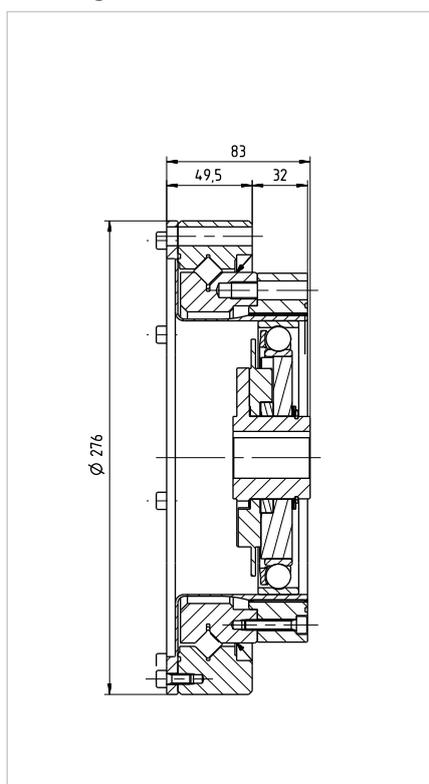
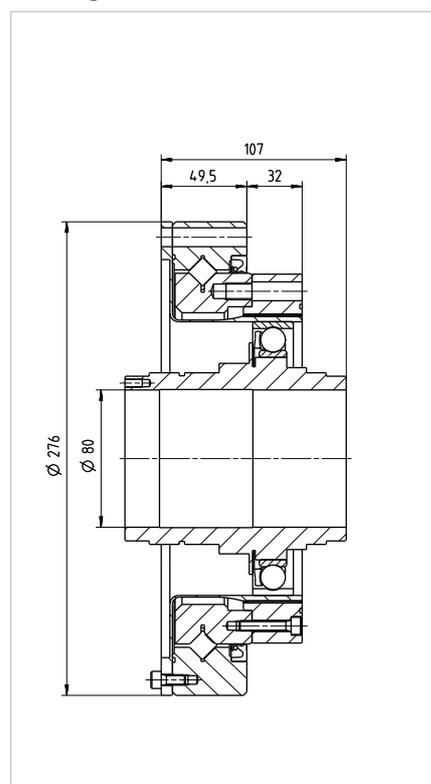


Abbildung 20.6 SHG-65-2SH [mm]

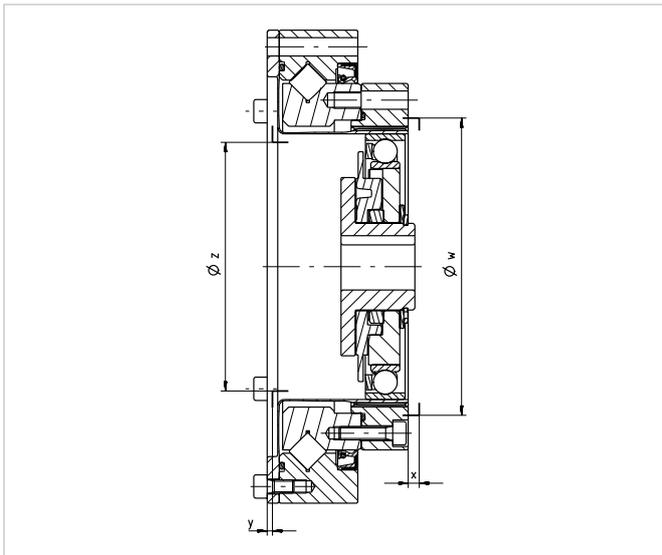


### 3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand SHG-250 und SHG-25H

Tabelle 21.1

	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
$\varnothing w$	mm	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
x	mm	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
y	mm	1,7	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,5	2,9	3,5
$\varnothing z$	mm	31	38	45	56	73	90	101	113	131	150

Abbildung 21.2



### 3.3.4 Genauigkeit

Tabelle 21.3

	Symbol [Einheit]	SHG-14		SHG-17		SHG-20	
Untersetzung	i [ ]	≥ 50	≥ 80	≥ 50	≥ 80	≥ 50	≥ 80
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	< 1,5		< 1,5		< 1	
Wiederholungsgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,1		< ±0,1		< ±0,1	
Hystereseverlust	[arcmin]	< 2	< 1	< 2	< 1	< 2	< 1
Lost Motion	[arcmin]	< 1		< 1		< 1	

Tabelle 21.4

	Symbol [Einheit]	SHG-25		SHG-32		SHG-40	
Untersetzung	i [ ]	≥ 50	≥ 80	≥ 50	≥ 80	≥ 50	≥ 80
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	< 1		< 1		< 1	
Wiederholungsgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,1		< ±0,1		< ±0,1	
Hystereseverlust	[arcmin]	< 2	< 1	< 2	< 1	< 2	< 1
Lost Motion	[arcmin]	< 1		< 1		< 1	

Tabelle 21.5

	Symbol [Einheit]	SHG-45		SHG-50	SHG-58	SHG-65
Untersetzung	i [ ]	≥ 50	≥ 80	≥ 80	≥ 80	≥ 80
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	< 1		< 1	< 1	< 1
Wiederholungsgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,1		< ±0,1	< ±0,1	< ±0,1
Hystereseverlust	[arcmin]	< 2	< 1	< 1	< 1	< 1
Lost Motion	[arcmin]	< 1		< 1	< 1	< 1

### 3.3.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 22.1

	Symbol [Einheit]	SHG-14		SHG-17		SHG-20	
Grenzdrehmomente	$T_1$ [Nm]	2		3,9		7	
	$T_2$ [Nm]	6,9		12		25	
Untersetzung	$i$ [ ]	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>
Torsionssteifigkeit	$K_3$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	5,7	7,1	13	16	23	29
	$K_2$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	4,7	6,1	11	14	18	25
	$K_1$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	3,4	4,7	8,1	10	13	16

Tabelle 22.2

	Symbol [Einheit]	SHG-25		SHG-32		SHG-40	
Grenzdrehmomente	$T_1$ [Nm]	14		29		54	
	$T_2$ [Nm]	48		108		196	
Untersetzung	$i$ [ ]	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>
Torsionssteifigkeit	$K_3$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	44	57	98	120	180	230
	$K_2$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	34	50	78	110	140	200
	$K_1$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	25	31	54	67	100	130

Tabelle 22.3

	Symbol [Einheit]	SHG-45		SHG-50	SHG-58	SHG-65
Grenzdrehmomente	$T_1$ [Nm]	76		108	168	235
	$T_2$ [Nm]	275		382	598	843
Untersetzung	$i$ [ ]	<b>50</b>	<b>≥ 80</b>	<b>≥ 80</b>	<b>≥ 80</b>	<b>≥ 80</b>
Torsionssteifigkeit	$K_3$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	260	330	440	710	980
	$K_2$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	200	290	400	610	880
	$K_1$ [ $\cdot 10^3$ Nm/rad]	150	180	250	400	540

### 3.3.6 Lagerung

#### Abtriebslagerung

Die SHG Units sind mit einem hoch belastbaren Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgerüstet. Dieses speziell an die Abmessungen der SHG Einbausätze angepasste 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 23.1 angegeben.

Tabelle 23.1

	Symbol [Einheit]	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Lagertyp <sup>1)</sup>		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Teilkreis $\varnothing$	$d_p$ [m]	0,050	0,060	0,070	0,085	0,111	0,133	0,154	0,170	0,195	0,218
Abstand <sup>2)</sup>	R [m]	0,022	0,024	0,026	0,030	0,036	0,044	0,048	0,053	0,062	0,072
Dynamische Tragzahl	C [N]	5800	10400	14600	21800	38200	43300	77600	81600	87400	133000
Statische Tragzahl	$C_0$ [N]	8600	16300	22000	35800	65400	81600	135000	149000	171000	223000
Zulässiges dynamisches Kippmoment <sup>3)</sup>	M [Nm]	74	124	187	258	580	849	1127	1487	2180	2740
Zulässiges statisches Kippmoment <sup>4)</sup>	$M_0$ [Nm]	144	328	515	1070	2425	3623	6949	8505	11159	16200
Kippsteifigkeit <sup>5)</sup>	$K_B$ [Nm/arcmin]	25	45	73	114	291	521	748	1021	1545	2155
Zulässige Axiallast <sup>5)</sup>	$F_a$ [N]	3050	5469	7678	11464	20088	22770	40808	42911	45961	68364
Zulässige Radiallast <sup>5)</sup>	$F_r$ [N]	2044	3664	5144	7681	13459	15256	27341	28751	30794	45804

Die Lebensdauer des Getriebes wird i. d. R. von der Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers bestimmt. Je nach Belastung kann jedoch auch das Abtriebslager für die Lebensdauer bestimmend sein.

<sup>1)</sup> F = Vierpunktlager, C = Kreuzrollenlager

<sup>2)</sup> Siehe Abb. 23.1

<sup>3)</sup> Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren nicht auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der max. zulässigen Verkipfung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.

<sup>4)</sup> Die Daten gelten für statisch belastete Getriebe und einen statischen Sicherheitsfaktor  $f_s = 1,8$  für die Baugrößen 14 ... 20 und 1,5 für die Baugrößen 25 ... 58. Für andere  $f_s$  siehe Kapitel 4.7.

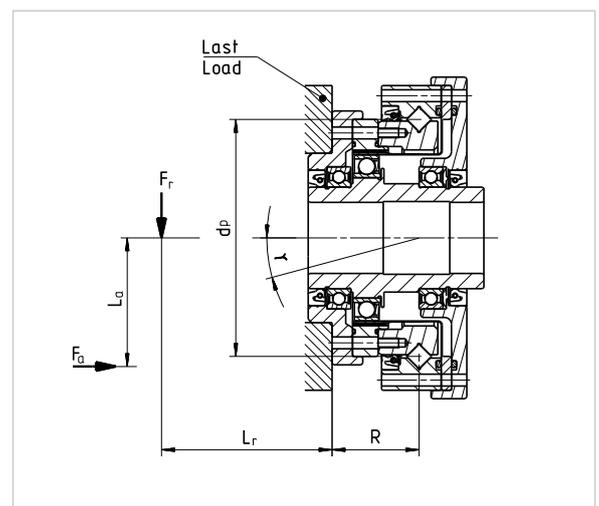
<sup>5)</sup> Diese Daten gelten für  $f_w = 1,3$ ,  $n = 15 \text{ min}^{-1}$  und  $L_{10} = 15000 \text{ h}$

<sup>3) 4) 5)</sup> Die Daten gelten unter folgender Voraussetzung:

Für: M,  $M_0$ :  $F_a = 0$ ,  $F_r = 0$  |  $F_a$ : M = 0,  $F_r = 0$  |  $F_r$ : M = 0,  $F_a = 0$

<sup>6)</sup> Mittelwert

Abbildung 23.2



## Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Bei dieser Unit wird die Last über einen Flansch mit dem Kreuzrollenabtriebslager verbunden. Je nach Befestigungsart kann der mit dem Außenring oder der mit dem Innenring des Abtriebslagers verbundene Flansch als Abtrieb benutzt werden, s. Abb. 24.1 und Abb. 24.2. Die in Tabelle 24.3 angeführten Toleranzen beinhalten die Summe aus Lager- und Flanschtoleranzen.

Abbildung 24.1

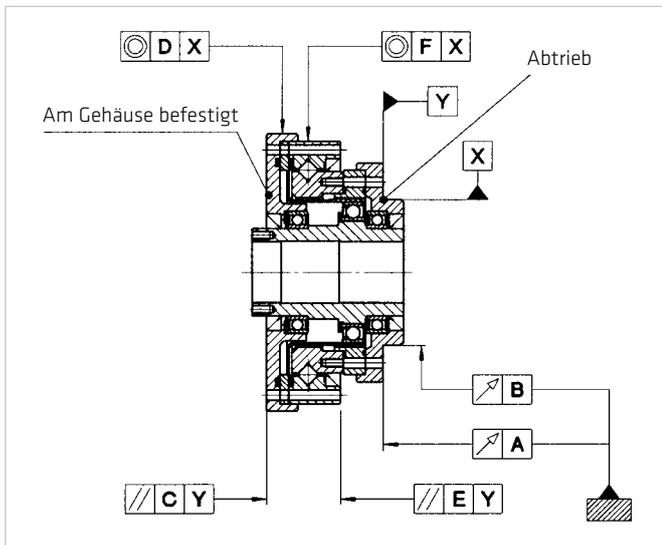


Abbildung 24.2

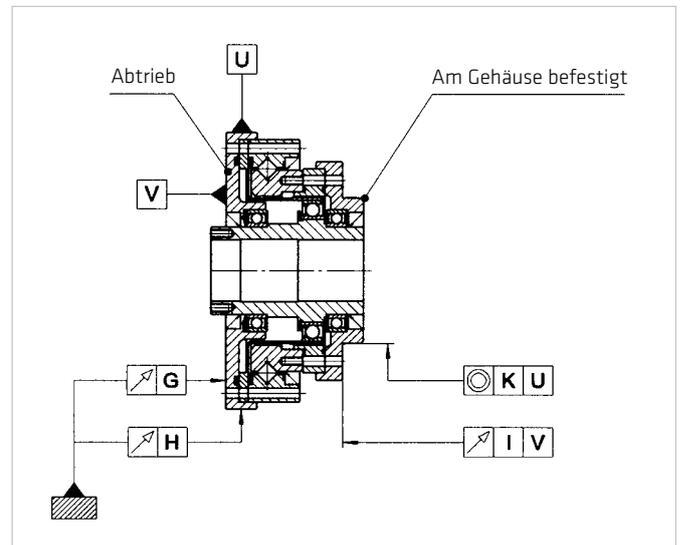


Tabelle 24.3

Symbol [Einheit]	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
A [mm]	0,033	0,038	0,040	0,046	0,054	0,057	0,057	0,063	0,063	0,67
B [mm]	0,035	0,035	0,039	0,041	0,047	0,050	0,053	0,060	0,063	0,63
C [mm]	0,064	0,071	0,079	0,085	0,104	0,111	0,118	0,121	0,121	0,131
D [mm]	0,053	0,053	0,059	0,061	0,072	0,075	0,078	0,085	0,088	0,089
E [mm]	0,040	0,045	0,051	0,057	0,065	0,071	0,072	0,076	0,076	0,082
F [mm]	0,038	0,038	0,047	0,049	0,054	0,060	0,065	0,067	0,070	0,072
G [mm]	0,037	0,039	0,046	0,047	0,059	0,063	0,070	0,070	0,070	0,076
H [mm]	0,031	0,031	0,038	0,038	0,045	0,048	0,050	0,050	0,050	0,054
I [mm]	0,064	0,071	0,079	0,085	0,104	0,111	0,118	0,121	0,121	0,131
K [mm]	0,053	0,053	0,059	0,061	0,072	0,075	0,078	0,085	0,088	0,089

## Eingangslagerung SHG-2UH

Die Hohlwelle der SHG-2UH Unit ist mit zwei einreihigen Rillenkugellagern gelagert. Abb. 25.2 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tabelle 25.1 und Abb. 26.1 und 26.2 dargestellten max. zulässigen Radial- und Axialkräfte.

