Projektierungsanleitung
Units CSG-2UH

Harmonic Drive AG

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/2030

Inhalt

1. Allgemeines ... 03
1.1 Erläuterung der verwendeten Symbolik ... 04
1.2 Haftungsausschluss und Copyright ... 04

2. Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise ... 05
2.1 Gefahren ... 05
2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung ... 06
2.3 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung ... 06
2.4 Konformitätserklärung ... 07

3. Technische Beschreibung ... 08
3.1 Produktbeschreibung ... 08
3.2 Bestellbezeichnungen ... 09
3.3 Technische Daten ... 10
3.3.1 Allgemeine technische Daten ... 10
3.3.2 Abmessungen ... 11
3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand ... 15
3.3.4 Genauigkeit ... 15
3.3.5 Torsionssteifigkeit ... 15
3.3.6 Lagerung ... 16
3.3.7 Verwendete Materialien ... 17

4. Antriebsauslegung ... 18
4.1 Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben ... 20
4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung ... 21
4.1.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers ... 23
4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung ... 24
4.2 Berechnung des Torsionswinkels ... 26
4.3 Genauigkeit der Oldham Kupplung ... 26
4.4 Lastabhängiger Wirkungsgrad ... 27
4.4.1 Wirkungsgradberechnung ... 27
4.4.2 Wirkungsgradtabellen ... 28
4.5 Lastfreie Drehomente ... 30
4.5.1 Lastfreies Laufdrehmoment ... 30
4.5.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment ... 31
4.5.3 Lastfreies Rückdrehmoment ... 31
4.6 Abtriebslager - Lebensdauer ... 32
4.6.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen ... 34
4.7 Zulässiges statisches Kippmoment ... 35
4.8 Kippwinkel ... 35
4.9 Schmierung ... 36
4.9.1 Fettschmierung ... 36
4.9.2 Ölschmierung ... 38
4.10 Axialkräfte am Wave Generator Lager ... 39

5. Installation und Betrieb ... 40
5.1 Transport und Lagerung ... 40
5.2 Anlieferungszustand ... 40
5.3 Montagehinweise ... 40
5.4 Montagetoleranzen ... 41
5.5 Schmierung ... 41
5.5.1 Fettschmierung ... 41
5.5.2 Fettmenge ... 42
5.5.3 Fettreservoir ... 43
5.5.4 Fettwechsel ... 44
5.5.5 Ölschmierung ... 44

5.6 Vorbereitung 45
5.7 Montage 46
5.7.1 Motoranbau 46
5.7.2 Wave Generatoren Komponenten 48
5.7.3 Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle 50
5.7.4 Prüfung von dem Fügen des Wave Generators 50
5.7.5 Überprüfen der Montage 51
5.7.6 Montage des Abtriebsflansches 52
5.7.7 Montage des Gehäuseflansches 52

6. Außerbetriebnahme und Entsorgung 53

7. Glossar 55
7.1 Technische Daten 55
7.2 Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen 61

1. Allgemeines

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

Die Dokumentation wendet sich an Planer, Projekteure, 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.

www.harmonicdrive.de

Fremdsysteme
Dokumentationen für externe, mit Harmonic Drive® Komponenten verbundene Systeme sind nicht Bestandteil des Lieferumfanges 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
GEFAHR	Bezeichnet eine unmittelbar drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, sind Tod oder schwerste Verletzungen die Folge.
WARNUNG	Bezeichnet eine möglicherweise drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, können Tod oder schwerste Verletzungen die Folge sein.
VORSICHT	Bezeichnet eine möglicherweise drohende Gefahr. Wenn sie nicht gemieden wird, können leichte oder geringfügige Verletzungen die Folge sein.
HINWEIS	Bezeichnet eine möglicherweise schädliche Situation. Wenn sie nicht gemieden wird, kann die Anlage oder etwas in ihrer Umgebung beschädigt werden.
INFO	Dies ist kein Sicherheitssymbol. Das Symbol weist auf wichtige Informationen hin.
	Warnung vor einer Gefahr (allgemein). Die Art der Gefahr wird durch den nebenstehenden Warntext spezifiziert.
	Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung und deren Wirkung.
	Warnung vor heißer Oberfläche.
	Warnung vor hängenden Lasten.
	Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung elektrostatisch empfindlicher Bauelemente beachten.

