

Projektierungsanleitung Units SHD-2SH



Harmonic
Drive AG



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

Inhalt

1.	Allgemeines	4
1.1	Erläuterung der verwendeten Symbolik	5
1.2	Haftungsausschluss und Copyright	5
2.	Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise	6
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
3.	Technische Beschreibung	9
3.1	Produktbeschreibung	9
3.2	Bestellbezeichnungen	10
3.3	Technische Daten	11
3.3.1	Allgemeine technische Daten	11
3.3.2	Abmessungen	12
3.3.3	Minimaler Gehäuseabstand	14
3.3.4	Genauigkeit	14
3.3.5	Torsionssteifigkeit	14
3.3.6	Lagerung	15
3.3.7	Verwendete Materialien	15
4.	Antriebsauslegung	16
4.1	Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben	18
4.1.1	Drehmomentbasierte Auslegung	19
4.1.2	Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers	21
4.1.3	Steifigkeitsbasierte Auslegung	22
4.2	Berechnung des Torsionswinkels	24
4.3	Wirkungsgradberechnung	25
4.3.1	Schema der Wirkungsgradberechnung	25
4.3.2	Wirkungsgrad Korrekturfaktor	26
4.3.3	Wirkungsgrad Korrekturwert	26
4.3.4	Wirkungsgradtabellen	27
4.4	Lastfreie Drehmomente	28
4.4.1	Lastfreies Laufdrehmoment	28
4.4.2	Lastfreies Anlaufdrehmoment	29
4.4.3	Lastfreies Rückdrehmoment	29
4.5	Abtriebslager – Lebensdauer	30
4.5.1	Abtriebslager bei Schwenkbewegungen	32
4.6	Zulässiges statisches Kippmoment	33
4.7	Kippwinkel	33
4.8	Schmierung	34
4.8.1	Fettschmierung	34
4.8.2	Ölschmierung	36
4.9	Axialkräfte am Wave Generator	37

5.	Installation und Betrieb	38
5.1	Transport und Lagerung.....	38
5.2	Anlieferungszustand.....	38
5.3	Montagehinweise.....	38
5.4	Montagetoleranzen.....	39
5.5	Schmierung	40
	5.5.1 Fettschmierung	40
	5.5.2 Fettmengen	41
	5.5.3 Fettreservoir	41
	5.5.4 Fettwechsel.....	41
5.6	Vorbereitung.....	42
5.7	Montage.....	43
	5.7.1 Motoranbau.....	44
	5.7.2 Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle.....	45
	5.7.3 Prüfung von dem Fügen des Wave Generators	45
	5.7.4 Fügen des Wave Generators in den Flexspline	45
	5.7.5 Überprüfen der Montage.....	45
	5.7.6 Montage des Abtriebsflansches	46
	5.7.7 Montage des Gehäuseflansches	46
	5.7.8 Montage des Wave Generators auf die Eingangswelle	46
6.	Außerbetriebnahme und Entsorgung.....	47
7.	Glossar	48
7.1	Technische Daten	48
7.2	Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen	55

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

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

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

Kurze Baulänge mit größter Hohlwelle

Die Units der Baureihe SHD sind erhältlich in sechs Baugrößen mit den Untersetzungen 50, 80, 120 und 160 bei einem wiederholbaren Spitzendrehmoment zwischen 12 und 453 Nm.

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

Die Simplicity Units SHD-2SH zeichnen sich durch kompakteste Abmessungen und geringes Gewicht aus. Sie bestehen aus dem Einbausatz mit verkürztem Flexspline und dem hochbelastbaren Abtriebslager. Die Einsparung des An- und Abtriebsflansches ermöglicht maximale Flexibilität bei der konstruktiven Einbindung. Durch die integrierte Hohlwelle können Versorgungsleitungen, Wellen oder Kabel für weiterführende Antriebssysteme durchgeführt werden. Aufgrund des hochbelastbaren, integrierten Abtriebslagers kann die Unit schnell und einfach hohe Lasten aufnehmen.

3.2 Bestellbezeichnungen

Tabelle 10.1

Baureihe	Baugröße	Untersetzung ¹⁾					Version	Sonderausführung
SHD	14	50	80	100			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		
Bestellbezeichnung								
SHD	20	100			2SH	SP		

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

Tabelle 10.2

Version	
Bestellbezeichnung	Beschreibung
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]	SHD-14-2SH			SHD-17-2SH			
Untersetzung	i []	50	80	100	50	80	100	120
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	12	16	19	23	29	37	37
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	4,8	7,7	7,7	18	19	27	27
Nenn Drehmoment	T_N [Nm]	3,7	5,4	5,4	11	15	16	16
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	23	35	35	48	61	71	71
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	8500			7300			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500			3500			
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$\cdot 10^{-4}$ kgm ²]	0,021			0,054			
Gewicht	m [kg]	0,33			0,42			

Tabelle 11.2

	Symbol [Einheit]	SHD-20-2SH					SHD-25-2SH				
Untersetzung	i []	50	80	100	120	160	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	39	51	57	60	64	69	96	110	117	123
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	24	33	34	34	34	38	60	75	75	75
Nenn Drehmoment	T_N [Nm]	17	24	28	28	28	27	44	47	47	47
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	69	89	95	95	95	127	179	184	204	204
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	6500					5600				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500					3500				
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$\cdot 10^{-4}$ kgm ²]	0,090					0,282				
Gewicht	m [kg]	0,52					0,91				

3.3.2 Abmessungen

Abbildung 12.1

SHD-14-2SH [mm]

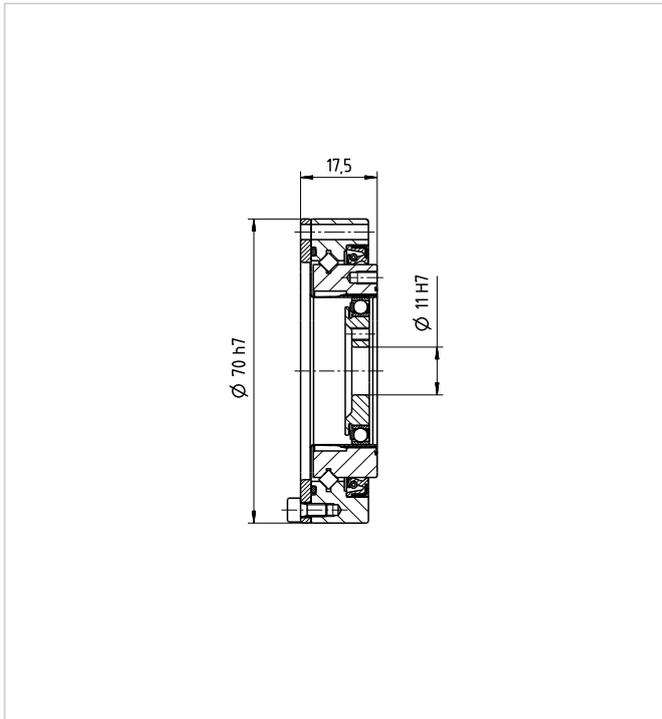


Abbildung 12.2

SHD-17-2SH [mm]

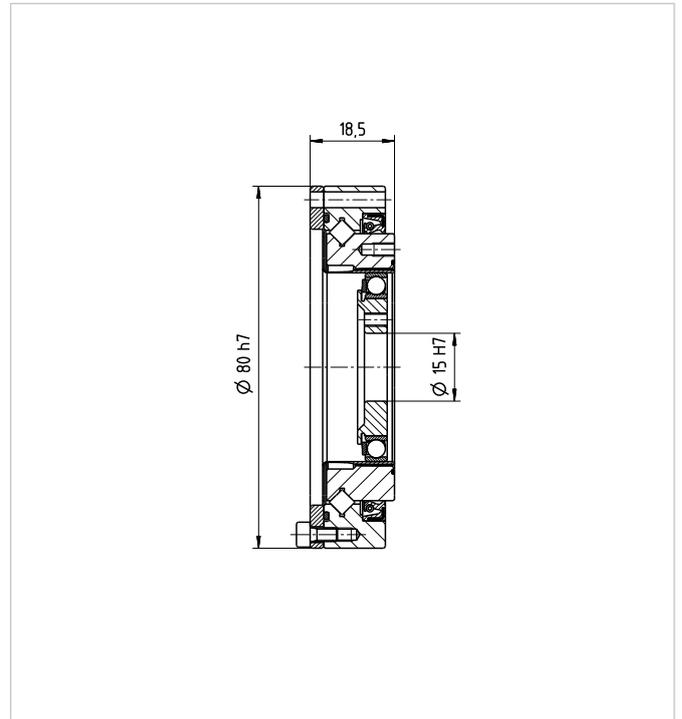


Abbildung 12.3

SHD-20-2SH [mm]

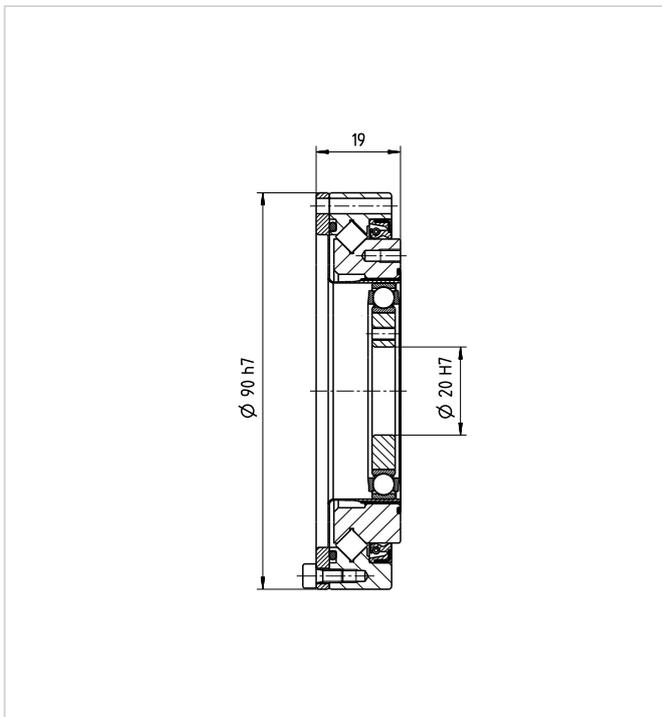


Abbildung 12.4

SHD-25-2SH [mm]