Beispiel: Wenn die Hohlwelle einer SHG-40-2UH Unit mit einer Axialkraft von 500 N vorgespannt ist, beträgt die max. zulässige Radialkraft 420 N, s. Abb. 26.2.

Die hier dargestellten Maximalwerte gelten für eine durchschnittliche Eingangs-drehzahl von  $2000 \text{ min}^{-1}$  und eine mittlere Lagerlebensdauer von  $L_{50} = 35000 \text{ h}$ .

Bei den SHG-2UH Units der Baugrößen 14 bis 25 ist jeweils das Lager A in axialer Richtung mit einer Kugellager-Ausgleichs-scheibe vorgespannt. Daher kann sich die Hohlwelle bei Beaufschlagung mit einer Axialkraft in negativer Richtung ( $-F_a$ , siehe Abb. 25.2) bis zu dem in Tab. 25.1 genannten Betrag „s“ verschieben. Bei den Baugrößen 32 bis 58 ist das Lager A als Festlager ausgeführt.

Tabelle 25.1

	Symbol [Einheit]	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Lager A	C [N]	4000	4300	4500	4900	14100	19400	17400	24400	32000	42500
	$C_0$ [N]	2470	2950	3450	4350	10900	16300	16100	22600	29600	36500
Lager B	C [N]	4000	4300	4500	4900	5350	11500	11900	12500	18700	19600
	$C_0$ [N]	2470	2950	3450	4350	5250	10900	12100	13900	20000	21200
Abstand	a [mm]	27	29	27	29,5	33	39,5	44	49	56,2	67
Abstand	b [mm]	16,5	17,5	15,5	16,5	23,0	27,5	28,5	31,5	36,5	44,5
Max. zul. Radialkraft	F [N]	263	284	303	275	813	1210	1000	1550	2060	2300
Max. Axialverschiebung der Hohlwelle bei Axialkraft = $-F_a$	s [mm]	1,8	2,8	2,4	3,2	-	-	-	-	-	-

Abbildung 25.2

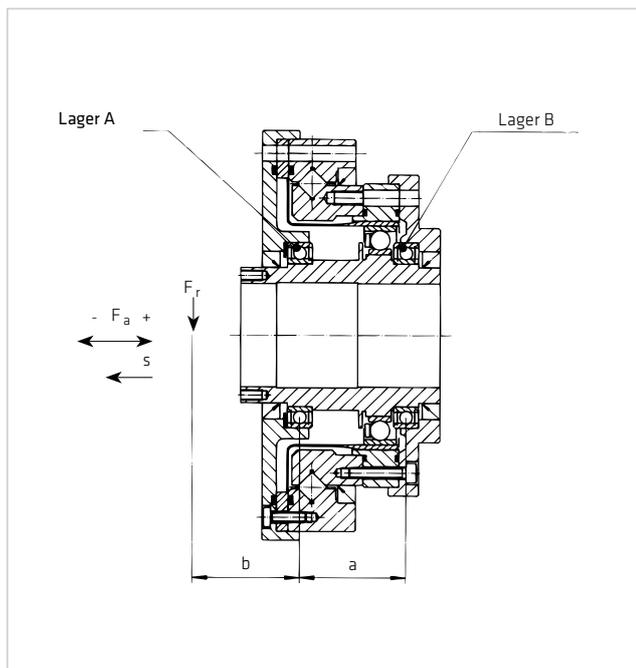


Abbildung 26.1

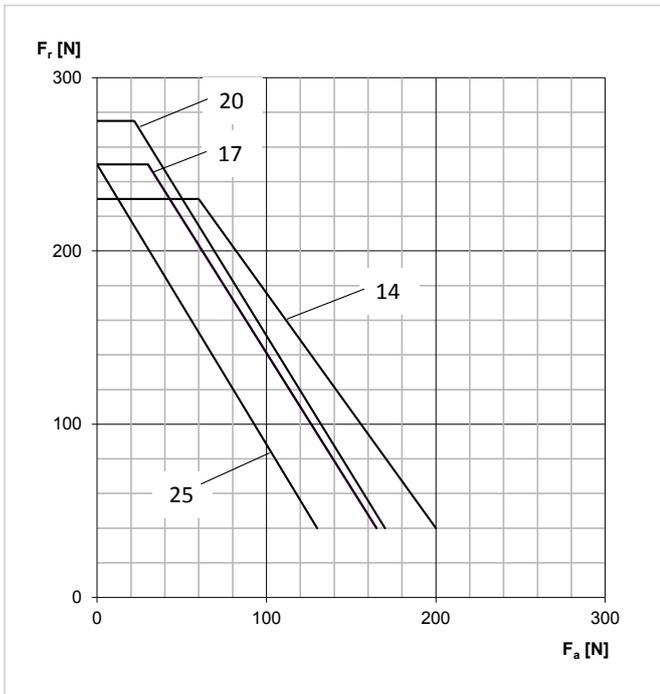
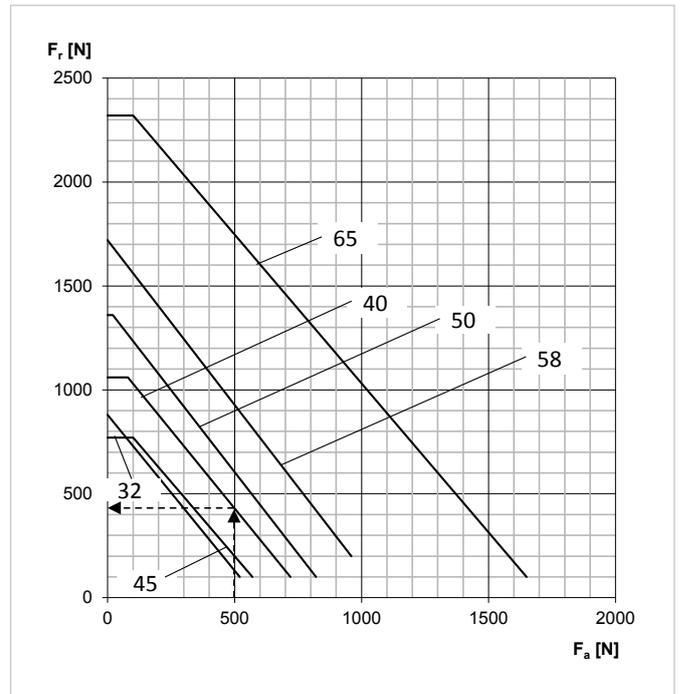


Abbildung 26.2



### 3.3.7 Verwendete Materialien

Material:

Gehäuse: Grauguss und Wälzlagerstahl

Adapterflansch, falls von Harmonic Drive AG mitgeliefert: Hochfestes Aluminium oder Stahl

Oberflächen:

Schrauben gegen Korrosion beschichtet

Gehäuseflächen: Blank

Abtriebslager: korrosionsgeschützt (optional: brüniert)

## 4. Antriebsauslegung

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

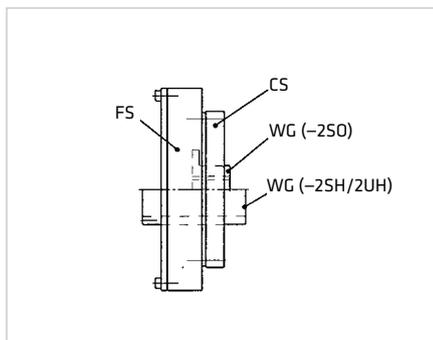
Gleichung 27.1

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

### Überblick Harmonic Drive® Produkte

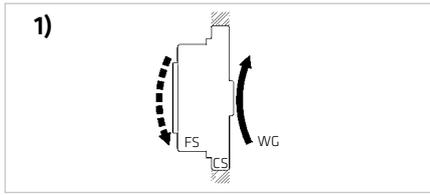
Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG), sind in der Abbildung 27.2 zu sehen.