1.2 Haftungsausschluss und Copyright

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

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

2. Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise

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

2.1 Gefahren

GEFAHR

Elektrische Servoantriebe und Motoren haben gefährliche, spannungsführende und rotierende Teile. Alle Arbeiten während dem Anschluss, der Inbetriebnahme, der Instandsetzung und der Entsorgung sind nur von qualifiziertem Fachpersonal auszuführen. EN 50110-1 und IEC 60364 beachten!
Vor Beginn jeder Arbeit, besonders aber vor dem Öffnen von Abdeckungen, muss der Antrieb vorschriftsmäßig freigeschaltet sein. Neben den Hauptstromkreisen ist dabei auch auf eventuell vorhandene Hilfsstromkreise zu achten.

Einhalten der fünf Sicherheitsregeln:
- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschranken

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

GEFAHR

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

GEFAHR

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

WARNUNG

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

VORSICHT

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

HINWEIS

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

HINWEIS

Anschlusskabel dürfen nicht in direkten Kontakt mit heißen Oberflächen kommen.

INFO

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

2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

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

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

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

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

2.3 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung

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

HINWEIS

Nachfolgende Anwendungsbereiche gehören zur nicht bestimmungsgemäßen Verwendung:

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

2.4 Konformitätserklärung

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

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

Drehmomentgesteigerte Baureihe

Die Units der Baureihe CSG-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 kippsteife Abtriebslager ermöglicht die direkte Anbringung hoher Nutzlasten ohne weitere Abstützung und erlaubt so eine einfache und platzsparende Konstruktion.

Standardservomotoren können kompakt angebaut werden. Die Getriebe decken einen breiten Drehmomentbereich ab und verfügen über eine hohe Lebensdauer – dies bestätigt der seit Jahren erfolgreiche Einsatz. Unit und Motor bilden zusammen eine kompakte und leichte Einheit, die schnell hohe Lasten aufnehmen kann. Aufgrund der Positioniergenauigkeit sind stabile Maschineneigenschaften mit kurzen Taktzeiten garantiert.

3.2 Bestellbezeichnungen

Tabelle 9.1

Baureihe	Baugröße	Untersetzung [1]					Version	Sonderausführung
CSG	14	50	80	100			2UH	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								
CSG	**25**			**100**			**2UH**	**SP**

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

Tabelle 9.2

Version	
Bestellbezeichnung	**Beschreibung**
2UH	Unit mit integrierter Abtriebslagerung

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

3.3 Technische Daten

3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 10.1

	Einheit	CSG-14-2UH			CSG-17-2UH			
Untersetzung	i [ ]	50	80	100	50	80	100	120
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	23	30	36	44	56	70	70
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	9,0	14	14	34	35	51	51
Nenndrehmoment	T_N [Nm]	7,0	10	10	21	29	31	31
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	46	61	70	91	113	143	112
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in\ (max)}$ [min^{-1}]	14000			10000			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in\ (max)}$ [min^{-1}]	8500			7300			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av\ (max)}$ [min^{-1}]	6500			6500			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av\ (max)}$ [min^{-1}]	3500			3500			
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$x10^{-4}$ kgm^2]	0,033			0,079			
Gewicht	m [kg]	0,52			0,68			

Tabelle 10.2

	Einheit	CSG-20-2UH					CSG-25-2UH				
Untersetzung	i [ ]	50	80	100	120	160	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	73	96	107	113	120	127	178	204	217	229
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	44	61	64	64	64	72	113	140	140	140
Nenndrehmoment	T_N [Nm]	33	44	52	52	52	51	82	87	87	87
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	127	165	191	191	191	242	332	369	395	408
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in\ (max)}$ [min^{-1}]	10000					7500				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in\ (max)}$ [min^{-1}]	6500					5600				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av\ (max)}$ [min^{-1}]	6500					5600				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av\ (max)}$ [min^{-1}]	3500					3500				
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$x10^{-4}$ kgm^2]	0,193					0,413				
Gewicht	m [kg]	0,98					1,5				

3.3.2 Abmessungen

Abbildung 11.1 CSG-14-2UH [mm]