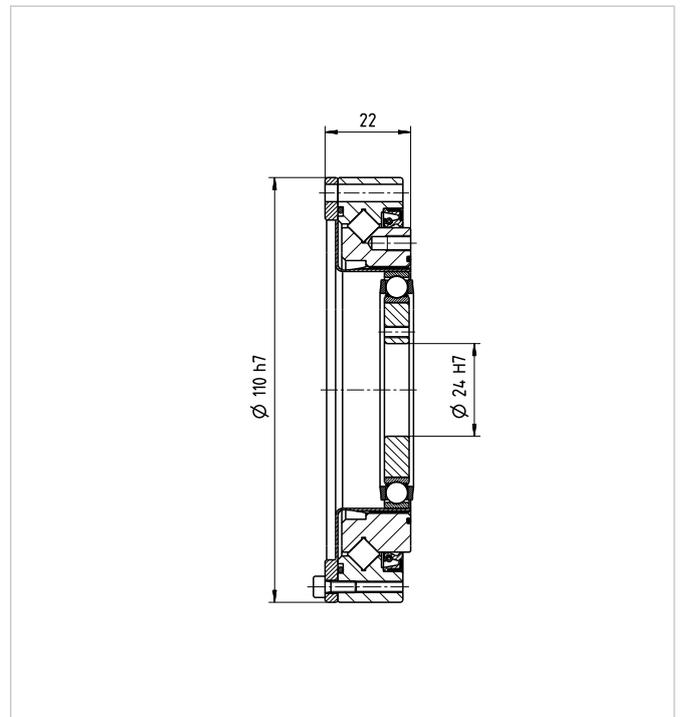


Tabelle 13.1

	Symbol [Einheit]	SHD-32-2SH					SHD-40-2SH				
		50	80	100	120	160	50	80	100	120	160
Untersetzung	i []	50	80	100	120	160	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	151	213	233	247	261	281	364	398	432	453
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	75	117	151	151	151	137	198	260	315	316
Nenn Drehmoment	T_N [Nm]	53	83	96	96	96	96	144	185	205	206
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	268	398	420	445	445	480	686	700	765	765
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	4800					4000				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500					3000				
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$\cdot 10^{-4}$ kgm ²]	1,09					2,85				
Gewicht	m [kg]	1,87					3,09				

Abbildung 13.2

SHD-32-2SH [mm]

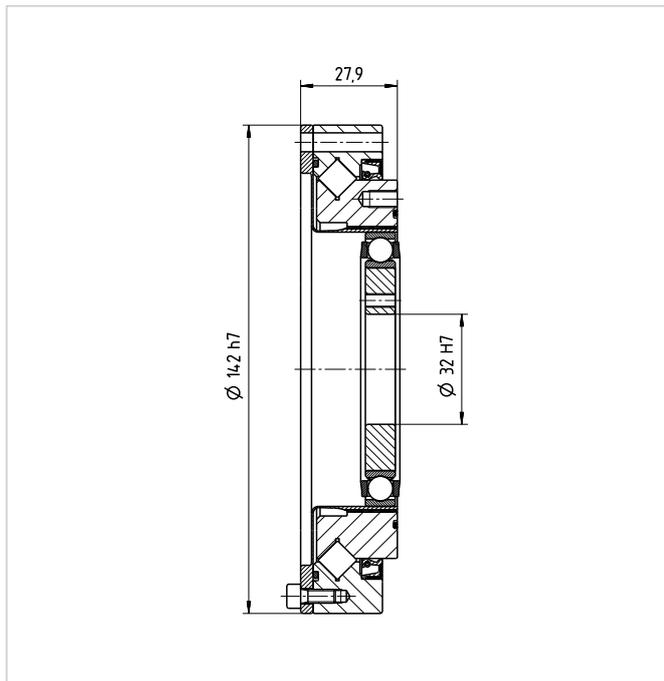
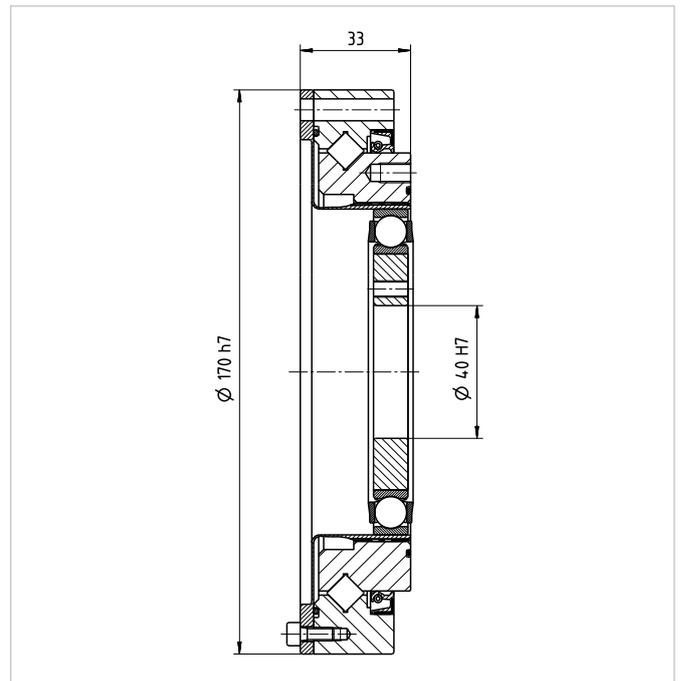


Abbildung 13.3

SHD-40-2SH



3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand

Tabelle 14.1

	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
$\varnothing w$	[mm]	31	38	45	56	73	90
x	[mm]	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5
y	[mm]	1,4	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8
$\varnothing z$	[mm]	38	45	53	66	86	106

Abbildung 14.2

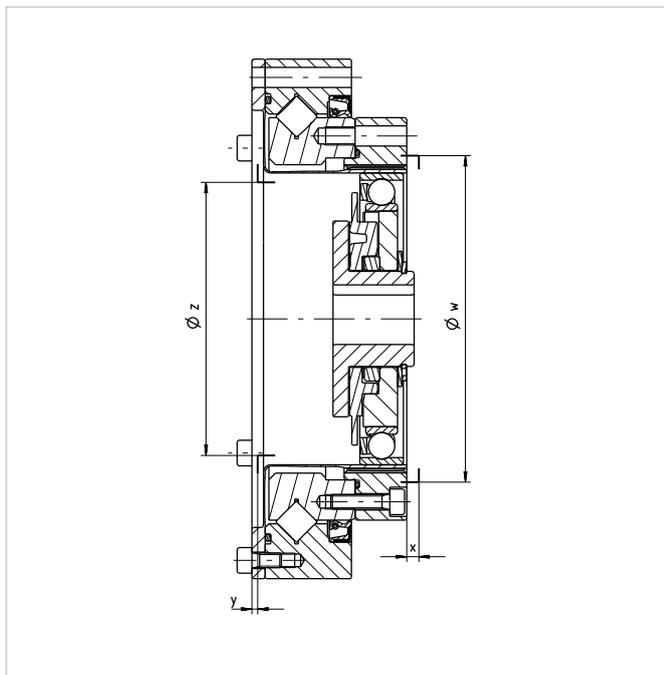


Abbildung ist nur repräsentativ.
Bitte die Bestätigungszeichnung für Details der tatsächlichen Getriebe anschauen.

3.3.4 Genauigkeit

Tabelle 14.3

	Symbol [Einheit]	SHD-14		SHD-17		SHD-20		SHD-25		SHD-32		SHD-40	
Untersetzung	i []	50	≥ 80										
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	$< 1,5$		$< 1,5$		$< 1,0$		$< 1,0$		$< 1,0$		$< 1,0$	
Wiederholgenauigkeit	[arcmin]	$< \pm 0,1$											
Hystereseverlust	[arcmin]	$< 2,5$	< 2	< 2	< 1	< 2	< 1	< 2	< 1	< 2	< 1	< 2	< 1
Lost Motion	[arcmin]	< 1		< 1		< 1		< 1		< 1		< 1	

3.3.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 14.4

	Symbol [Einheit]	SHD-14		SHD-17		SHD-20		SHD-25		SHD-32		SHD-40	
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	2		3,9		7		14		29		54	
	T_2 [Nm]	6,9		12		25		48		108		196	
Untersetzung	i []	50	≥ 80										
Torrionssteifigkeit	K_3 [$\cdot 10^3$ Nm/rad]	4,7	6,1	12	13	20	25	37	47	84	110	150	200
	K_2 [$\cdot 10^3$ Nm/rad]	3,7	4,4	8,8	9,4	13	17	27	37	61	78	110	140
	K_1 [$\cdot 10^3$ Nm/rad]	2,9	4	6,7	8,4	11	13	20	27	47	61	88	110

3.3.6 Lagerung

Abtriebslagerung

Die SHD Units sind mit einem hoch belastbaren Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgerüstet. Dieses, speziell an die Abmessungen der SHD 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 15.1 angegeben.

Tabelle 15.1

	Symbol [Einheit]	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
Teilkreis	d_p [m]	0,0503	0,061	0,070	0,086	0,112	0,133
Abstand	R [m]	0,0111	0,0115	0,0110	0,0121	0,0173	0,0195
Dynamische Tragzahl	C [N]	2900	5200	7300	10900	19100	21600
Statische Tragzahl	C_0 [N]	4300	8100	11000	17900	32700	40800
Zulässiges dynamisches Kippmoment	M [Nm]	37	62	93	129	290	424
Kippsteifigkeit	K_B [Nm/arcmin]	21	37	61	90	239	422

- Die dynamische Tragzahl ist eine bestimmte statische Radiallast, bei der die dynamische Grundlebensdauer des Rollenlagers eine Million Umdrehungen beträgt.
- Die statische Tragzahl ist eine statische Last, bei der sich ein bestimmtes Kontaktbelastungsmaß (4 kN/mm²) in der Mitte der Berührungsfläche zwischen dem Wälzkörper, auf den die maximale Last wirkt, und dem Laufbahn einstellt.
- Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert.