Abbildung 27.2



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

# Untersetzung



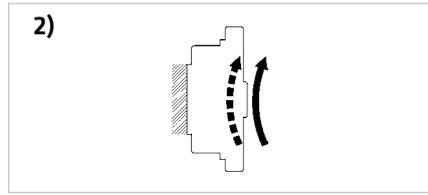
### Untersetzungsgetriebe

CS Fixiert  
WG Antrieb  
FS Abtrieb

Gleichung 28.1

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



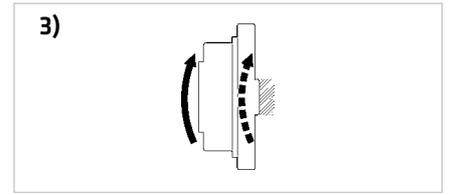
### Untersetzungsgetriebe

FS Fixiert  
WG Antrieb  
CS Abtrieb

Gleichung 28.2

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



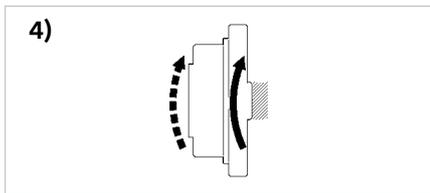
### Untersetzungsgetriebe

WG Fixiert  
FS Antrieb  
CS Abtrieb

Gleichung 28.3

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



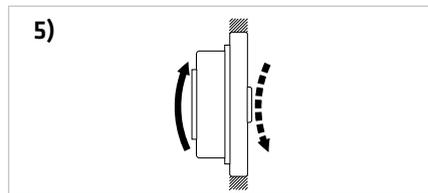
### Übersetzungsgetriebe

WG Fixiert  
CS Antrieb  
FS Abtrieb

Gleichung 28.4

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



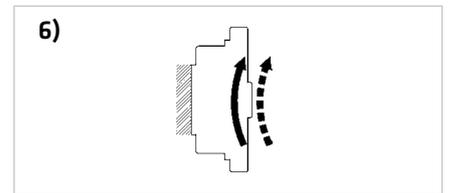
### Übersetzungsgetriebe

CS Fixiert  
FS Antrieb  
WG Abtrieb

Gleichung 28.5

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



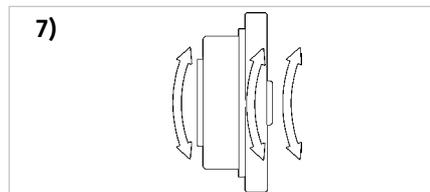
### Übersetzungsgetriebe

FS Fixiert  
CS Antrieb  
WG Abtrieb

Gleichung 28.6

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



### Differenzialgetriebe

WG Regelantrieb  
CS Hauptantrieb  
FS Hauptabtrieb

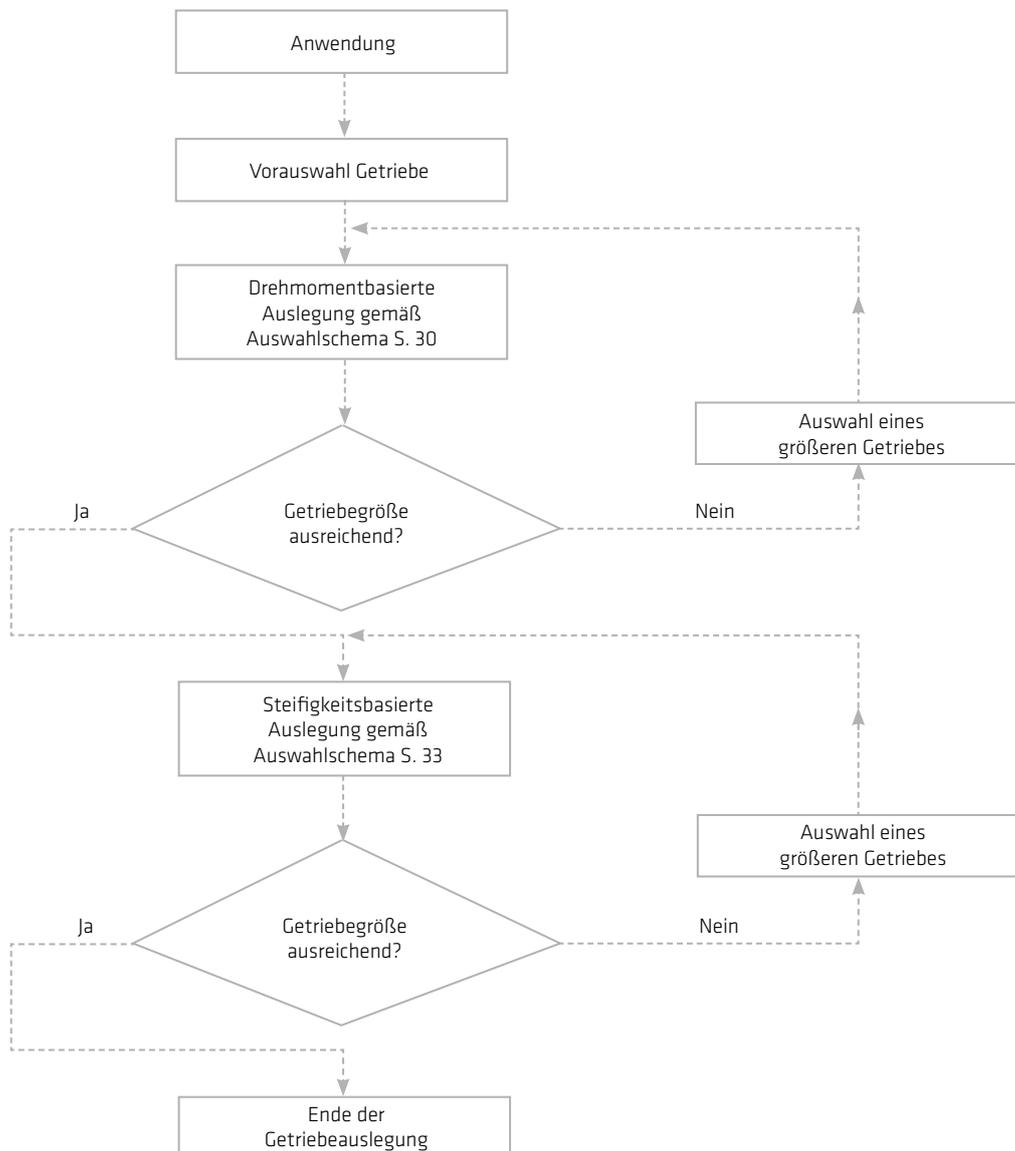
Zahlreiche Differenzialfunktionen können durch Kombination der Drehzahl und Drehrichtung der drei Bauteile erreicht werden. Wir beraten Sie gerne!

## 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.

### HINWEIS

**Wir übernehmen gerne Ihre Getriebeauslegung in unserem Haus. Bitte kontaktieren Sie unsere Anwendungsberater.**

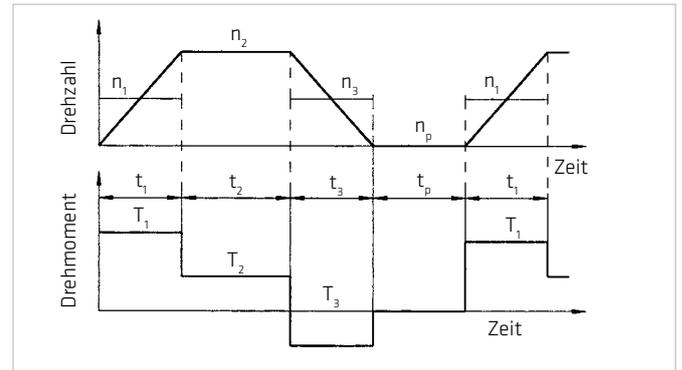


## 4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

### 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 30.1



Gleichung 30.2

**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 30.3

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

Nein

Auswahl eines größeren Getriebes

Gleichung 30.4

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 30.5

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 30.6

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 30.7

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

Gleichung 30.8

**Belastungsgrenze 2,  $T_R$**

$$T_{max} \leq T_R$$

Gleichung 30.9

**Belastungsgrenze 3,  $T_M$**

$$T_k \leq T_M$$

Gleichung 30.10

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

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

Gleichung 30.11

Lebensdauer

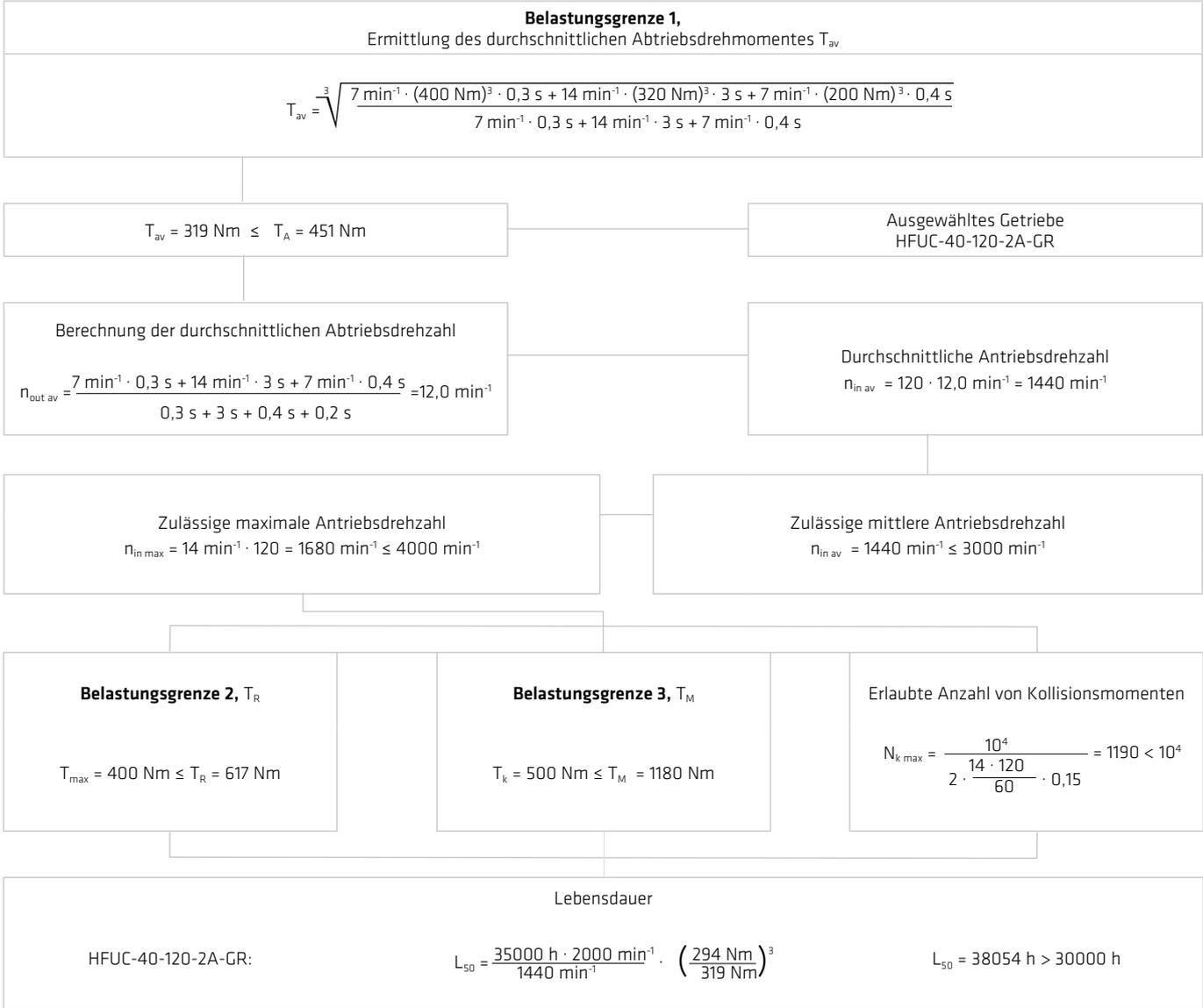
$$L_{50} = L_n \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left( \frac{\text{Nennmoment } T_n}{T_{av}} \right)^3$$

Werte für  $L_n$  siehe Tabelle 32.1

# 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 nominellen Lebensdauer  $L_n$  des Wave Generator Kugellagers.

Die zu erwartende Lebensdauer kann bei gegebener Eingangsdrehzahl  $n_{in,av}$  [ $\text{min}^{-1}$ ] und gegebenem Abtriebsdrehmoment  $T$  [Nm] mit Gleichung 32.2 ermittelt werden.

Tabelle 32.1

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

Gleichung 32.2

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

Gleichung 32.3

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

- $n_N$  = Nenndrehzahl am Antrieb [ $\text{min}^{-1}$ ]
- $n_{in,av}$  = Durchschnittliche Antriebsdrehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ] (Gleichung 30.5)
- $T_N$  = Nennabtriebsdrehmoment bei Nenndrehzahl [Nm]
- $T_{av}$  = Durchschnittliches Abtriebsdrehmoment [Nm] (Gleichung 30.2)
- $L_n$  = Nominelle Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers, siehe Tabelle 32.1

### 4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

Zusätzlich zu dem auf Seite 30 angegebenen Auswahlschema „Drehmomentbasierte Auslegung“ empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung. Dafür sollten die in Tabelle 33.1 angegebenen Kenngrößen für die anwendungsspezifisch empfohlenen Resonanzfrequenzen berücksichtigt werden.

Tabelle 33.1

[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 34.1

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

$f_n$  = 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 33.1 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

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

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 Getriebesteifigkeit, so dass die Resonanzdrehzahl außerhalb des geforderten Drehzahlbereichs liegt.

### Auslegungsbeispiel

HFUC-40-120-2A-GR vorausgewählt aus „Auswahlschema: Drehmomentbasierte Auslegung“ auf Seite 31.

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung

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

Empfohlene Resonanzfrequenz aus Tabelle 33.1:  $\geq 30$  Hz.

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

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

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

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

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

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

Die Resonanzdrehzahl am Antrieb (Motor) beträgt:

$$n_n = 30 \cdot 30 = 900 \quad [\text{min}^{-1}]$$

Diese Drehzahl sollte während des Beschleunigens und Bremsens 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 35.1

$$T \leq T_1$$

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

Gleichung 35.2

$$T_1 < T \leq T_2$$

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

Gleichung 35.3

$$T > T_2$$

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

- $\varphi$  = Winkel [rad]
- T = Drehmoment [Nm]
- K = Steifigkeit [Nm/rad]
- $T_1$  = Grenzdrehmomente 1 aus Sektion 3.3.5 [Nm]
- $T_2$  = Grenzdrehmomente 2 aus Sektion 3.3.5 [Nm]
- $K_1$  = Torsionssteifigkeit bis Grenzdrehmoment  $T_1$  aus Sektion 3.3.5 [Nm/rad]
- $K_2$  = Torsionssteifigkeit bis Grenzdrehmoment  $T_2$  aus Sektion 3.3.5 [Nm/rad]
- $K_3$  = Torsionssteifigkeit oberhalb Grenzdrehmoment  $T_2$  aus Sektion 3.3.5 [Nm/rad]

### Beispiel: HFUC-32-100-2UH

$$T = 60 \text{ Nm} \quad K_1 = 6,7 \cdot 10^4 \text{ Nm/rad}$$

$$T_1 = 29 \text{ Nm} \quad K_2 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$$

$$T_2 = 108 \text{ Nm} \quad K_3 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Nm/rad}$$

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

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

$$\varphi = 2,5 \text{ arcmin}$$

Gleichung 35.4

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

## 4.3 Genauigkeit der Oldham Kupplung SHG-250

Informationen zur Oldham Kupplung finden Sie in Punkt 5.7.2 „Wave Generator Komponenten“ und „Modifikationen des Wave Generators“.

Im Bereich des Zahneingriffs sind Harmonic Drive® Getriebe spielfrei. Wird eine Oldham Kupplung zum Ausgleich von Koaxialitätsfehlern der Motorwelle eingesetzt, kann am Abtrieb ein geringes Spiel im Bereich von wenigen Winkelsekunden auftreten, siehe Tabelle 35.5.

Tabelle 35.5

Untersetzung	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
50	arcsec	36	20	17	17	14	14	12	–	–	–
80	arcsec	23	13	11	11	9	9	8	8	6	6
100	arcsec	18	10	9	9	7	7	6	6	5	5
120	arcsec	–	8	8	8	6	6	5	5	4	4
160	arcsec	–	–	6	6	5	5	4	4	3	3

## 4.4 Wirkungsgradberechnung SHG-2UH

Der Wirkungsgrad von Harmonic Drive® Getrieben nach dem Wellgetriebeprinzip hängt von folgenden Einflüssen ab:

- Untersetzung
- Eingangsrehzahl
- Abtriebsdrehmoment
- Temperatur
- Schmierzustand (Schmierstofftyp und Schmierstoffmenge)

Die Wirkungsgrad-Diagramme basieren auf einer Belastung mit Nenndrehmoment. Der Wirkungsgrad bei einer Belastung unterhalb des Nenndrehmomentes kann mit den nachstehenden Berechnungsschemen bestimmt werden.

Der Wirkungsgrad der Simplicity Units SHG-2SO und SHG-2SH ist stark abhängig von der Integration in die Anwendung, z. B. vom Dichtungs- und Lagerkonzept etc. Bitte kontaktieren Sie die Harmonic Drive AG für weitere Unterstützung.