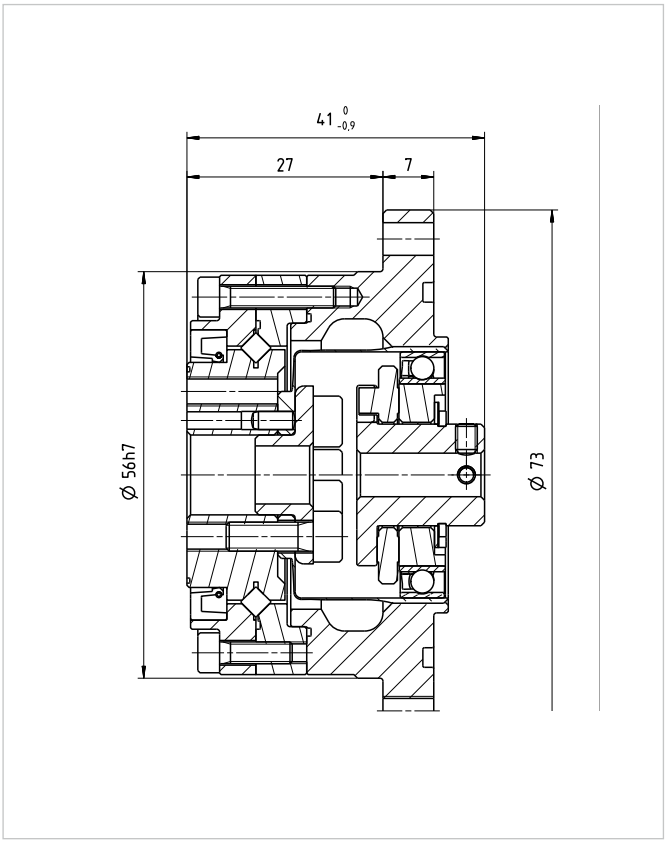


Abbildung 11.2 CSG-17-2UH [mm]

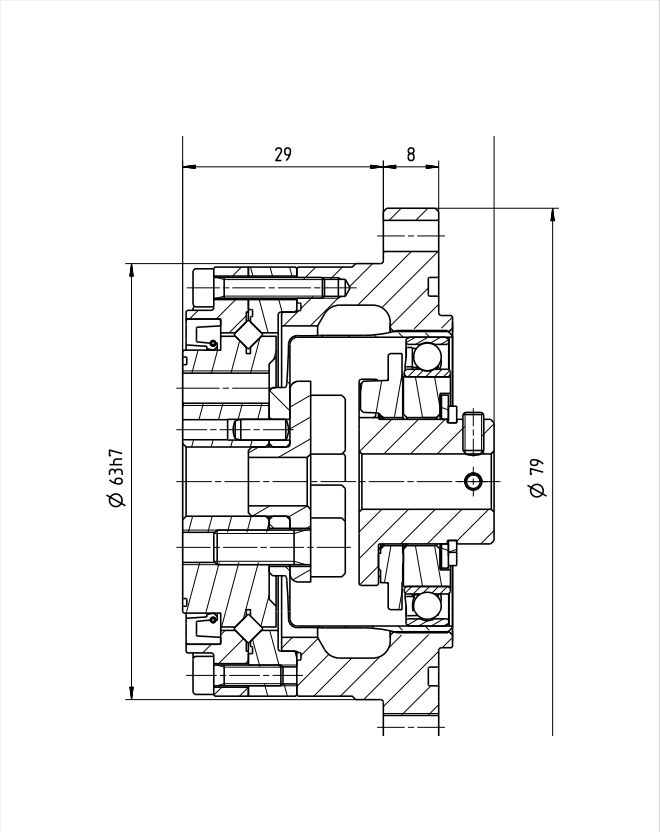


Abbildung 11.3 CSG-20-2UH [mm]