3.3.7 Verwendete Materialien

Material:

Abtriebslager: korrosionsgeschützt

Flexspline: blanker Stahl

Wave Generator: blanker Stahl

4. Antriebsauslegung

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

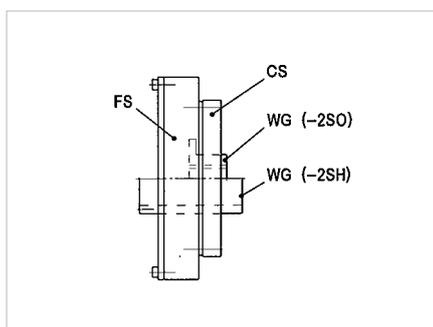
Gleichung 16.1

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

Überblick Harmonic Drive® Produkte

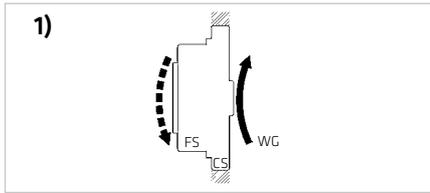
Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG) sind in der Abbildung 16.2 zu sehen.

Abbildung 16.2



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

Untersetzung



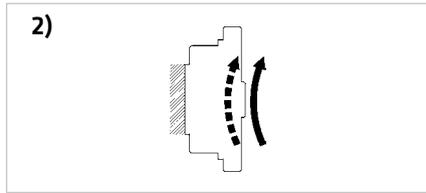
Untersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- WG Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 17.1

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



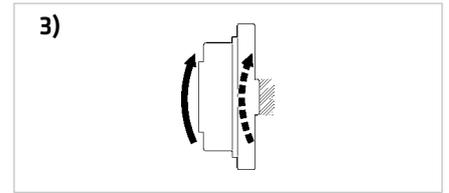
Untersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- WG Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 17.2

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



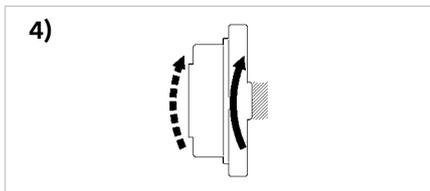
Untersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- FS Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 17.3

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



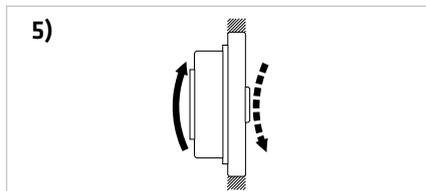
Übersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- CS Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 17.4

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



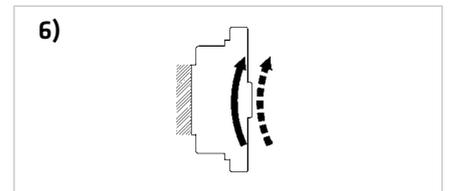
Übersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- FS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 17.5

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



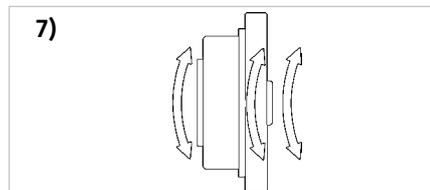
Übersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- CS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 17.6

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



Differenzialgetriebe

- WG Regelantrieb
- CS Hauptantrieb
- FS Hauptabtrieb

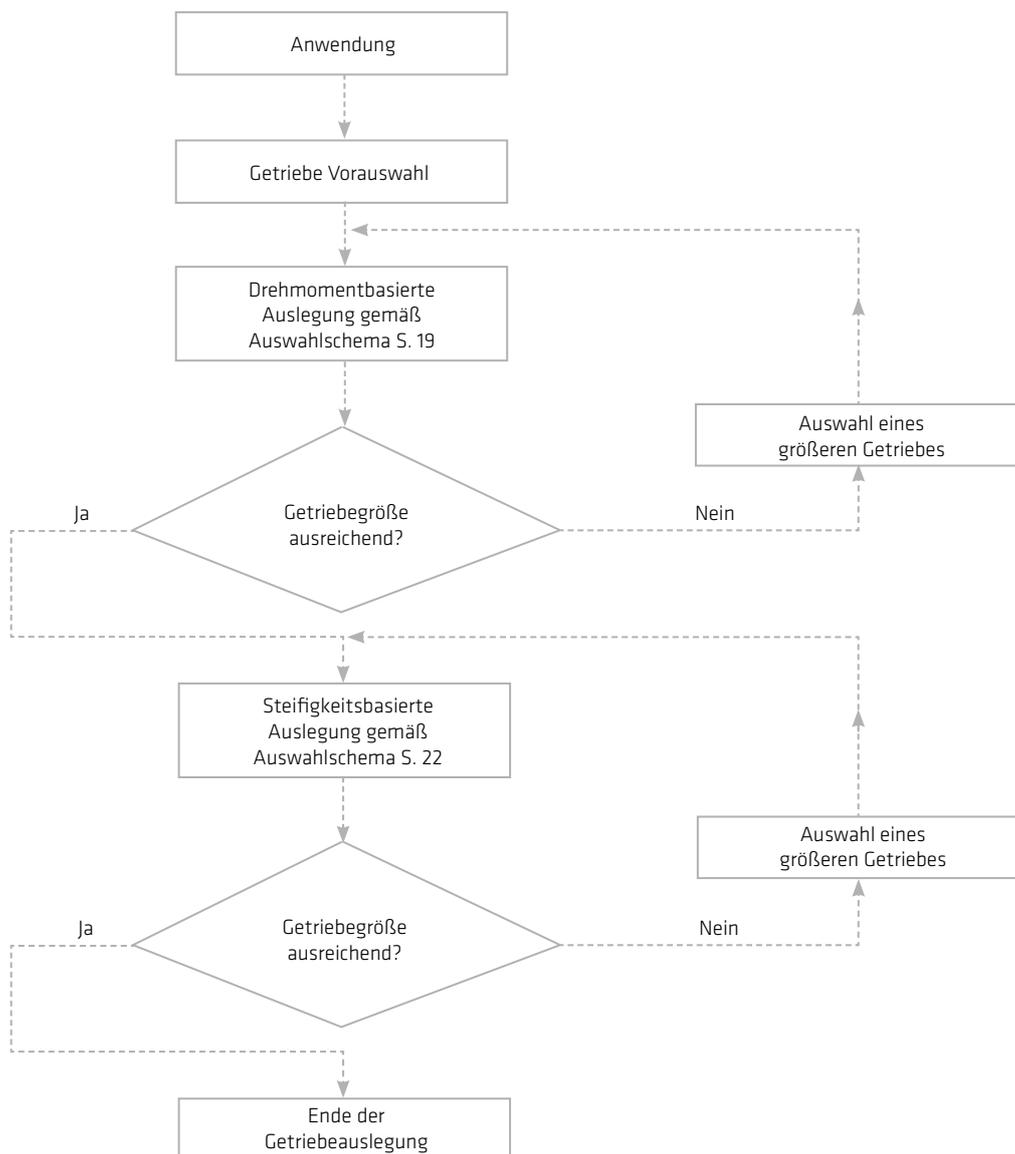
Zahlreiche Differenzialfunktionen können durch Kombination der Drehzahl und Drehrichtung der drei Bauteile erreicht werden. Wir beraten Sie gerne!

4.1 Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben

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

HINWEIS

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

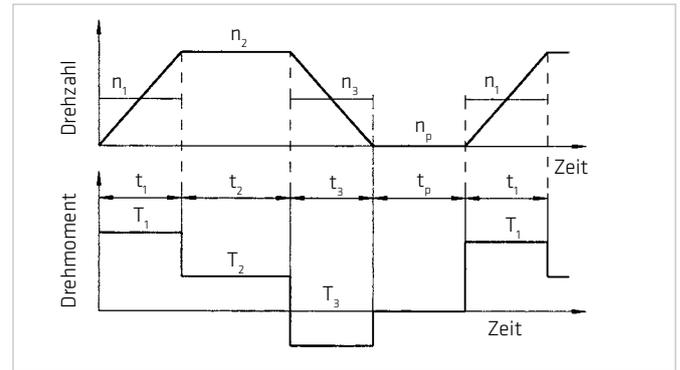


4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

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 ⁻¹]
Not-Stopp / Kollisionsmoment	T_k	[Nm]
bei Abtriebsdrehzahl	n_k	[min ⁻¹]
während der Zeit	t_k	[s]

Abbildung 19.1



Gleichung 19.2

Belastungsgrenze 1,
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes T_{av}