### 4.4.1 Schema der Wirkungsgradberechnung

Tabelle 36.1

Berechnungsschema	Beispiel
	Wirkungsgrad eines SHG-20-80-2UH mit einer Antriebsdrehzahl $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ Abtriebsdrehmoment $T = 35 \text{ Nm}$ bei $20^\circ\text{C}$ Umgebungstemperatur. Schmiermittel: Harmonic Drive® Fett
Der Wirkungsgrad wird mittels der Wirkungsgrad-Diagramme ermittelt.	Siehe Abbildung 38.4 $\eta_R = 63 \%$
Berechnung des Drehmomentfaktors $V$ . $V = \frac{T_{av}}{T_N} \quad [\text{Gleichung 36.2}]$ mit: $T_{av}$ = Durchschnittliches Drehmoment $T_N$ = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl	$T_{av} = 35 \text{ Nm}$ $T_N = 44 \text{ Nm}$ $V = \frac{35 \text{ Nm}}{44 \text{ Nm}} = 0,8$
Bestimmung des Berechnungsfaktors $K$ in Abhängigkeit der Getriebebaureihe und des Drehmomentfaktors $V$ , siehe Beispiel in Abb. 38.2.	$K = 0,9$
Bestimmung des Korrekturwertes $\eta_e$ , siehe Abbildung 38.3	$\eta_e = -6,6 \%$
Berechnung des des Gesamtwirkungsgrades $\eta_L$ $\eta_L = K \cdot (\eta_R + \eta_e) \quad [\text{Gleichung 36.3}]$	$\eta_L = 0,9 \cdot (62 \% - 6,6 \%) = 50 \%$

### 4.4.2 Wirkungsgrad Korrekturfaktor

Der Wirkungsgrad eines Harmonic Drive® Getriebes nach dem Wellgetriebeprinzip ist abhängig vom Lastmoment. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nenndrehmoment des Getriebes ist, verringert sich der Wirkungsgrad. Der Korrekturfaktor K kann mit Abbildung 36.2 bestimmt werden. Wenn das Lastmoment größer ist als das Nenndrehmoment, so ist der Korrekturfaktor  $K = 1$ .

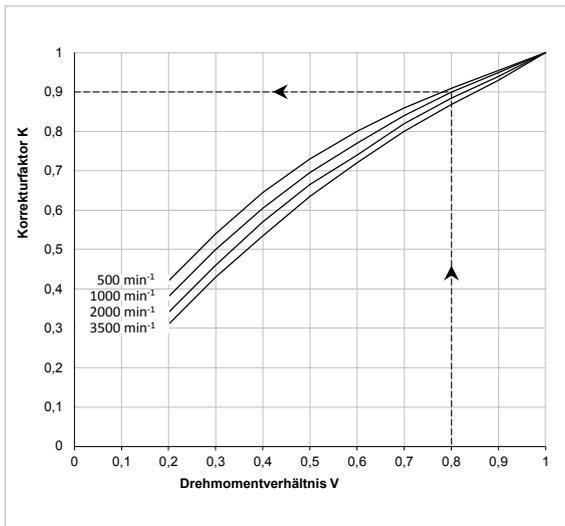
Berechnung des Drehmomentfaktors V

Gleichung 37.1

$$V = \frac{T}{T_N}$$

mit:  
 $T$  = Anliegendes Drehmoment  
 $T_N$  = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl

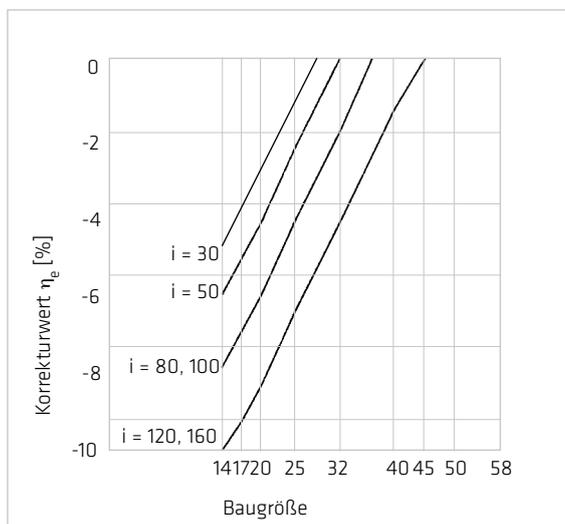
Abbildung 37.2



### 4.4.3 Wirkungsgrad Korrekturwert

Die Unit der Baureihe SHG-2UH besitzt zwei Eingangslager und zwei Eingangsdichtungen, die auf der Hohlwelle laufen und einen großen Einfluss auf den Wirkungsgrad des Getriebes haben. Dieser Einfluss ist abhängig von der Baugröße und der Untersetzung des Getriebes und wird durch den Korrekturwert  $\eta_e$  berücksichtigt.

Abbildung 37.3

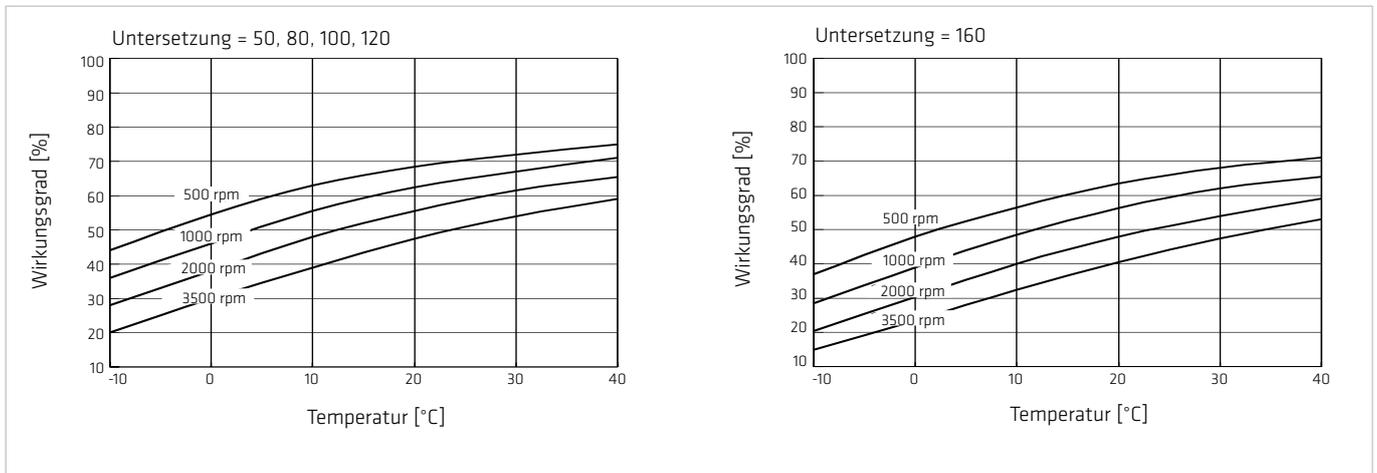


## 4.4.4 Wirkungsgradtabellen

Nachfolgend ist der Wirkungsgrad für die SHG-2UH Unit bei Nenndrehmoment und Fettschmierung mit Harmonic Drive® Fett dargestellt.

### SHG-2UH

Abbildung 38.4



## Hinweise zum Wirkungsgrad

Die Units der Baureihe SHG-2UH sind serienmäßig mit zwei Radialwellendichtungen an der Hohlwelle bzw. Vollwelle ausgestattet. Der Wirkungsgrad dieser Units wird durch die Reibung dieser Radialwellendichtungen entscheidend beeinflusst, da sie auf der schnell laufenden Eingangsseite und dem relativ großen Außendurchmesser der Hohlwelle dichten.

Bei nicht ausreichender Wärmeabfuhr während des Betriebs (z. B. wenn die Unit nicht an das Maschinengestell und die Last angeschraubt ist) kann sich die Unit u. U. in wenigen Minuten auf eine hohe Temperatur erwärmen. Dadurch kann sich ein Überdruck in der Unit bilden, der die Radialwellendichtungen zusätzlich vorspannt. In diesem Fall kann der Wirkungsgrad der Unit geringer als der gemäß Katalog berechnete Wirkungsgrad sein.

Auch bei der Reinigung mit Pressluft im Bereich der Dichtungen kann sich ein unzulässiger Überdruck in der Unit aufbauen.

Units mit Seriedichtungen können bei Bedarf durch leichtes Anheben einer der Dichtlippen mit einem weichen Werkzeug druckentlastet werden (z. B. Zahnstocher an die Dichtlippe nahe der Welle - Dichtlippe nicht verletzen!). Beim Einsatz von Sonderdichtungen empfehlen wir Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

## 4.5 Lastfreie Drehmomente SHG-2UH

### Lastfreies Laufdrehmoment

Das lastfreie Laufdrehmoment ist das Antriebsmoment (schnelle Seite), welches benötigt wird, um das Getriebe bei einer definierten Antriebsdrehzahl ohne Last antreiben zu können.

### Lastfreies Anlaufdrehmoment

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

### Lastfreies Rückdrehmoment

Das Rückdrehmoment wird benötigt, um das Abtriebsselement (langsame Seite) bei unbelastetem Antriebsselement (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.

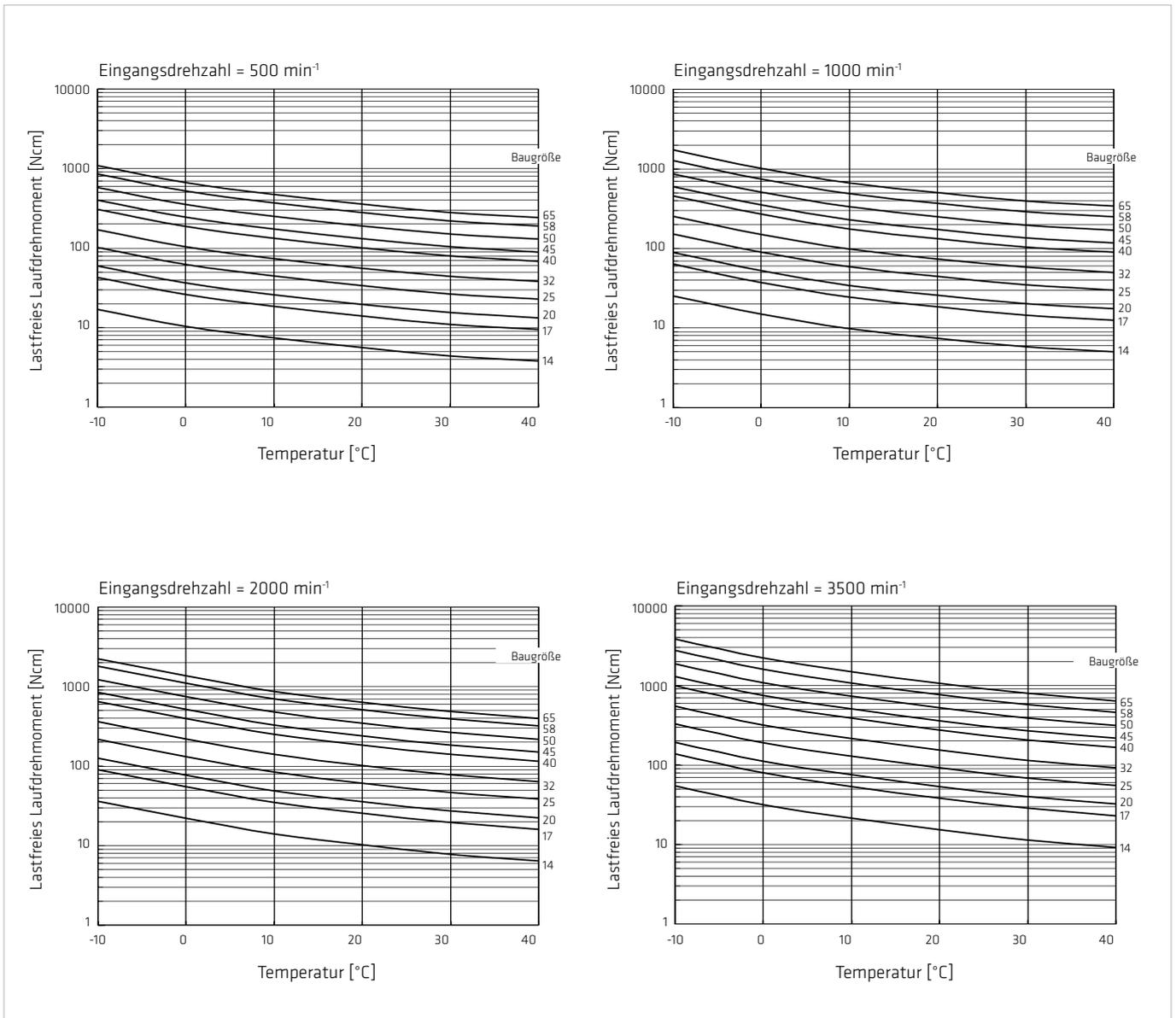
Die Diagramme gelten für: Harmonic Drive® Fett, Standard-Schmierstoffmenge gemäß Projektierungsanleitung und Untersetzung  $i = 100$ . Beim Einsatz anderer Untersetzungen sind die Korrekturwerte zu berücksichtigen.

Bei Ölschmierung bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

## 4.5.1 Lastfreies Laufdrehmoment

### Lastfreies Laufdrehmoment SHG-2UH

Abbildung 39.1



## Korrekturwert lastfreies Laufdrehmoment SHG-2UH

Beim Einsatz von Getrieben mit Untersetzungen  $i \neq 100$  sind die aus den Kurven abgelesenen Daten um die folgenden Werte zu korrigieren.