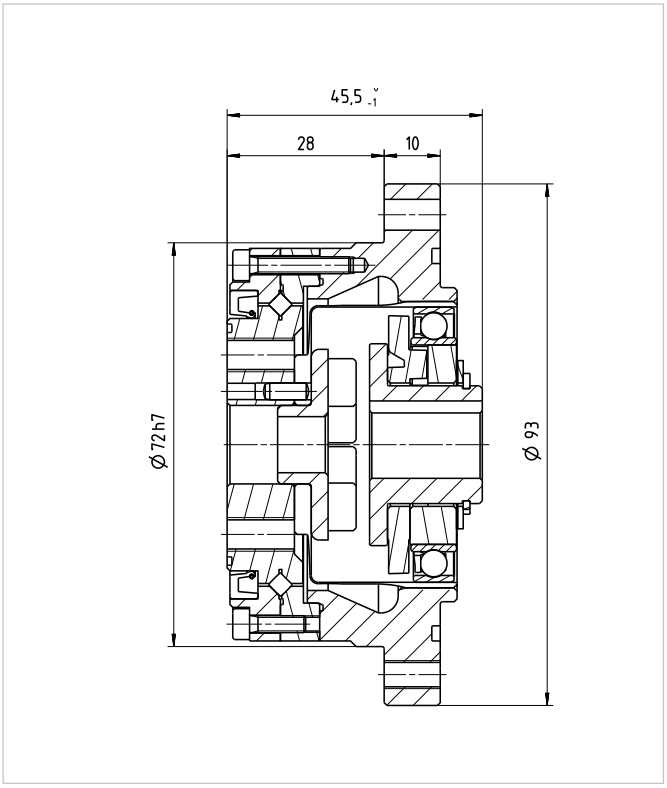
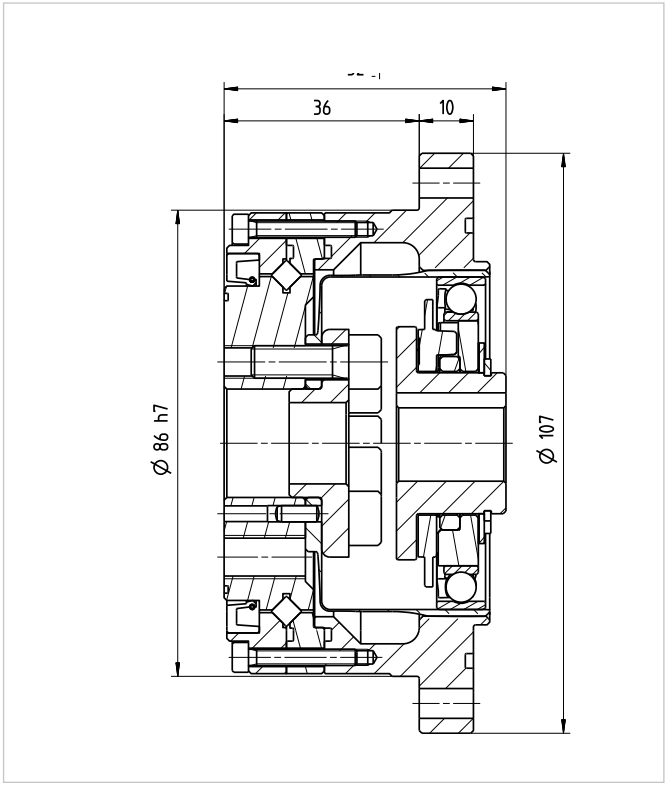


Abbildung 11.4 CSG-25-2UH [mm]



QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2030

Tabelle 12.1

	Einheit	CSG-32-2UH					CSG-40-2UH				
Untersetzung	i [ ]	50	80	100	120	160	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	281	395	433	459	484	523	675	738	802	841
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	140	217	281	281	281	255	369	484	586	586
Nenndrehmoment	T_N [Nm]	99	153	178	178	178	178	268	345	382	382
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	497	738	841	892	892	892	1270	1400	1530	1530
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in\,(max)}$ [min^{-1}]	7000					5600				
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in\,(max)}$ [min^{-1}]	4800					4000				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av\,(max)}$ [min^{-1}]	4600					3600				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av\,(max)}$ [min^{-1}]	3500					3000				
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$x10^{-4}$ kgm^2]	1,69					4,5				
Gewicht	m [kg]	3,2					5,0				

Tabelle 12.2

	Einheit	CSG-45-2UH					CSG-50-2UH			
Untersetzung	i [ ]	50	80	100	120	160	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	650	918	982	1070	1147	1223	1274	1404	1534
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	345	507	650	806	819	675	866	1057	1096
Nenndrehmoment	T_N [Nm]	229	407	459	523	523	484	611	688	688
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	1235	1651	2041	2288	2483	2418	2678	2678	3185
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in\,(max)}$ [min^{-1}]	5000					4500			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in\,(max)}$ [min^{-1}]	3800					3500			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av\,(max)}$ [min^{-1}]	3300					3000			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av\,(max)}$ [min^{-1}]	3000					2500			
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$x10^{-4}$ kgm^2]	8,68					12,58			
Gewicht	m [kg]	7,0					8,9			