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

Gleichung 19.3



Gleichung 19.4

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

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

Gleichung 19.5

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 19.6

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 19.7

Zulässige mittlere Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 19.8

Belastungsgrenze 2, T_R

$$T_{max} \leq T_R$$

Gleichung 19.9

Belastungsgrenze 3, T_M

$$T_k \leq T_M$$

Gleichung 19.10

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

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

Gleichung 19.11

Lebensdauer

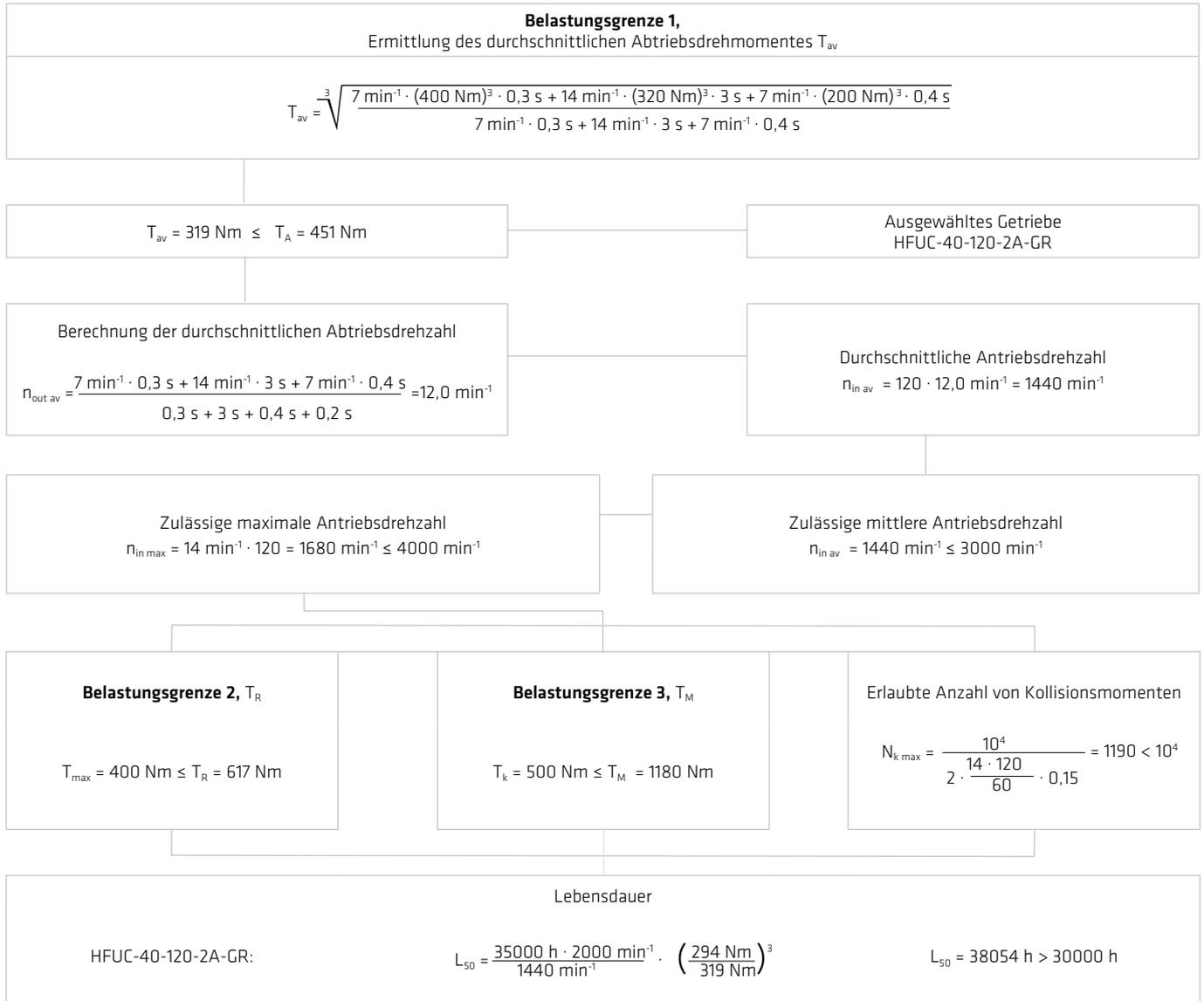
$$L_{50} = L_n \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{\text{Nennmoment } T_N}{T_{av}} \right)^3$$

Werte für L_n siehe Tabelle 21.1

Belastungsdaten am Abtrieb

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

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



4.1.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

Die Lebensdauerberechnung für Harmonic Drive® Getriebe bezieht sich auf die Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers. Die in den Leistungsdatentabellen angegebenen Nenndrehmomente bei Nenndrehzahl basieren auf einer nominellen Lagerlebensdauer L_n des Wave Generator Kugellagers.

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

Tabelle 21.1

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

Gleichung 21.2

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

Gleichung 21.3

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

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

4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

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

Tabelle 22.1

[Hz]

Anwendung	f_n
Langsam drehende Drehtische, langsam drehende Schweißroboter Grundachsen (kein Laserschweißen), langsam drehende Schweiß- und Schwenktische, Palettierroboter-Achsen	≥ 4
Knickarmroboter Grundachsen, Knickarmroboter Handachsen mit geringen Dynamikanforderungen, Werkzeugrevolver, Werkzeugmagazine, Schwenk- und Positionierachsen in medizinischen Geräten und Messgeräten	≥ 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	≥ 15
B/C-Achsen in 5-Achs Schleifmaschinen, Schweißroboter Handachsen (Laserschweißen), Fräsköpfe Kunststoffbearbeitung	≥ 20
C-Achsen in Drehmaschinen, Fräsköpfe Leichtmetallbearbeitung, Fräsköpfe Holzbearbeitung (Spanplatten etc.)	≥ 25
Fräsköpfe Holzbearbeitung (Hartholz etc.)	≥ 30
C-Achsen in Drehmaschinen*	≥ 35
Fräsköpfe für Metallbearbeitung*, B-Achsen in Dreh-Fräszentren für Metallbearbeitung	≥ 40
Fräsköpfe für Metallbearbeitung*, B-Achsen in Dreh-Fräszentren für Metallbearbeitung mit hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität*	≥ 50
Fräsköpfe für Metallbearbeitung mit sehr hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität*	≥ 60

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

Auslegungsbeispiel: Steifigkeitsbasierte Auslegung

Resonanzfrequenz (Getriebeabtrieb)

Mit der Formel

Gleichung 23.1

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

f_n = Resonanzfrequenz [Hz]

K_1 = Getriebe Torsionssteifigkeit K_1 [Nm/rad]

J = Massenträgheitsmoment der Last [kgm^2]

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

Resonanzdrehzahl (Getriebeeingang)

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

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

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

Auslegungsbeispiel

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

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung

Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm^2

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

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

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

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

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

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

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

Die Resonanzdrehzahl am Antrieb (Motor) beträgt :

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

Diese Drehzahl sollte während 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 24.1

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

Gleichung 24.2

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

Gleichung 24.3

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

ϕ = 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 24.4

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

4.3 Wirkungsgradberechnung

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.

4.3.1 Schema der Wirkungsgradberechnung

Tabelle 25.1

Berechnungsschema	Beispiel
	Wirkungsgrad eines SHD-20-80-2SH mit einer Antriebsdrehzahl $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ Abtriebsdrehmoment $T = 19,6 \text{ Nm}$ bei 20°C Umgebungstemperatur. Schmiermittel: Fett
Der Wirkungsgrad wird mittels der Wirkungsgrad-Diagramme ermittelt.	Aus zugehörigem Diagramm $\eta_R = 72 \%$
Berechnung des Drehmomentfaktors V . $V = \frac{T_{av}}{T_N} \quad [\text{Gleichung 25.2}]$ mit: T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment T_N = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl	$T_{av} = 19,6 \text{ Nm}$ $T_N = 24,0 \text{ Nm}$ $V = \frac{19,6 \text{ Nm}}{24,0 \text{ Nm}} = 0,82$
Bestimmung des Berechnungsfaktors K in Abhängigkeit des Drehmomentfaktors V , siehe Abb. 26.2.	$K = 0,96$
Bestimmung des Korrekturwertes η_e , siehe Abb. 26.3	$\eta_e = 2,1 \%$
Berechnung des Gesamtwirkungsgrades η_L $\eta_L = K \cdot (\eta_R + \eta_e) \quad [\text{Gleichung 25.3}]$	$\eta_L = 0,96 \cdot (72 \% + 2,1 \%) = 71 \%$

4.3.2 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 26.1 bestimmt werden. Wenn das Lastmoment größer ist als das Nenndrehmoment, so ist der Korrekturfaktor $K = 1$.

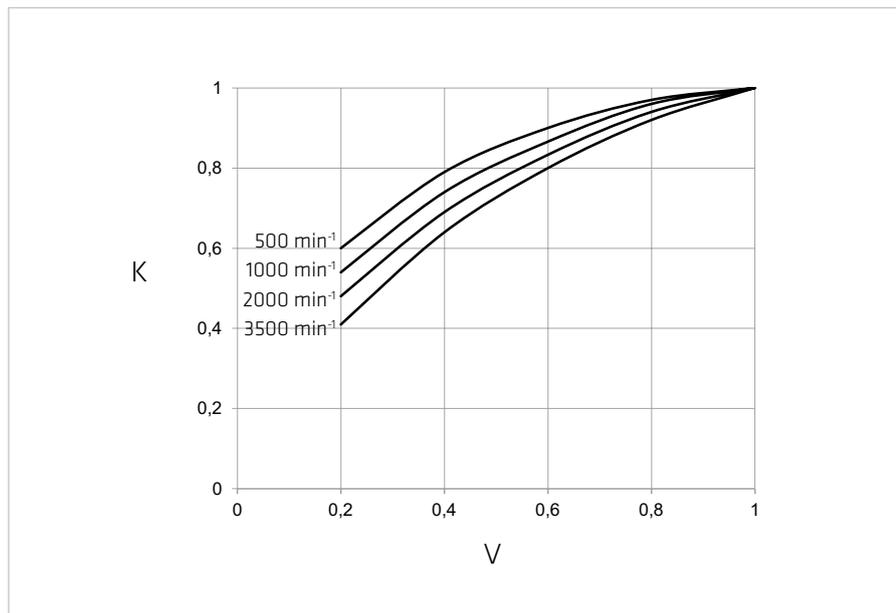
Berechnung des Drehmomentfaktors V

Gleichung 26.1

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

mit:
 T = Anliegendes Drehmoment
 T_N = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl

Abbildung 26.2



4.3.3 Wirkungsgrad Korrekturwert

Der Einfluss der Getriebebaugröße und der Untersetzung auf den Wirkungsgrad wird durch den Korrekturwert η_e berücksichtigt.

Abbildung 26.3

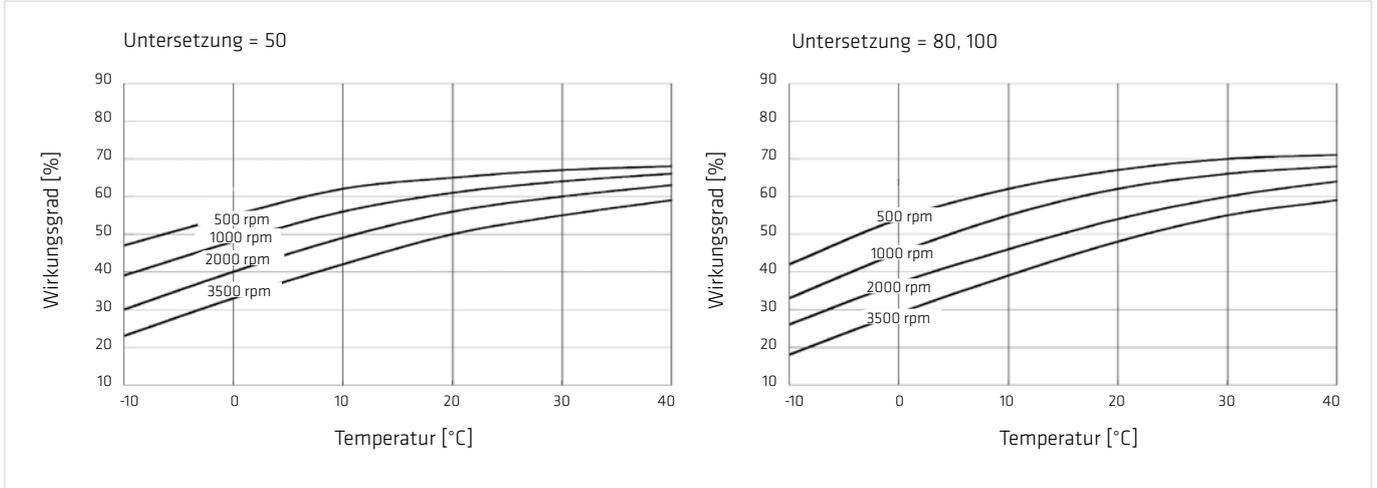
Untersetzung	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
50	%	0,0	2,4	2,1	-0,7	-1,9	-1,9
80	%	3,1	1,9	2,1	1,6	2,0	-1,2
100	%	0,0	0,0	1,6	-0,3	-1,1	-0,2
120	%	-	-2,6	-0,9	-2,9	-3,7	-1,1
160	%	-	-	1,3	-0,8	-1,6	0,9