Tabelle 40.1

Untersetzung	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
50	[Ncm]	1,1	1,8	2,6	4,2	8,0	13,3	18,2	-	-	-
80	[Ncm]	0,2	0,4	0,5	0,8	1,5	2,4	3,3	4,3	6,2	8,1
120	[Ncm]	-	-0,2	-0,4	-0,6	-1,1	-1,7	-2,4	-3,1	-4,4	-5,8
160	[Ncm]	-	-	-0,8	-1,3	-2,5	-4,0	-5,5	-7,2	-10,3	-13,7

## 4.5.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment

### Lastfreies Anlaufdrehmoment SHG-2UH

Tabelle 40.2

Untersetzung	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
50	[Ncm]	8,8	27	36	56	85	136	165	-	-	-
80	[Ncm]	7,5	25	33	50	74	117	138	179	244	314
100	[Ncm]	6,9	24	32	49	72	112	131	171	231	297
120	[Ncm]	-	24	31	48	68	110	126	165	223	287
160	[Ncm]	-	-	31	47	67	105	122	156	213	276

## 4.5.3 Lastfreies Rückdrehmoment

### Lastfreies Rückdrehmoment SHG-2UH

Tabelle 40.3

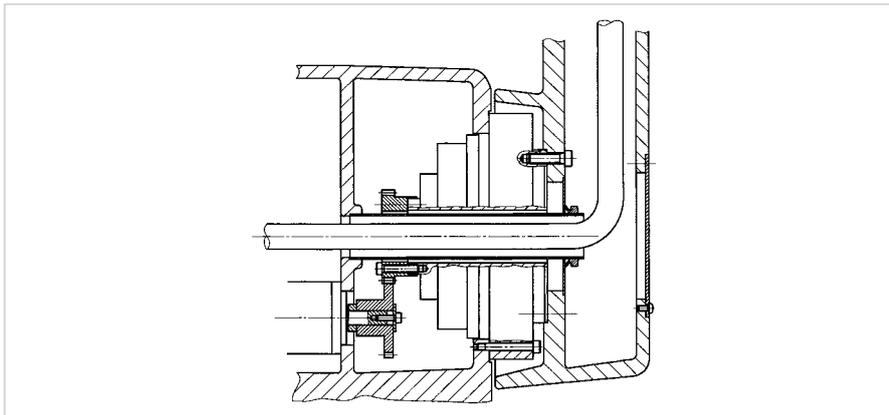
Untersetzung	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
50	[Nm]	5,3	16	22	34	51	82	99	-	-	-
80	[Nm]	7,2	24	31	48	70	112	133	172	234	301
100	[Nm]	8,2	29	38	59	86	134	158	205	278	356
120	[Nm]	-	34	45	69	97	158	182	237	322	413
160	[Nm]	-	-	59	90	128	201	233	299	408	530

## 4.6 Kontinuierlicher Betrieb Hohlwellenunits SHG-2UH

Die Reibung der eingangsseitigen Radialwellendichtungen kann bei den Hohlwellenunits während des Betriebes zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung führen. Daher gilt für diese Units eine reduzierte „Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl“. Für den kontinuierlichen Betrieb bei Nenndrehzahl sollten die in Tabelle 41.2 genannten max. Betriebszeiten nicht überschritten werden.

Alternativ kann eine Konstruktion gemäß Abbildung 41.1 eingesetzt werden. Bei diesem Einsatzbeispiel wurden die eingangsseitigen (schnelllaufenden) Radialwellendichtungen entfernt. Einschränkungen bei der Einschaltdauer bestehen bei dieser Konstruktion nicht. Die Entfernung einer oder beider eingangsseitigen Radialwellendichtungen sollte nur dann vorgenommen werden, wenn Fett- bzw. Grundölaustritt erlaubt ist, oder wenn dies durch die Einbaulage ausgeschlossen wird.

Abbildung 41.1



### Maximal zulässige Betriebszeit bei kontinuierlichem Betrieb

Tabelle 41.2

Betriebszeit	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Bei Betrieb ohne Last	[min]	90	90	90	60	45	40	35	30	20	15
Bei Nenndrehmoment	[min]	60	60	60	45	35	30	25	20	15	10

Die in Tabelle 41.2 genannten Daten gelten für:

- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Eingangsdrehzahl: 2000 min<sup>-1</sup>
- Max. Schmierstofftemperatur: 80 °C
- Befestigung der Unit an einer Platte mit folgenden Abmessungen:  
 Plattenhöhe: 330 mm  
 Plattendicke: 15 mm für Baugrößen ≤ 32  
 30 mm für Baugrößen ≥ 40
- Plattenmaterial: Stahl
- Ein zusätzlicher Abtriebsflansch ist nicht montiert.

## 4.7 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 42.1 bestimmt werden.

Gleichung 42.1

$$L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot n_{av}} \cdot \left( \frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^B$$

mit:

$L_{10}$  [h] = Lebensdauer

$n_{av}$  [min<sup>-1</sup>] = Durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 42.2)

$C$  [N] = Dynamische Tragzahl, s. Punkt 3.3.6 Lagerung aus den Technischen Daten

$P_c$  [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 43.1)

$f_w$  = Betriebsfaktor (Tabelle 42.3)

$B$  = Lagertyp (Gleichung 42.4)

### Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit

Gleichung 42.2

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

Tabelle 42.3

Lastbedingungen	$f_w$
Keine Stöße oder Schwingungen	1 ... 1,2
Normale Belastung	1,2 ... 1,5
Stöße und / oder Schwingungen	1,5 ... 3

Tabelle 42.4

Lagertyp	$B$
Kreuzrollenlager	$\frac{10}{3}$
Vierpunktlager	3

# Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 43.1

$$P_c = x \cdot \left( F_{rav} + \frac{2M}{d_p} \right) + y \cdot F_{aav}$$

mit:

$F_{rav}$  [N] = Radialkraft (Gleichung 43.2)                       $x$  = Radialkraftfaktor (Tabelle 43.4)  
 $F_{aav}$  [N] = Axialkraft (Gleichung 43.3)                       $y$  = Axialkraftfaktor (Tabelle 43.4)  
 $d_p$  [m] = Teilkreis (s. Punkt 3.3.6 Abtriebslagerung)                       $M$  = Kippmoment

Gleichung 43.2

$$F_{rav} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (F_{r1})^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (F_{r2})^B + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (F_{rn})^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{1/B}$$

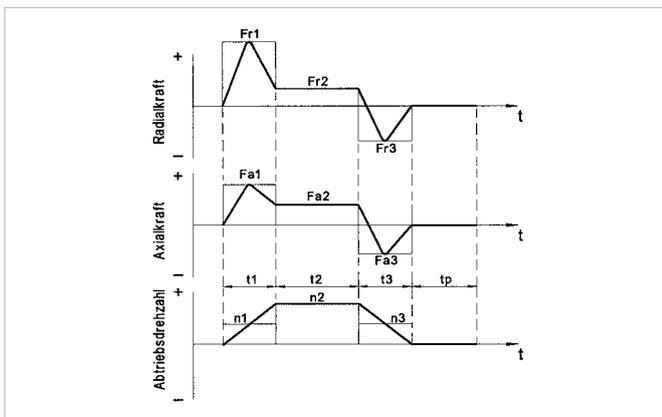
Gleichung 43.3

$$F_{aav} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (F_{a1})^B + |n_2| \cdot t_2 \cdot (F_{a2})^B + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (F_{an})^B}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{1/B}$$

Tabelle 43.4

Lastfaktoren	x	y
$\frac{F_{aav}}{F_{rav} + 2 \cdot M / d_p} \leq 1,5$	1	0,45
$\frac{F_{aav}}{F_{rav} + 2 \cdot M / d_p} > 1,5$	0,67	0,67

Abbildung 43.5



Hinweis:

$F_{rx}$  entspricht der maximal auftretenden Radialkraft.

$F_{ax}$  entspricht der maximal auftretenden Axialkraft.

$t_p$  stellt die Pausenzeit dar.

## 4.7.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

### Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 44.1 berechnet.

Gleichung 44.1

$$L_{oc} = \frac{10^6}{60 \cdot n_1} \cdot \frac{180}{\varphi} \cdot \left( \frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^B$$

mit:

$L_{oc}$  [h] = Lebensdauer bei reiner Schwenkbewegung

$n_1$  [cpm] = Anzahl Schwingungen / Minute\*

$C$  [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 23.1

$P_c$  [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 43.1)

$\varphi$  [°] = Schwenkwinkel

$f_w$  = Betriebsfaktor (Tabelle 42.3)

\* eine Schwingung entspricht  $2\varphi$

### Schwenkwinkel

Bei Schwenkwinkeln  $< 5^\circ$  kann infolge Mangelschmierung Reibkorrosion auftreten. Wir bitten ggf. um Rücksprache.

Abbildung 44.2

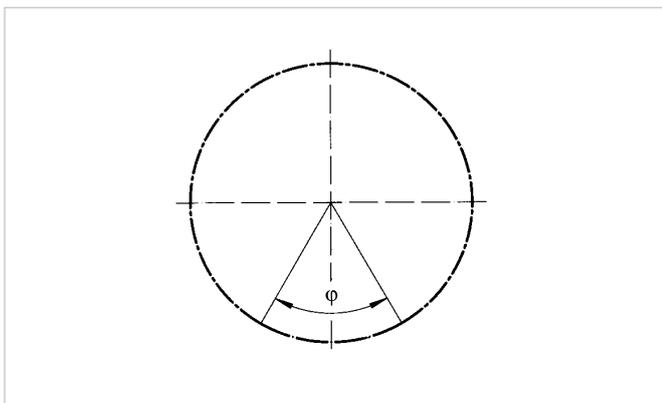


Tabelle 44.3

Lagertyp	B
Kreuzrollenlager	$\frac{10}{3}$
Vierpunktlager	3

## 4.8 Zulässiges statisches Kippmoment

Im Falle einer statischen Belastung wird das zulässige statische Kippmoment mit folgenden Gleichungen berechnet:

Gleichung 45.1

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} \quad \text{mit} \quad P_0 = x_0 \cdot \left( F_r + \frac{2M}{d_p} \right) + y_0 \cdot F_a$$

und so

Gleichung 45.2

$$M_0 = \frac{d_p \cdot C_0}{2 \cdot f_s}$$

$f_s$  = Statischer Sicherheitsfaktor  
( $f_s = 1,5 \dots 3$ ) (Tabelle 45.3)

$C_0$  = Statische Tragzahl

$F_r$  =  $F_a = 0$

$x_0$  = 1

$y_0$  = 0,44

$P_0$  = Statische Äquivalentlast (Gleichung 43.1)

$d_p$  = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers (s. Punkt 3.3.6 Abtriebslagerung)

$M$  = Kippmoment

$M_0$  = Zulässiges statisches Kippmoment

Tabelle 45.3

Betriebsbedingungen des Lagers	Unterer Grenzwert für $f_s$
Normal	$\geq 1,5$
Schwingungen / Stöße	$\geq 2$
Hohe Übertragungsgenauigkeit	$\geq 3$

## 4.9 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 45.4 berechnet werden:

Gleichung 45.4

$$\gamma = \frac{M}{K_B}$$

mit:

$\gamma$  [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

$M$  [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager

$K_B$  [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers (Tabelle 23.1)

## 4.10 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® Fette 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.

### 4.10.1 Fettschmierung

#### Einsatz der Harmonic Drive® Fette

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!

Die Harmonic Drive® Fette 4B No.2 werden im Betrieb relativ dünnflüssig. Beim Einsatz dieser Fette muss die Konstruktion daher öldicht ausgeführt werden. Wegen der besonderen Eigenschaften dieser Fette kann ein geringer Grundölaustritt an den Radialwellendichtungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Wir empfehlen den Einsatz von FPM (Viton®) Dichtungen.

Tabelle 46.1

Fett	Untersetzung ≥ 50														
	Baugröße														
	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			-											
4B No.2	-	Für hoch beanspruchte Getriebe*													

Tabelle 46.2

Fett	Untersetzung = 30						
	Baugröße / Size						
	8	11	14	17	20	25	32
Flexolub®-A1	-		Standard für CPU				
SK-1A	-			Standard			
SK-2	Standard			-			
4B No.2	-			Für hoch beanspruchte Getriebe*			

#### Bemerkungen:

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

Tabelle 47.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Schmierfetten.

Tabelle 47.1

Typ	Harmonic Drive® Fette			
	Standard		Spezial	
	SK-1A	SK-2	Flexolub®-A1	4B No.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.

## Vorsichtsmaßnahmen für die Anwendung von Harmonic Drive® Fett 4B No.2

Harmonic Drive® Fett 4B No.2 hat die Eigenschaften (Viskosität, Schereigenschaften etc.), die für Harmonic Drive® Getriebe benötigt werden. Die folgenden Maßnahmen können die Lebensdauer des Schmiermittels verbessern:

- 1) Vor dem Betrieb alle erforderlichen Bereiche einfetten.
- 2) Entfernen Sie alle Abriebpartikel nach der Einlaufzeit.
- 3) Fetten Sie noch einmal alle Kontaktflächen.

### Vorsichtsmaßnahmen

#### 1) Beim Schmieren:

Die Konsistenz des Harmonic Drive® Fettes 4B No.2 ist während der Lagerung fester als im Betrieb. Beachten Sie jedoch, dass die Konsistenz durch die Lagerzeit variieren kann.

Vor dem Schmieren sollten Sie das Fett umrühren, um die Konsistenz weicher zu machen.