4.3.4 Wirkungsgradtabellen

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

Baugröße 14

Abbildung 27.1



Baugröße 17-40

Abbildung 27.2

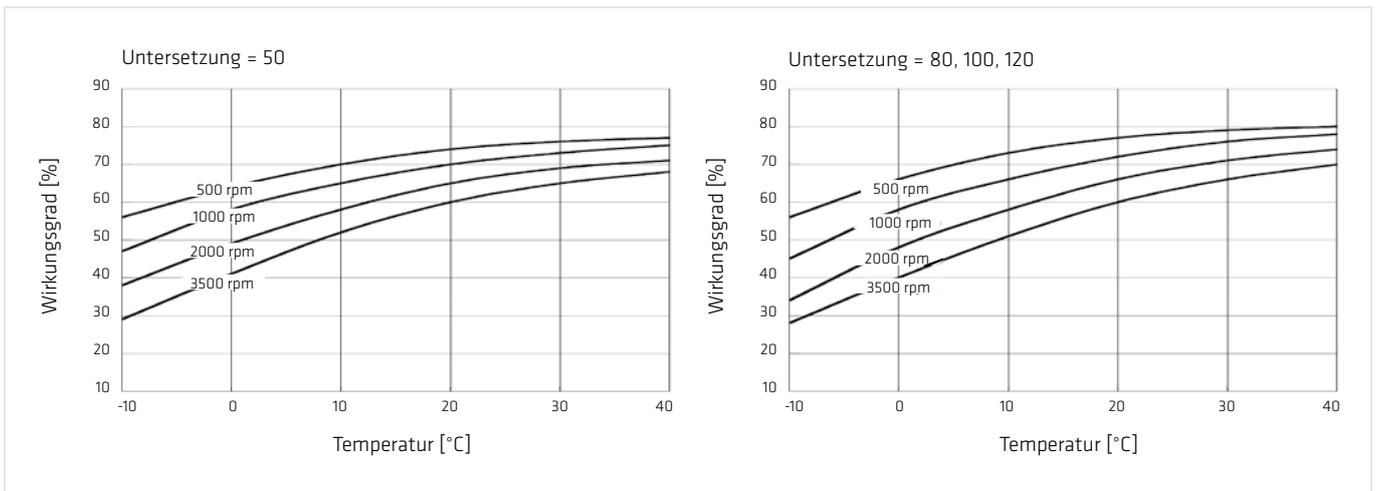
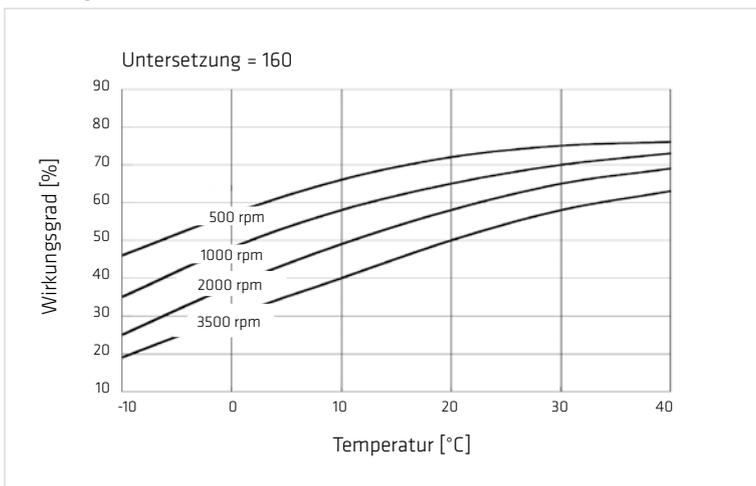


Abbildung 27.3



4.4 Lastfreie Drehmomente

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 Antriebselement (schnelle Seite) ohne Belastung am Abtriebsselement (langsame Seite) in Bewegung zu bringen.

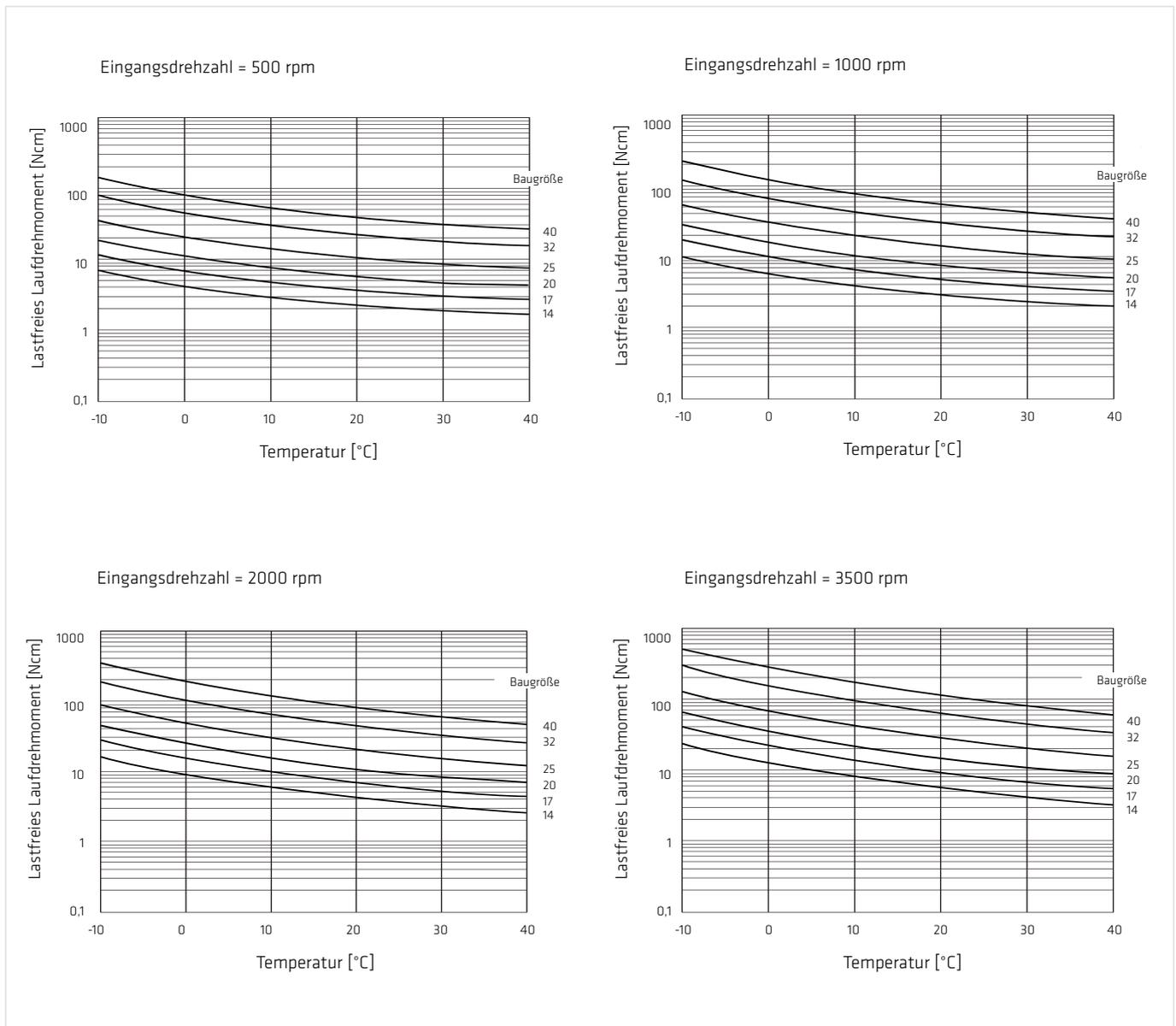
Lastfreies Rückdrehmoment

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

Die Diagramme gelten für: Harmonic Drive® Fett, Standard Schmierstoffmenge gemäß Projektierungsanleitung und Katalog. Untersetzung $i = 100$. Beim Einsatz anderer Untersetzungen sind die Korrekturwerte zu berücksichtigen. Bei Ölschmierung bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

4.4.1 Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 28.1



Korrekturwert lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 29.1

Untersetzung	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
50	Ncm	1,0	1,6	2,4	4,0	7,0	13
80	Ncm	0,2	0,3	0,5	0,8	1,4	2,4
120	Ncm	-	-0,2	-0,3	-0,5	-1,0	-1,7
160	Ncm	-	-	-0,7	-1,2	-2,4	-3,9

4.4.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 29.2

Untersetzung	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
50	Ncm	6,2	19	25	39	60	95
80	Ncm	5,0	16	23	36	55	83
100	Ncm	4,8	17	22	34	50	78
120	Ncm	-	13	22	34	48	77
160	Ncm	-	-	22	33	47	74

4.4.3 Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 29.3

Untersetzung	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
50	Ncm	3,7	11	15	24	36	57
80	Ncm	4,3	15	21	32	46	72
100	Ncm	5,8	21	27	41	60	94
120	Ncm	-	28	33	51	68	113
160	Ncm	-	-	42	64	91	143

4.5 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 30.1 bestimmt werden.

Gleichung 30.1

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

mit:

L_{10} [h] = Lebensdauer

n_{av} [min⁻¹] = durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 19.2)

C [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle „Leistungsdaten der Abtriebslagerung“ aus den Technischen Daten

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 31.1)

f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 30.3)

B = Lagertyp (Tabelle 30.4)

Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit

Gleichung 30.2

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

Tabelle 30.3

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

Tabelle 30.4

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

Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 31.1

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

mit:

- | | |
|--|--|
| F_{rav} [N] = Radialkraft (Gleichung 31.2) | x = Radialkraftfaktor (Tabelle 31.4) |
| F_{aav} [N] = Axialkraft (Gleichung 31.3) | y = Axialkraftfaktor (Tabelle 31.4) |
| d_p [m] = Teilkreis (Tabelle 15.1) | M = Kippmoment |

Gleichung 31.2

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

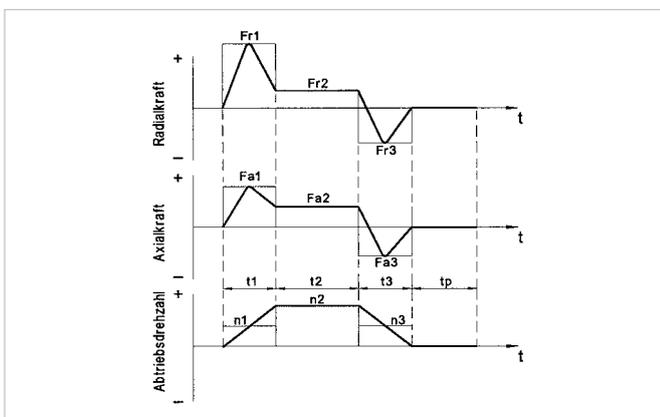
Gleichung 31.3

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

Tabelle 31.4

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 31.5



Hinweis:

F_{rx} entspricht der maximal auftretenden Radialkraft.

F_{ax} entspricht der maximal auftretenden Axialkraft.

t_p stellt die Pausenzeit dar.

4.5.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 32.1 berechnet.

Gleichung 32.1

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

mit:

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

n_1 [cpm] = Anzahl Schwingungen/Minute*

C [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 15.1

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 31.1)

φ [Grad] = Schwenkwinkel

f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 30.3)

* eine Schwingung entspricht 2φ

Schwenkwinkel

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

Abbildung 32.2

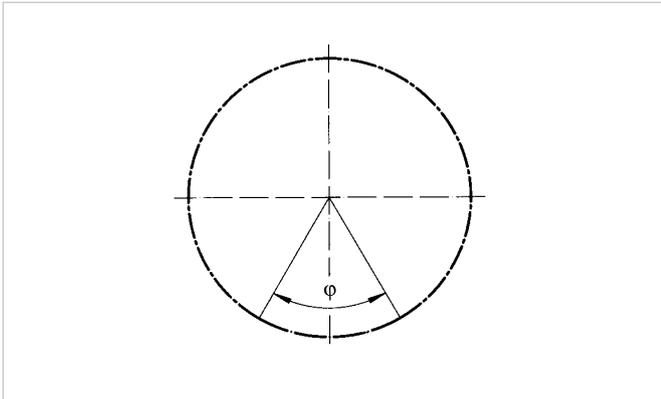


Tabelle 32.3

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

4.6 Zulässiges statisches Kippmoment

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

Gleichung 33.1

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

und so

Gleichung 33.2

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

f_s = Statischer Sicherheitsfaktor
($f_s = 1,5 \dots 3$) (Tabelle 33.3)

C_0 = Statische Tragzahl

F_r = $F_a = 0$

x_0 = 1

y_0 = 0,44

P_0 = Statische Äquivalentlast (Gleichung 33.1)

d_p = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers (Tabelle 15.1)

M = Kippmoment

M_0 = Zulässiges statisches Kippmoment

Tabelle 33.3

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

4.7 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 33.4 berechnet werden:

Gleichung 33.4

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

mit:

γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager

K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers (Tabelle 15.1)

4.8 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 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.

4.8.1 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® Fettes Flexolub®-A1 für alle Units der CP-Baureihen.

Achtung!

Die Harmonic Drive® Fette 4B No.2 und Flexolub®-A1 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 34.1

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 34.2

Fett	Untersetzung = 30						
	Baugröße						
	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 35.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Fetten.

Tabelle 35.1

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 ² /St	37; 5,9 mm ² /St	25; 5,2 mm ² /St	50; 12 mm ² /St
Tropfpunkt	197 °C	198 °C	180 °C	247 °C
Farbe	gelb	grün	beige	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® Fette 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 Fettes Drive® 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. Niedrigeren Geschwindigkeiten sind effektiver. Wählen Sie eine Eingangsdrehzahl so nah wie möglich an 1000 Umdrehungen pro Minute.
- die für die 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 36.1 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 36.1

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

Bemerkungen:

¹⁾ Betriebstemperatur = Schmierstofftemperatur

²⁾ Anwendungstests empfohlen

³⁾ Einsetzbarkeit bestätigt für alle Harmonic Drive® Katalogprodukte mit Flexspline in Topfform ab Baugröße 14. 1-kg-Gebinde bei HDAG vorrätig.

⁴⁾ 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.

⁵⁾ Empfohlen bei Anwendungen, die bestmöglichen Wirkungsgrad bei tiefen Temperaturen erfordern. Für hohe Abtriebsdrehmomente nicht geeignet.

4.8.2 Ölschmierung

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

Tabelle 36.2

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 beachten.

4.9 Axialkräfte am Wave Generator

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. 37.1. Beim Einsatz eines Harmonic Drive® Einbausatzes im Übersetzungsbetrieb (Rückwärtsbetrieb z. B. beim Bremsen) wirkt die Axialkraft in entgegengesetzter Richtung.

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

Abbildung 37.1

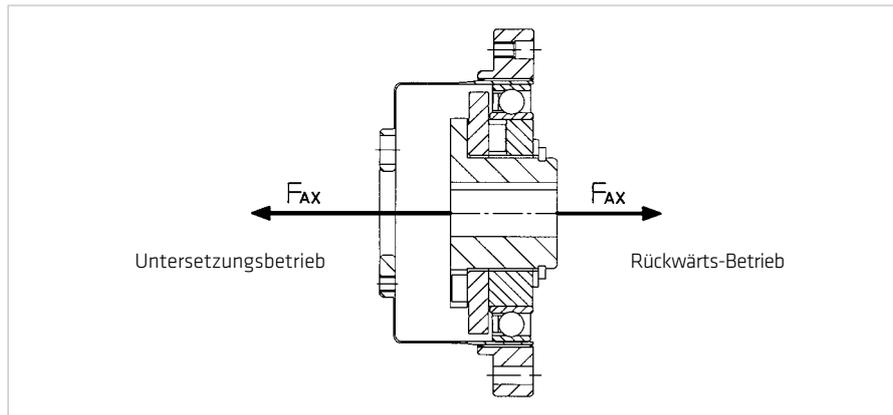


Tabelle 37.2

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32^\circ$	[Gleichung 37.3]
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 37.4]
80...160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 37.5]

mit:

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

Beispiel

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

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

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

Tabelle 37.6

	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40	SHD-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

Diese Units werden ohne Lebensdauer-Fettschmierung geliefert und müssen vor Inbetriebnahme kundenseitig mit einer Schmierstofffüllung versehen werden. Lediglich die Verzahnung des Circular Splines und des Flexsplines sowie das Abtriebslager sind bereits werksseitig fettgeschmiert, siehe Abbildung 40.1. Hinweise zum Fetttyp sind Kapitel 4.8.1 und 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

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Units sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 39.2 eingehalten werden.

Abbildung 39.1

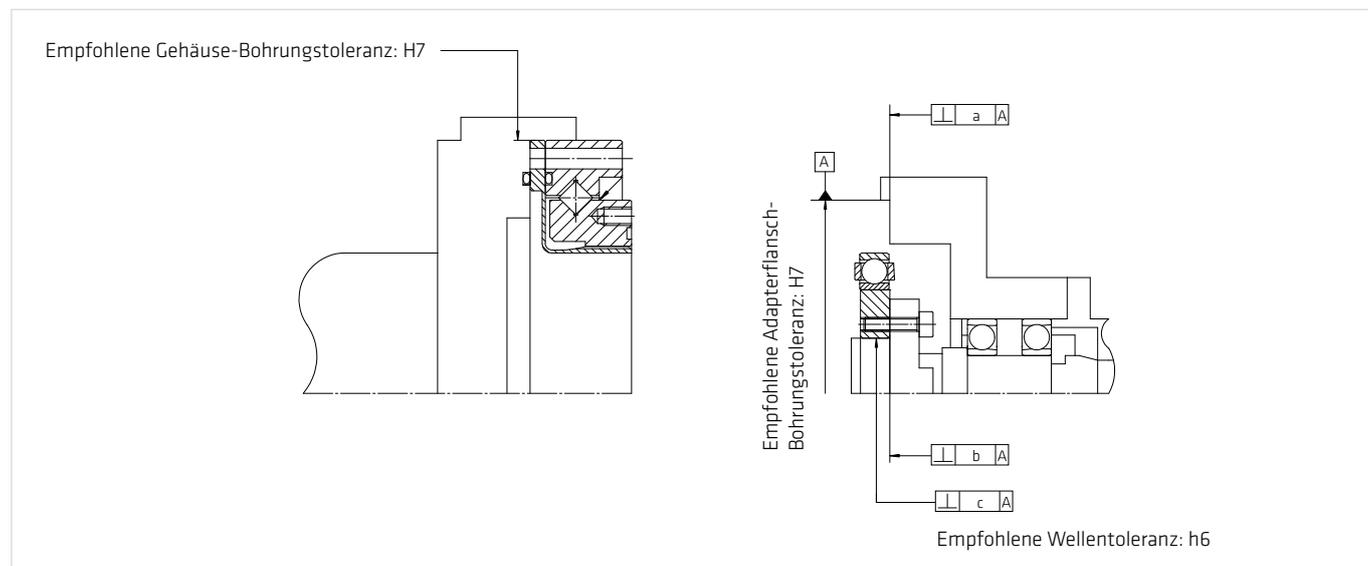


Tabelle 39.2

	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
a	[mm]	0,011	0,012	0,013	0,014	0,016	0,016
b	[mm]	0,006	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012
∅ c	[mm]	0,016	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024

5.5 Schmierung

Das empfohlene Harmonic Drive® Fett ist auf die speziellen Anforderungen der Harmonic Drive® Getriebe nach dem Wellgetriebeprinzip abgestimmt. Es gewährleistet konstante Genauigkeit der Getriebe über die gesamte Lebensdauer.