#### 2) Zeitliche Änderung (Einlaufen):

Der Einlaufprozess vor dem Volllastbetrieb des Getriebes lässt das Fett weicher werden. Eine effektive Getriebeleistung kann nur realisiert werden, wenn das Fett zu den erforderlichen Kontaktflächen gelangt.

Daher wird der folgende Einlaufprozess empfohlen:

- Halten Sie die interne Betriebstemperatur unter 80 °C. Achten Sie darauf, einen steilen Anstieg der Temperatur während des Einlaufprozesses zu vermeiden.
- Begrenzen Sie die Eingangsdrehzahl zwischen 1000 und 3000 Umdrehungen pro Minute. Niedrigere Geschwindigkeiten sind effektiver. Wählen Sie eine Eingangsdrehzahl so nah wie möglich an 1000 Umdrehungen pro Minute.
- Die für den Einlauf benötigte Zeit beträgt 20 Minuten oder länger.
- Halten Sie die Ausgangsdrehwinkel so groß wie möglich während des Einlaufprozesses.

Kontaktieren Sie unser Büro, wenn Sie Fragen zum Umgang mit Harmonic Drive® Fett 4B No.2 haben.

## Besondere Betriebsbedingungen

Tabelle 48.1 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 48.1

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.  
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.

## 4.10.2 Ölschmierung

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

Tabelle 48.2

Freigegebene Schmieröle				
Hersteller	Klüber	Mobil	Castrol	Shell
Bezeichnung	Syntheso D 68 EP	Mobilgear 600 XP 68	Optigear BM 68	Omala S2 G 68

Bitte Hinweise aus 5.5.5 beachten.

## 4.11 Axialkräfte am Wave Generator SHG-250 und SHG-25H

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. 49.1. 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 mit Eingangs Lagerung wird die Axialkraft intern abgestützt.

Abbildung 49.1

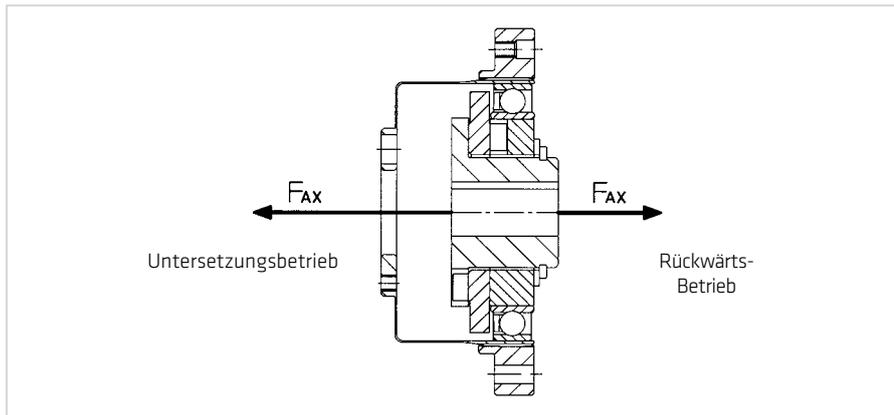


Tabelle 49.2

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32^\circ$	[Gleichung 49.3]
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 49.4]
80 ... 160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 49.5]

mit:

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

Beispiel

Baugröße 32 (CSD-32-50)  
 Abtriebsdrehmoment = 200 Nm  
 Reibungskoeffizient  $\mu = 0,07$

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

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

Tabelle 49.6

	Einheit	14	17	20	25	32	40	50
$2\mu PF$ für CSD und SHD	[N]	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**

##### **• SHG-2UH**

Diese Units werden standardmäßig mit einer Lebensdauer-Fettschmierung geliefert.

##### **• SHG-2SO und SHG-2SH**

Diese Units werden ohne Lebensdauer-Fettschmierung geliefert und müssen vor Inbetriebnahme kundenseitig mit einer Schmierstofffüllung versehen werden. Hinweise zum Fetttyp sind Kapitel 4.10.1, Empfehlungen zur Fettmenge Kapitel 5.5.2 zu entnehmen.

#### **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 SHG-250 und SHG-25H

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Units sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 51.2 eingehalten werden.

Abbildung 51.1

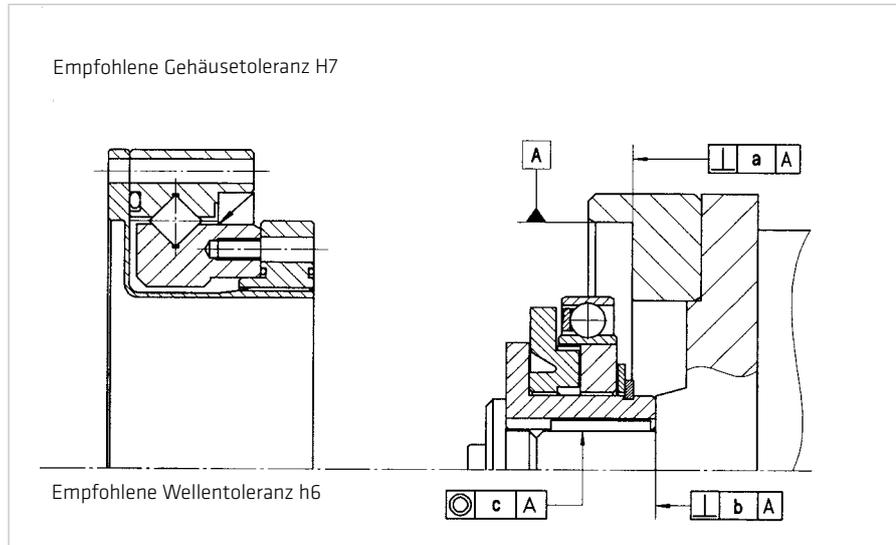


Tabelle 51.2

	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
a	[mm]	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034
b	[mm]	0,017	0,020	0,020	0,024	0,024	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
	[mm]	(0,008)	(0,010)	(0,010)	(0,012)	(0,012)	(0,012)	(0,013)	(0,015)	(0,015)	(0,015)
c	[mm]	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063	0,065	0,066	0,068	0,070
	[mm]	(0,016)	(0,018)	(0,019)	(0,022)	(0,022)	(0,024)	(0,027)	(0,030)	(0,033)	(0,035)

Die in Klammern angegebenen Werte sind empfohlene Toleranzen für einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung. Diese Kupplung wird zum Ausgleich von Exzentrizitätsfehlern der Motorwelle eingesetzt und ist im Standard-Getriebe eingebaut. Bei einer direkten Kupplung des Wave Generator mit der Motorwelle ohne Oldham Kupplung (Solid Wave Generator) sollten die Motorwellentoleranzen der DIN 42955 R entsprechen.

## 5.5 Schmierung

### 5.5.1 Fettschmierung SHG-2UH

Harmonic Drive® SHG-2UH Units werden einbaufertig geliefert. Sie sind werksseitig mit einer Lebensdauer-Fettschmierung versehen. Das eingesetzte Harmonic Drive® Hochleistungsfett ist auf die speziellen Anforderungen der Harmonic Drive® Getriebe abgestimmt. Es gewährleistet konstante Genauigkeit der Getriebe über die gesamte Lebensdauer. Nachschmieren der Units ist nicht erforderlich.

### 5.5.2 Fettschmierung SHG-2SO und SHG-2SH

Diese Units werden ohne Lebensdauer-Fettschmierung geliefert und müssen vor Inbetriebnahme kundenseitig mit einer Schmierstofffüllung versehen werden. Die empfohlenen Fetttypen sind in Kapitel 4.10.1 aufgezeigt. Beim Einsatz eines anderen Fettes ist der Fetttyp auf der Kundenzeichnung vermerkt. Bei der Lieferung von Standard SHG-2SO und -2SH Units sind die Verzahnungen von Flexspline und Circular Spline bereits fertig geschmiert. Vor der Montage müssen das Wave Generator Kugellager und die Innenseite des Flexsplines gefettet werden. Eventuell muss zusätzlich Fett vor der Stirnseite des Wave Generators platziert werden, s. Kapitel 5.5.3.

Wichtig bei Fettschmierung ist die Sicherstellung einer ausreichenden Fettmenge an den zu schmierenden Stellen. Dies kann durch eine Optimierung des Bauraumes zwischen Getriebe und Gehäuse erreicht werden (siehe Abb. 53.1)

Abbildung 52.1 zeigt die zu schmierenden Bereiche.

Abbildung 52.1

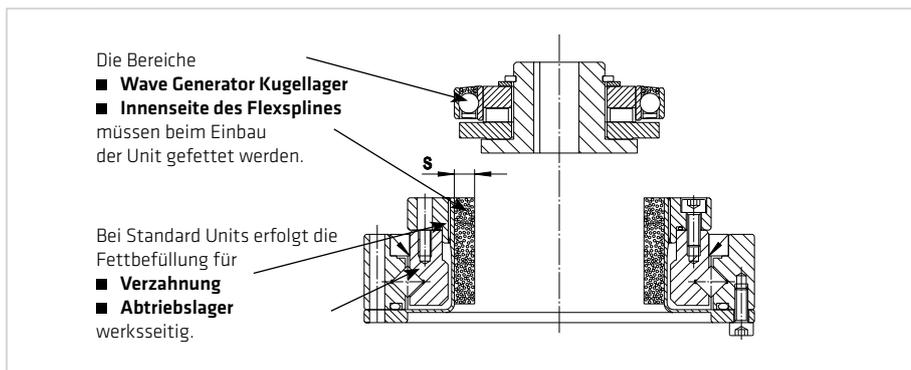
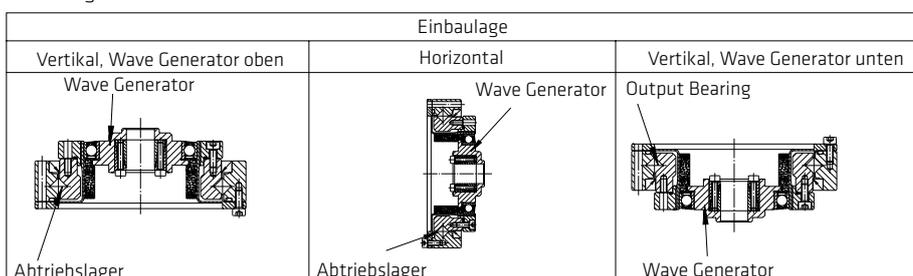


Tabelle 52.2

	Symbol [Einheit]	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Abstand s (Abb. 52.3)	[mm]	3	4	5	6	8	10	11	12	14	16
Standard-Fettmenge	[g]	5,8	11	18	32	64	120	185	235	385	495
	[cm³]	6,4	12	20	35	70	132	203	258	423	544
Zusätzlich erforderliche Fettmenge bei überwiegender Einsatz mit oben liegendem Wave Generator	[g]	3,1	4	4	10	20	30	45	55	95	135
	[cm³]	3,4	4	4	11	22	33	49	60	104	148

Die im folgenden Text definierten Einbaulagen „Wave Generator oben“ bzw. „Wave Generator unten“ beziehen sich auf die relative Lage des Wave Generators zum Abtriebslager der Unit, s. Abbildung 52.3.

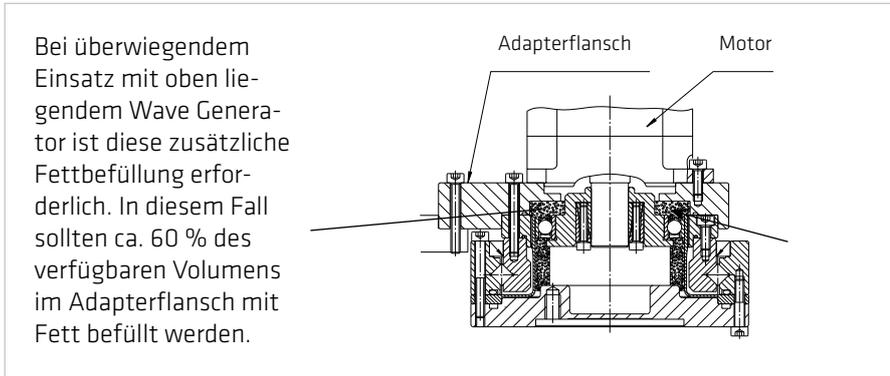
Abbildung 52.3



### 5.5.3 Fettreservoir

Die erforderliche Fettmenge hängt von der Einbaulage ab. Bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator ist eine zusätzliche Fettmenge oberhalb des Wave Generators zu platzieren, siehe Abb. 52.3 und Tabelle 52.2.

Abbildung 53.1



### 5.5.4 Fettwechsel

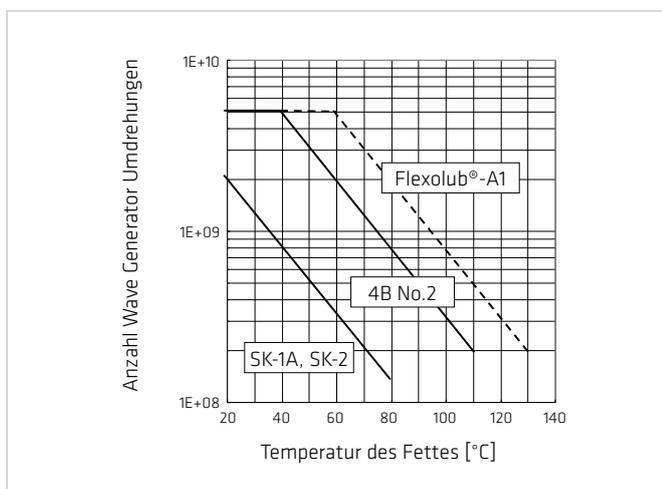
Bei einem Betrieb der Wellgetriebe bei regulären Betriebsbedingungen (durchschnittliche Umgebungstemperaturen  $\leq 40\text{ }^\circ\text{C}$ , durchschnittliche Anwendungslasten  $\leq$  Nenndrehmoment bzw. Nenndrehzahl) ist die Initialschmierung (werkseitig oder kundenseitig aufgebracht) ausreichend für eine Lebensdauerschmierung des Getriebes. Der Verschleiß von Wellgetrieben wird beeinflusst vom Zustand des Schmiermittels. Dieser ist abhängig von der Temperatur des Schmierstoffes und verschlechtert sich mit steigenden Temperaturen. Daher kann in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen ein Fettwechsel notwendig werden.