5.5.1 Fettschmierung

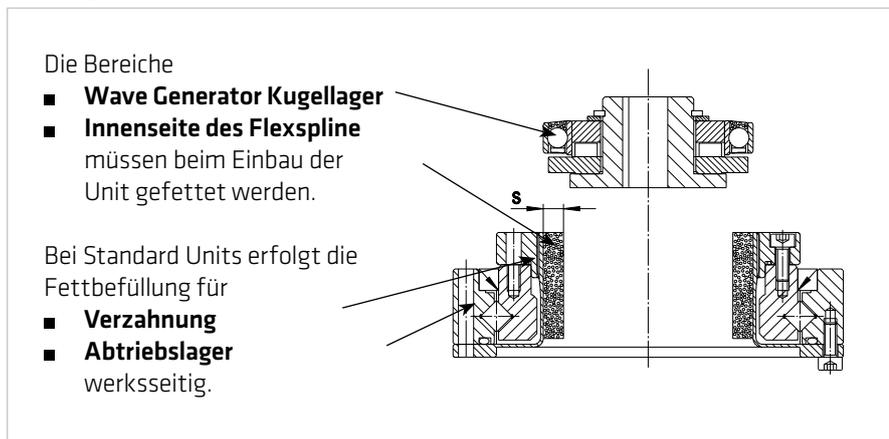
Diese Units werden ohne Lebensdauer-Fettschmierung geliefert und müssen vor Inbetriebnahme kundenseitig mit einer Schmierstofffüllung versehen werden. Die empfohlenen Fetttypen sind in Kapitel 4.8.1 aufgezeigt. Beim Einsatz eines anderen Fettes ist der Fetttyp auf der Kundenzeichnung vermerkt.

Bei der Lieferung von Standard Units sind die Verzahnungen von Flexspline und Circular Spline bereits fertig geschmiert. Vor der Montage muss das Wave Generator Kugellager und die Innenseite des Flexsplines gefettet werden. Eventuell muss zusätzlich Fett vor der Stirnseite des Wave Generators platziert werden, siehe Kapitel 5.5.3.

Wichtig bei Fettschmierung ist die Sicherstellung einer ausreichenden Fettmenge an den zu schmierenden Stellen. Dies kann durch die Optimierung des Bauraumes zwischen Getriebe und Gehäuse erreicht werden (siehe Abb. 40.2).

Abb. 40.1 zeigt die zu schmierenden Bereiche.

Abbildung 40.1



Die im folgenden Text definierten Betriebspositionen „Wave Generator oben“ bzw. „Wave Generator unten“ beziehen sich auf die relative Lage des Wave Generators zum Abtriebslager der Unit, s. Abb. 40.2

Abbildung 40.2

Einbaulage		
Vertikal, Wave Generator oben	Horizontal	Vertikal, Wave Generator unten

5.5.2 Fettmengen

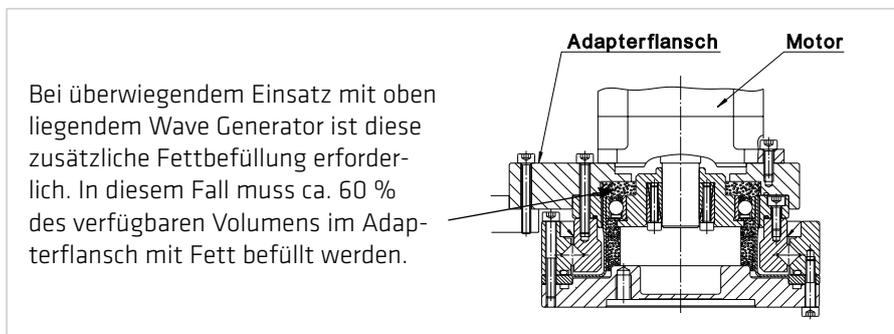
Tabelle 41.1

	Symbol [Einheit]	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
Abstand (s. Abb. 40.1)	s [mm]	3	4	5	6	8	10
Standard Fettmenge	[g]	5	9	13	24	51	99
	[cm ³]	5,5	10	14	26	56	109
Zusätzlich erforderliche Fettmenge bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator	[g]	1	1	2	4	7	13
	[cm ³]	1,1	1	2	4	8	14

5.5.3 Fettreservoir

Die erforderliche Fettmenge hängt von der Betriebsposition ab. Bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator ist eine zusätzliche Fettmenge oberhalb des Wave Generators zu platzieren, siehe Abbildung 40.2 und Tabelle 41.1.

Abbildung 41.2



5.5.4 Fettwechsel

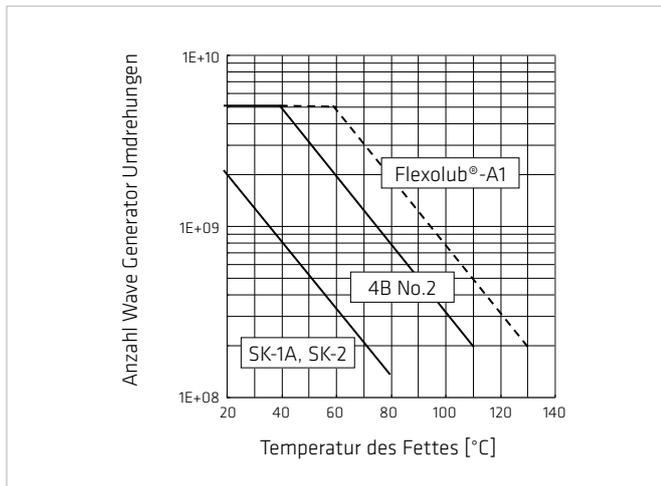
Bei einem Betrieb der Wellgetriebe bei regulären Betriebsbedingungen (durchschnittliche Umgebungstemperaturen $\leq 40\text{ °C}$, durchschnittliche Anwendungslasten \leq Nenndrehmoment bzw. Nenndrehzahl) ist die Initialschmierung (werkseitig oder kunden­seitig aufgebracht) ausreichend für eine Lebensdauerschmierung 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. 42.1 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 42.2 berechnet werden.

Zum Beispiel sollte bei Einsatz von SK-1A oder SK-2 Fett bei einer Temperatur von 40 °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 42.1



Gleichung 42.2

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

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

L_{GTn} = siehe Diagramm

T_N = Nenndrehmoment

T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment der Anwendung

5.6 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

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. Der Flexspline der Unit ist 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- und / oder Axialkräften mit dem Maschinengestell und der Last (Eigengewicht der Last beachten) zu verschrauben.

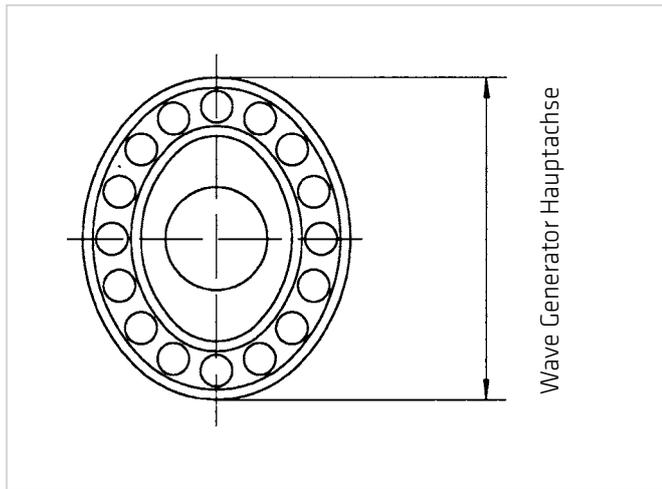
5.7.1 Motoranbau

Zur Planung der Montager Reihenfolge ist es ggf. hilfreich, den maximalen Durchmesser des Wave Generators zu kennen, siehe Abbildung 44.2. In Tabelle 44.1 sind die ca. Durchmesser der Wave Generator Hauptachsen angegeben.

Tabelle 44.1

Baugröße	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
Ca. Ø Wave Generator Hauptachse	[mm]	36	43	50	63	82	100

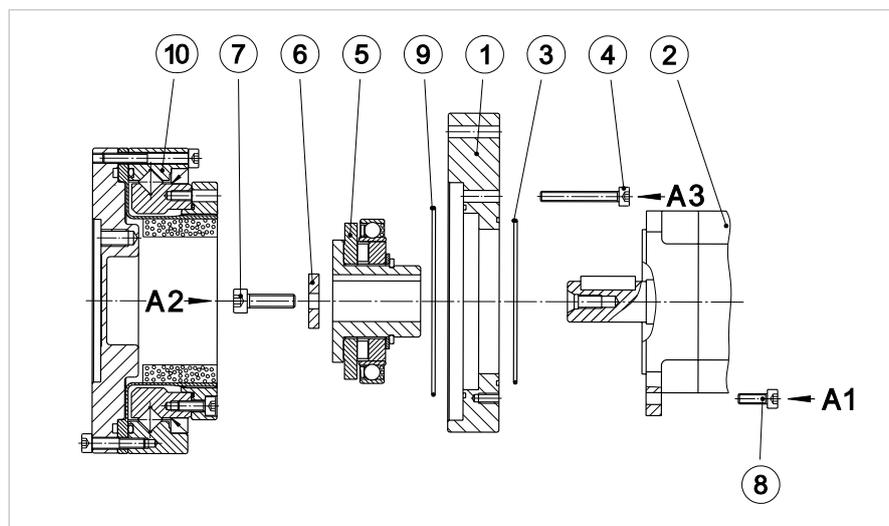
Abbildung 44.2



Montageschritte (siehe Abbildung 44.3):

- 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 44.3



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 Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle

Den WG vor oder nach der Montage auf die Antriebswelle gemäß Punkt 5.5 schmieren. Bei der Montage ist das in der Bestätigungszeichnung angegebene axiale Montagemaß einzuhalten.

Bei Verwendung eines Spannelementes die Schrauben des Spannelementes in fünf Stufen und über Kreuz auf das Anzugsmoment gemäß Zeichnung anziehen. Bei Verwendung einer geklebten Wellen-Naben Verbindung Punkt 5.5.4 beachten.

5.7.3 Prüfung von dem Fügen des Wave Generators

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

5.7.4 Fügen des Wave Generators in den Flexspline

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

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

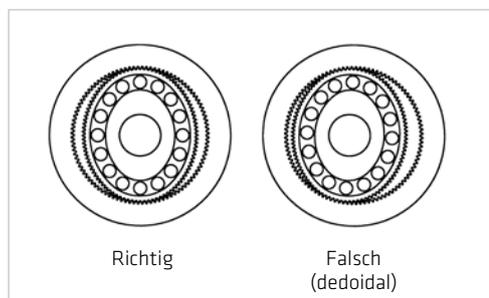
5.7.5 Überprüfen der Montage

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

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

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

Abbildung 45.1



5.7.6 Montage des Abtriebsflansches

Bei diesen Units wird die Last über einen Flansch mit dem Kreuzrollen-Abtriebslager verbunden. Je nach Befestigungsart kann der mit dem Außenring oder der mit dem Innenring des Abtriebslagers verbundene Flansch als Abtrieb benutzt werden. Als Standard wird der Innenring des Abtriebslagers als Abtriebsflansch definiert.

Tabelle 46.1

	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
Anzahl der Schrauben	[mm]	8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben	[mm]	M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	43	52	61	76	99	120
Anzugsmoment der Schraube	[mm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment*	[mm]	72	130	154	321	668	1148

* Reibungskoeffizient $\mu = 0,15$; Schraubenqualität 12.9

5.7.7 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 46.2

	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
Anzahl der Schrauben	[mm]	8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben	[mm]	M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	64	74	84	102	132	158
Anzugsmoment der Schraube	[mm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment*	[mm]	108	186	210	431	892	1509

* Reibungskoeffizient $\mu = 0,15$; Schraubenqualität 12.9

5.7.8 Montage des Wave Generators auf die Eingangswelle

Tabelle 46.3

	Einheit	SHD-14	SHD-17	SHD-20	SHD-25	SHD-32	SHD-40
Anzahl der Schrauben		4	4	4	4	4	4
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M4	M5
Teilkreisdurchmesser	[mm]	17	21	26	30	40	50
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	2,0	4,5	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 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 [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} [Nm/A_{eff}]

Quotient aus Stillstandsrehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

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

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom.

Durchschnittsdrehmoment T_A [Nm]

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

Dynamische Axiallast $F_{A\ dyn\ (max)}$ [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 τ_e [s]

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

Entmagnetisierungsstrom I_E [A_{eff}]

Beginn der Entmagnetisierung der Rotormagnete.

Gewicht m [kg]

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

Haltemoment der Bremse T_{Br} [Nm]

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

Haltestrom der Bremse I_{Br} [A_{DC}]

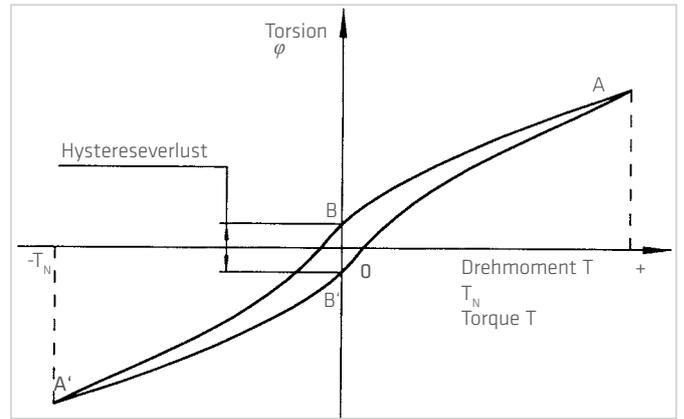
Strom zum Halten der Bremse.

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
 φ = 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.

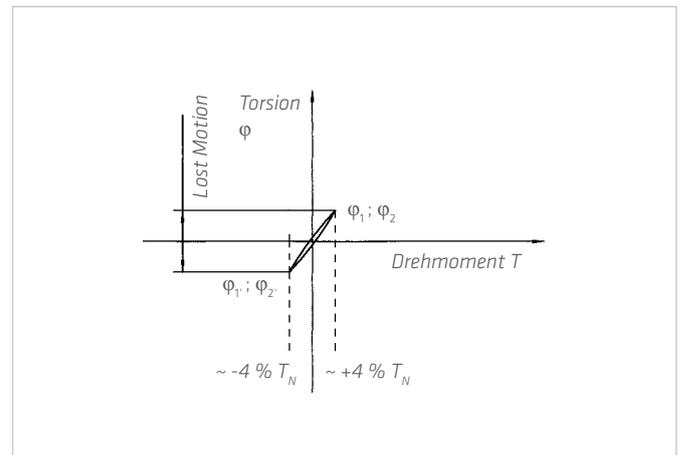
Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]

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 φ 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 [kgm²]

Massenträgheitsmoment des Rotors.

Massenträgheitsmoment J_{in} [kgm²]

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

Massenträgheitsmoment J_{out} [kgm²]

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⁻¹]

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

Motorklemmenspannung (nur Grundwelle) U_M [V_{eff}]

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

Motor maximale Drehzahl n_{max} [min⁻¹]

Die maximal zulässige Motordrehzahl.

Nenndrehmoment T_N [Nm]

Das Nenndrehmoment ist ein Referenzdrehmoment für die Berechnung der Getriebelebensdauer. Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das 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⁻¹], 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 ⁻¹]	2000
PMG Baugröße 5	[min ⁻¹]	4500
PMG Baugröße 8 bis 14	[min ⁻¹]	3500
HPG, HPGP, HPN	[min ⁻¹]	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_{DC}]

Strom zum Öffnen der Bremse.

Öffnungszeit der Bremse t_o [ms]

Verzögerungszeit zum Öffnen der Bremse.

Polpaarzahl p []

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

Schließzeit der Bremse t_c [ms]

Verzögerungszeit zum Schließen der Bremse.

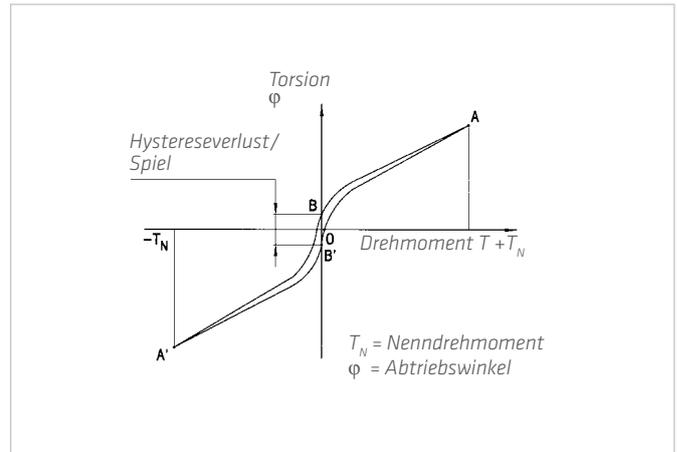
Schutzart IP

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

Spiel (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 C₀ [N]

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

Statisches Kippmoment M₀ [Nm]

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

Stillstands Drehmoment T₀ [Nm]

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Antrieb.

Stillstandsstrom I₀ [A_{eff}]

Effektivwert des Motorstroms zur Erzeugung des Stillstands Drehmomentes.

Teilkreisdurchmesser d_p [m]

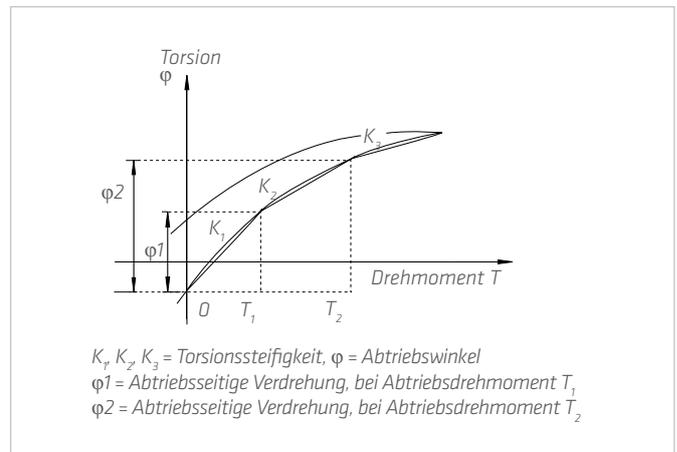
Teilkreisdurchmesser der Wälzkörperlaufbahn des Abtriebslagers.

Torsionssteifigkeit (Harmonic Drive® Getriebe)

K₁, K₂, K₃ [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 K₁, K₂ und K₃ durch Linearisierung ermittelt.

- K₁: Bereich kleiner Drehmomente 0 ~ T₁
- K₂: Bereich mittlerer Drehmomente T₁ ~ T₂
- K₃: Bereich höherer Drehmomente > T₃

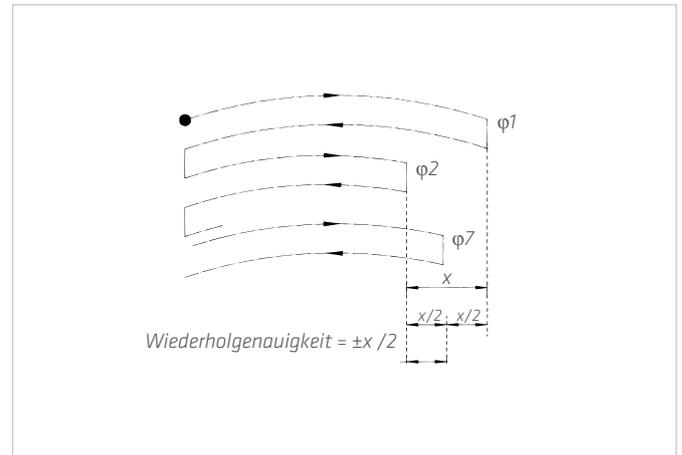


K₁, K₂, K₃ = Torsionssteifigkeit, phi = Abtriebswinkel
 phi1 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T₁
 phi2 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T₂

Die angegebenen Werte für die Torsionssteifigkeiten K₁, K₂ und K₃ sind Durchschnittswerte, die während zahlreicher Tests ermittelt wurden. Die Grenzdrehmomente T₁ und T₂ 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} [Ω]

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
www.harmonicdrive.de



Technische Änderungen vorbehalten.