In Abb. 53.2 sind die Fettwechselintervalle in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben. Dieses Diagramm ist gültig bei Belastung der Getriebe mit Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl. Wenn das Durchschnittsdrehmoment der Anwendung höher als das Nenndrehmoment des Getriebes ist, kann das Fettwechselintervall mit Gleichung 53.3 berechnet werden.

Zum Beispiel bei Einsatz von der Fette SK-1A oder SK-2 sollte bei einer Temperatur von  $40\text{ }^\circ\text{C}$  ein Fettwechsel nach etwa  $8,5 \cdot 10^8$  Umdrehungen des Antriebselementes stattfinden.

Für den Fettwechsel sollte das Getriebe vollständig ausgebaut und gereinigt werden. Neues Fett sollte in den Flexspline, das Wave Generator Kugellager, die Oldham Kupplung und in die Verzahnungsbereiche zwischen Circular Spline und Flexspline gefüllt werden.

Abbildung 53.2



Gleichung 53.3

$$L_{GT} = L_{GTn} \cdot \left( \frac{T_N}{T_{av}} \right)^3$$

$L_{GT}$  = Anzahl Wave Generator Umdrehungen bis zum Fettwechsel

$L_{GTn}$  = siehe Diagramm

$T_N$  = Nenndrehmoment

$T_{av}$  = Durchschnittliches Drehmoment der Anwendung

## 5.5.5 Ölschmierung

Harmonic Drive® Units mit Ölschmierung sind im Allgemeinen kundenspezifische Sonderanfertigungen. Bitte befolgen Sie die Hinweise auf der Bestätigungszeichnung. Von der Harmonic Drive AG freigegebene Schmieröle finden Sie im Kapitel 4.10.2. Mindestens ist das Mineralöl CLP 68 (ISO VG 68) nach DIN 51517 T3 zu verwenden. Die Öltemperatur sollte während des Betriebes 90 °C nicht überschreiten. Die Units werden standardmäßig ohne Ölfüllung geliefert. Das Öl muss vom Kunden eingefüllt werden.

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.

Der erste Ölwechsel sollte nach etwa 100 Betriebsstunden durchgeführt werden. Anschließende Wechselintervalle hängen von der Belastung ab, sollten jedoch in einem Zeitraum von etwa 1000 Betriebsstunden durchgeführt werden.

Zum Ölwechsel muss das alte Öl vollständig abgelassen werden und neues Öl eingefüllt werden. Mögliche Schmieröle sind in Tabelle 45.2 angegeben. Die Mischung von Schmiermitteln mit unterschiedlicher Spezifikation ist grundsätzlich zu vermeiden.

## 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 518
- Loxeal 28-10

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

### Schraubensicherung

- Loctite 243
- Loxeal 55-03

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 SHG-2SO und SHG-2SH Units

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Units SHG-2SO mit Wave Generator und Oldham Kupplung oder Solid Wave Generator.

Die Montage der Units SHG-2SH mit Hohlwelle ist hier nicht explizit beschrieben. Gegebenenfalls bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

Die Vorgehensweise bei der Montage des Getriebes hängt stark von den konstruktiven Details ab. In dieser Projektierungsanleitung werden daher ausschließlich Standardinformationen gegeben. In Ausnahmefällen kann die Vorgehensweise von den hier beschriebenen Möglichkeiten abweichen.

Falls die beschriebene Reihenfolge bei der Montage nicht eingehalten werden kann, fragen Sie bitte Harmonic Drive AG, ob im konkreten Fall eine andere Reihenfolge zulässig ist.

Die Montage muss grundsätzlich ohne Gewalteinwirkung erfolgen. Bei der Montage der Einbausätze sind die Montagevorschriften des Maschinenherstellers zu beachten. Falls nicht anders definiert, müssen alle Schrauben kreuzweise in 3 Schritten auf das vorgeschriebene Drehmoment angezogen werden.

Bereits im Lieferzustand angezogene Schrauben dürfen nicht gelöst werden. Flexspline und Circular Spline der SHG-2SO und SHG-2SH Units sind im Lieferzustand mit nur wenigen Schrauben fixiert. Die volle Abtriebslager- und Drehmomentbelastung darf daher erst dann erfolgen, wenn die Unit vollständig mit dem Maschinengehäuse und der Last verschraubt ist. Wir empfehlen daher, die Unit ohne Einleitung von Radial- oder Axialkräften mit dem Maschinengestell und der Last (Eigengewicht der Last beachten) zu verschrauben.

## 5.7.1 Motoranbau SHG-250

### Montage des Adapterflansches an den Motor

Zur Planung der Montager Reihenfolge ist es ggf. hilfreich, den maximalen Durchmesser des Wave Generators zu kennen, siehe Abb. 56.1. In Tabelle 56.2 sind die ungefähren Durchmesser der Wave Generator Hauptachsen angegeben.

Abbildung 56.1

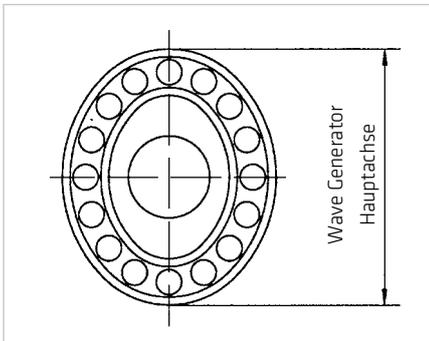


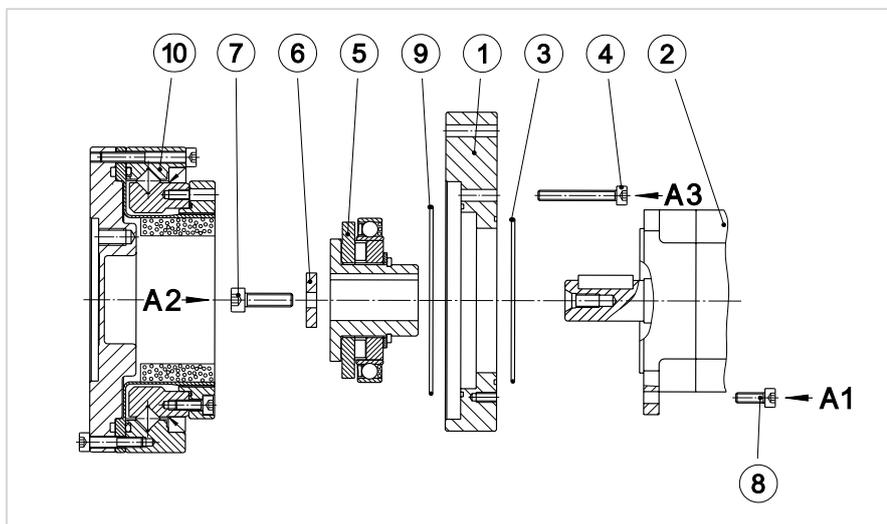
Tabelle 56.2

	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Ca. Ø Wave Generator Hauptachse	mm	36	43	50	63	82	100	114	125	146	164

Montageschritte (siehe Abbildung 56.3):

- 1) Montage des Adapterflansches (1) mittels Schrauben (8) an den Motor (2).
- 2) Montage des Wave Generators (5) auf die Motorwelle.
- 3) Montage der vormontierten Motor-Adapterflansch-Einheit an die Unit (10).

Abbildung 56.3

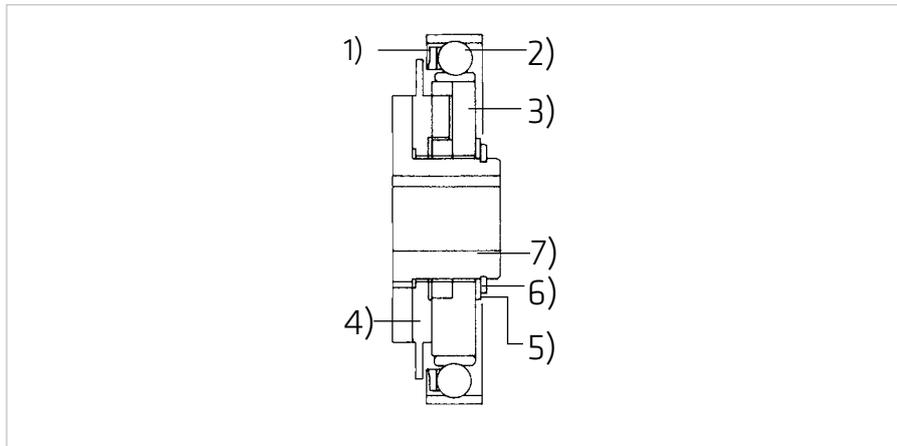


Zur Abdichtung des Motorflansches zum Motor bzw. zum Getriebe können O-Ringe (3) und (9) oder Flächendichtmittel verwendet werden. Die Dichtfläche des O-Ringes bzw. des Flächendichtmittels darf nicht unterbrochen sein (z. B. durch Bohrungen o. Ä.). Bei überwiegendem Betrieb mit unten liegendem Wave Generator oder Schmierung des Getriebes mit 4B No.2 sollte ein Motor mit Radialwellendichtring verwendet werden, um Eindringen von Grundöl in den Motor zu vermeiden.

## 5.7.2 Wave Generator Komponenten SHG-250

Abb. 57.1 zeigt einen Standard Wave Generator mit Oldham Kupplung.

Abbildung 57.1



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

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

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 Kundenzeichnung.

- Den gefetteten Wave Generator bis zu dem in der Kundenzeichnung angegebenen Montagemaß auf die Motorwelle schieben. Falls kein Montagemaß angegeben ist, den Wave Generator bis an den Wellenbund auf die Motorwelle schieben.
- Falls vorgesehen, Sicherungselement in die Aufnahmebohrung des Wave Generators fügen und mit Schraube befestigen. Bei Verwendung eines Spannelementes die Schrauben des Spannelementes in fünf Stufen und über Kreuz auf das Anzugsmoment gemäß Bestätigungszeichnung anziehen.

## 5.7.4 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 der WG geschmiert ist. Bei Ölschmierung die in der Maschinenzeichnung vorgeschriebene Ölmenge einfüllen.

## 5.7.5 Fügen des Wave Generators in den Flexspline

Beim 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.

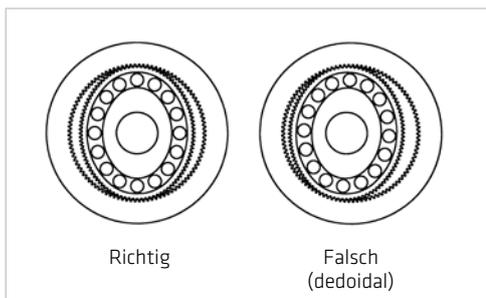
## 5.7.6 Überprüfen der Montage

In sehr seltenen Fällen kann eine asymmetrische Montage (Dedoidal) vorkommen, siehe Abbildung 58.1. 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 58.1



## 5.7.7 Montage des Abtriebsflansches

Bei diesen Units wird die Last über einen Flansch mit dem Abtriebslager verbunden. Je nach Befestigungsart kann der mit dem Außenring oder der mit dem Innenring des Abtriebslagers verbundene Flansch als Abtrieb benutzt werden. Die in der Tabelle 51.2 angeführten Toleranzen beinhalten die Summe aus Lager- und Flanschtoleranzen für Standard Units. Auf Wunsch sind Units mit geringeren Flanschtoleranzen lieferbar.

Tabelle 59.1

	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Anzahl der Schrauben						16	16	12	16	12	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	77	100	122	140	154	178	195
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,4	2,4	2,4	5,4	10,8	18,3	44	44	89	89
Übertragbares Drehmoment <sup>1)</sup>	[Nm]	88	216	248	520	1080	1867	2914	4274	5927	8658

## 5.7.8 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 59.2

	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	64	74	84	102	132	158	180	200	226	258
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,4	2,4	2,4	5,4	10,8	18,4	18,4	44	44	74
Übertragbares Drehmoment <sup>1)</sup>	[Nm]	128	222	252	516	1069	1813	3098	4163	6272	9546

<sup>1)</sup> Reibungskoeffizient  $\mu = 0,15$ ; Schraubenqualität 12.9

Gehäuse und Abtriebsflansch wie Tab. 59.1 und 59.2 montieren. Antrieb ist kundenseitig unter Berücksichtigung der Antriebslagerung auszulegen.

## 5.7.9 Montage der Eingangswelle SHG-2UH und SHG-2SH

Tabelle 59.3

	Einheit	SHG-14	SHG-17	SHG-20	SHG-25	SHG-32	SHG-40	SHG-45	SHG-50	SHG-58	SHG-65
Anzahl der Schrauben		3	3	6	6	6	6	6	6	8	6
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M3	M4	M4	M4	M4	M5
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	4,0	4,0	4,0	4,0	9,0

## 6. Außerbetriebnahme und Entsorgung

Die Getriebe, Servoantriebe und Motoren beinhalten Schmierstoffe für Lager und Getriebe sowie elektronische Bauteile und Platinen. Daher muss auf fachgerechte Entsorgung entsprechend der nationalen und örtlichen Vorschriften geachtet werden. Da Schmierstoffe (Fette und Öle) Gefahrstoffe sind und entsprechend den gültigen Gesundheitsschutzvorschriften behandelt werden sollten, empfehlen wir, bei Bedarf das gültige Sicherheitsdatenblatt bei uns anzufordern.

## 7. Glossar

### 7.1 Technische Daten

#### Abstand R [m] oder [mm]

Distanz zwischen Abtriebslagermitte und Angriffspunkt der Last.

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

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 der CHM Servomotoren beschreibt das Stillstandsrehmoment 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 $n_N$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

Abtriebsdrehzahl, welche bei Belastung des Antriebes 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 Antriebes mit Bemessungsdrehmoment und Bemessungsdrehzahl.

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

Anschlussspannung der Haltebremse.

#### Drehfeldinduktivität $L_d$ [mH]

Summe aus Luftspaltinduktivität und Streufeldinduktivität bezogen auf das einphasige Ersatzschaltbild der Synchronmaschine.

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

Quotient aus Stillstandsrehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

### Drehmomentkonstante (Motor) $k_{TM}$ [Nm/A<sub>eff</sub>]

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 $F_{A\ dyn (max)}$ [N]

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

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

Bei rotierendem Lager maximal zulässiges Kippmoment, wobei keine Axial- oder Radialkräfte wirken dürfen. Der Wert basiert nicht auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauerberechnung des Lagers höhere Werte zulässt.

### Dynamische Radiallast $F_{R\ dyn (max)}$ [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<sub>eff</sub>]

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 $T_{Br}$ [Nm]

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

### Haltestrom der Bremse $I_{Br}$ [A<sub>DC</sub>]

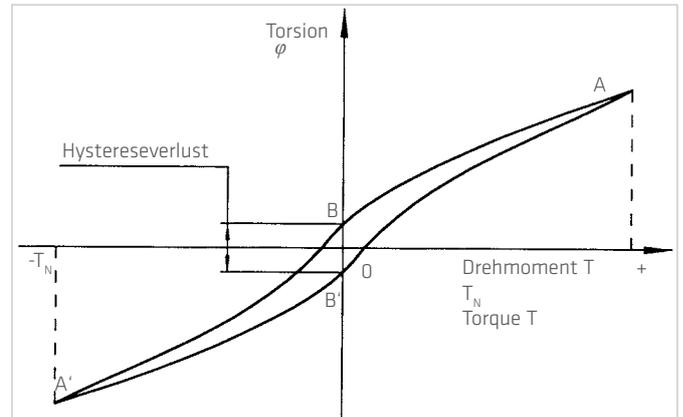
Strom zum Halten der Bremse.

### Hohlwellendurchmesser $d_H$ [mm]

Freier Innendurchmesser der axialen, durchgängigen Hohlwelle.

## Hystereseverlust (Harmonic Drive® Getriebe)

Harmonic Drive® Getriebe zeigen bei Beaufschlagung mit einem Drehmoment die in der Hysteresekurve dargestellte Charakteristik. Zur Ermittlung der Hysteresekurve wird bei blockierter Eingangswelle ein Drehmoment an der Abtriebswelle eingeleitet. Ausgehend vom 0-Punkt werden nacheinander die Punkte A-B-A'-B'-A angefahren (siehe Abbildung). Der Betrag B-B' wird als Hystereseverlust bezeichnet.



$T_N$  = Nenndrehmoment  
 $\varphi$  = Abtriebsdrehwinkel

## Induktivität (L-L) $L_{L-L}$ [mH]

Berechnete Anschlussinduktivität ohne Berücksichtigung der magnetischen Sättigung der Motoraktivteile.

## Kippsteifigkeit $K_B$ [Nm/arcmin]

Beschreibt das Verhältnis zwischen anliegendem Kippmoment und dem Kippwinkel am Abtriebslager.

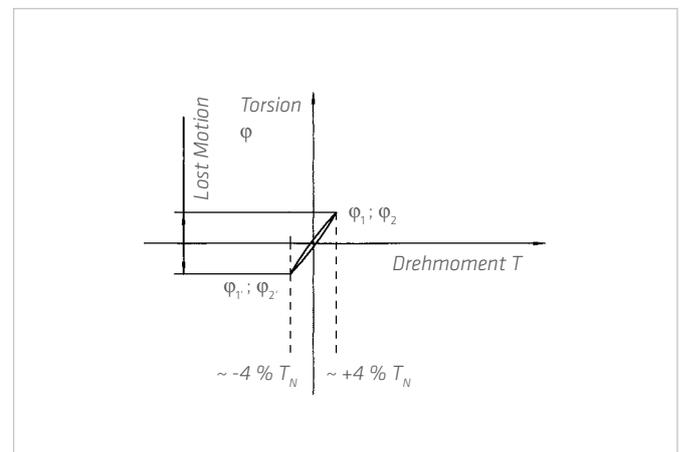
## Kollisionsdrehmoment $T_M$ [Nm]

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. Die erlaubte Anzahl von Kollisionsdrehmoment-Ereignissen kann mit der im Auslegungsschema angegebenen Gleichung berechnet werden, siehe Kapitel "Antriebsauslegung".

## 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 $J_{in}$ [kgm<sup>2</sup>]

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

## Massenträgheitsmoment $J_{out}$ [kgm<sup>2</sup>]

Massenträgheitsmoment bezogen auf den Abtrieb.

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

Maximal kurzzeitig zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung. Die maximale Antriebsdrehzahl kann kurzzeitig beliebig oft angefahren werden, solange die durchschnittliche Antriebsdrehzahl der Anwendung kleiner ist als die zulässige mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

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

Maximal kurzzeitig zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung. Die maximale Antriebsdrehzahl kann kurzzeitig beliebig oft angefahren werden, solange die durchschnittliche Antriebsdrehzahl der Anwendung kleiner ist als die zulässige mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

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

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

### Maximales Drehmoment $T_{max} [\text{Nm}]$

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 $d_{H(max)} [\text{mm}]$

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

### Maximale Leistung $P_{max} [\text{W}]$

Maximal abgegebene Leistung.

### Maximale stationäre Zwischenkreisspannung $U_{DC(max)} [\text{VDC}]$

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

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

Der Maximalstrom ist der kurzzeitig zulässige Strom.

### Mechanische Zeitkonstante $\tau_m [\text{s}]$

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. Die durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl der Anwendung muss kleiner sein als die mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

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

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung. Die durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl der Anwendung muss kleiner sein als die mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

### Motor Bemessungsdrehzahl $n_N$ [min<sup>-1</sup>]

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<sub>eff</sub>]

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

### Motor maximale Drehzahl $n_{max}$ [min<sup>-1</sup>]

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 Kugellager des Wave Generators die nominelle Lebensdauer  $L_n$  mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit. Das Nenndrehmoment  $T_N$  wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

### Nenndrehzahl $n_N$ [min<sup>-1</sup>], Mechanik

Die Nenndrehzahl ist eine Referenzdrehzahl für die Berechnung der Getriebelebensdauer. Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Kugellager des Wave Generators die nominelle Lebensdauer  $L_n$  mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit. Die Nenndrehzahl  $n_N$  wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

Produktreihe	Einheit	$n_N$
CobaltLine®, HFUC, HFUS, CSF, CSG, CSD, SHG, SHD	[min <sup>-1</sup> ]	2000
PMG Baugröße 5	[min <sup>-1</sup> ]	4500
PMG Baugröße 8 bis 14	[min <sup>-1</sup> ]	3500
HPG, HPGP, HPN	[min <sup>-1</sup> ]	3000

### Nominelle Lebensdauer $L_n$ [h]

Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Kugellager des Wave Generators rechnerisch mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit die nominelle Lebensdauer  $L_n$ . Bei abweichender Belastung kann die Lebensdauer des Kugellagers des Wave Generators mit den Gleichungen im Kapitel „Antriebsauslegung“ berechnet werden.

### Öffnungsstrom der Bremse $I_{obr}$ [A<sub>DC</sub>]

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.

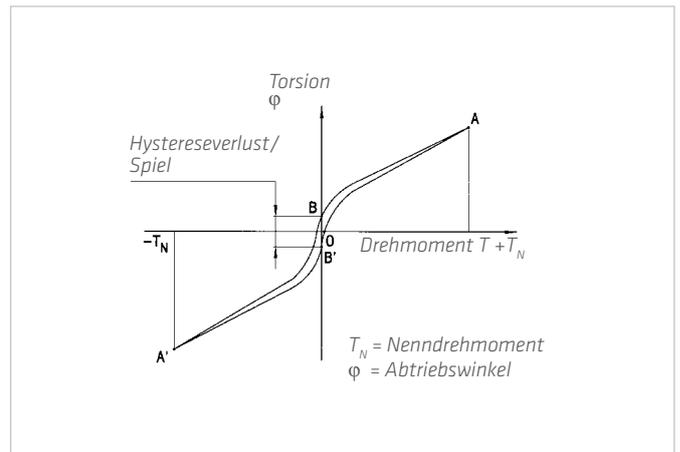
## Schutzart IP

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

## Spiel (Harmonic Planetengetriebe) [arcmin]

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

Ausgehend von Punkt O 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<sub>0</sub> [N]

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

## Statisches Kippmoment M<sub>0</sub> [Nm]

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

## Stillstands Drehmoment T<sub>0</sub> [Nm]

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Antrieb.

## Stillstandsstrom I<sub>0</sub> [A<sub>eff</sub>]

Effektivwert des Motorstrangstroms zur Erzeugung des Stillstands Drehmomentes.

## Teilkreisdurchmesser d<sub>p</sub> [m]

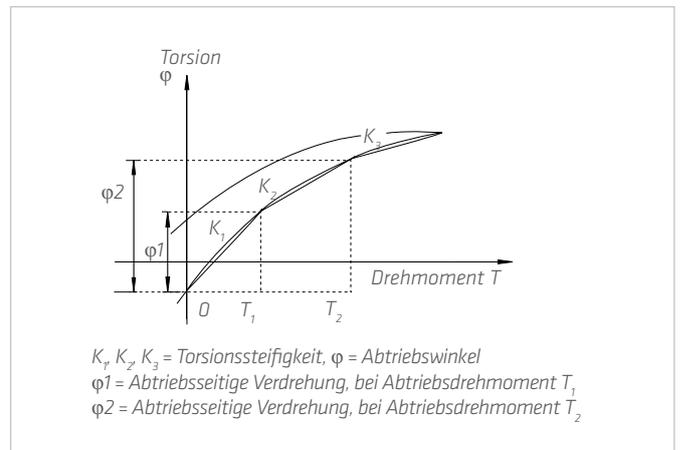
Teilkreisdurchmesser der Wälzkörperlaufbahn des Abtriebslagers.

## Torsionssteifigkeit (Harmonic Drive® Getriebe)

### K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> [Nm/rad]

Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Für die Ermittlung der Torsionssteifigkeit wird die Drehmoment-Torsions-Kurve in drei Bereiche aufgeteilt und die Torsionssteifigkeiten K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> und K<sub>3</sub> durch Linearisierung ermittelt.

- K<sub>1</sub>: Bereich kleiner Drehmomente     0 ~ T<sub>1</sub>
- K<sub>2</sub>: Bereich mittlerer Drehmomente    T<sub>1</sub> ~ T<sub>2</sub>
- K<sub>3</sub>: Bereich höherer Drehmomente     > T<sub>3</sub>

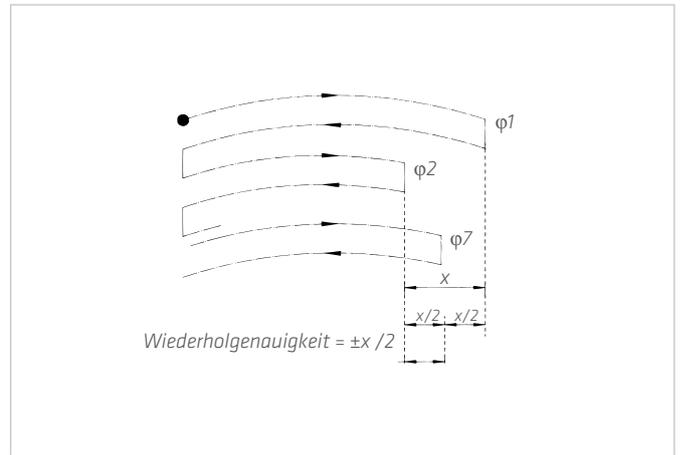


Die angegebenen Werte für die Torsionssteifigkeiten K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> und K<sub>3</sub> sind Durchschnittswerte, die während zahlreicher Tests ermittelt wurden. Die Grenzdrehmomente T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub> sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in den Kapiteln „Torsionssteifigkeit“ sowie „Ermittlung des Torsionswinkels“ dieser Dokumentation 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) $R_{L-L}$ [ $\Omega$ ]

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

## 7.2 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.





Deutschland  
Harmonic Drive AG  
Hoenbergstraße 14  
65555 Limburg/Lahn

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

[info@harmonicdrive.de](mailto:info@harmonicdrive.de)  
[www.harmonicdrive.de](http://www.harmonicdrive.de)



Technische Änderungen vorbehalten.