Abbildung 13.1 CSG-32-2UH [mm]

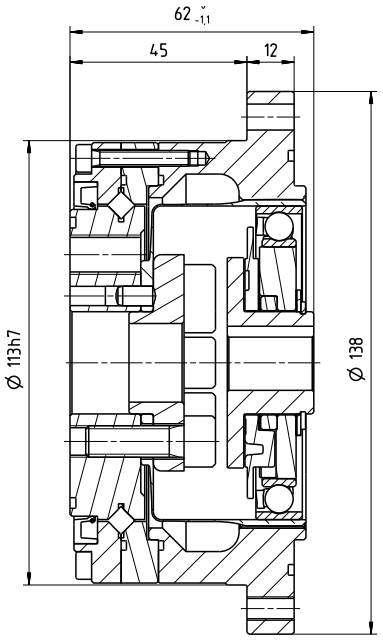


Abbildung 13.2 CSG-40-2UH [mm]

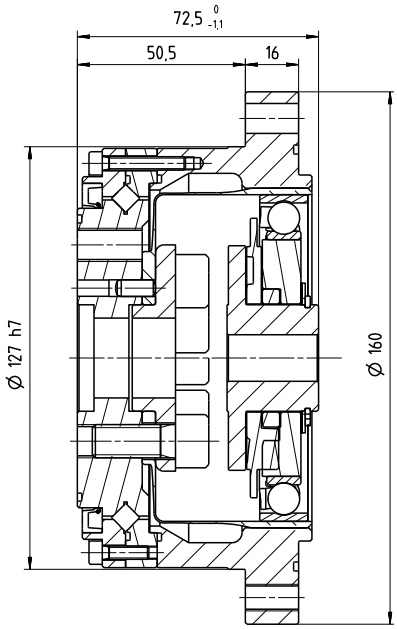


Abbildung 13.3 CSG-45-2UH [mm]

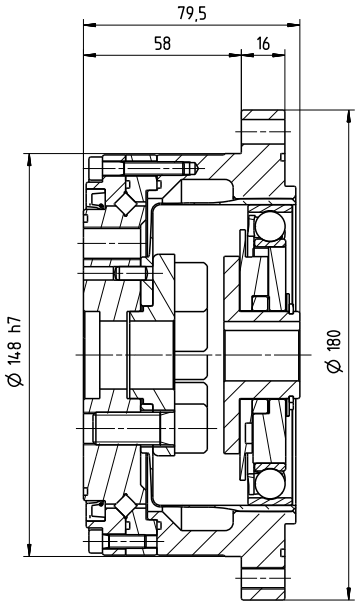
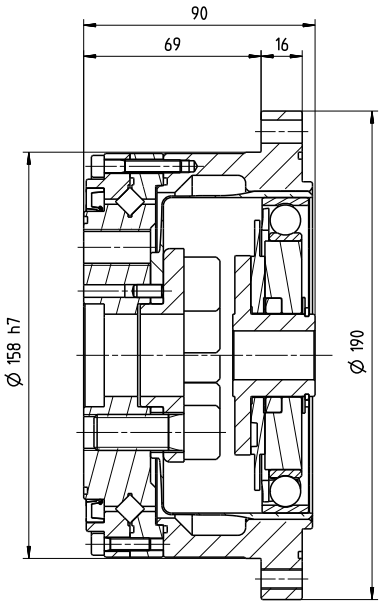


Abbildung 13.4 CSG-50-2UH [mm]



QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2030

Tabelle 14.1

	Einheit	CSG-58-2UH				CSG-65-2UH			
Untersetzung	i [ ]	80	100	120	160	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	1924	2067	2236	2392	2743	2990	3263	3419
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	1001	1378	1547	1573	1352	1976	2041	2041
Nenndrehmoment	T_N [Nm]	714	905	969	969	969	1236	1236	1236
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	3185	4134	4329	4459	4836	6175	6175	6175
Max. Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{in\,(max)}$ [min^{-1}]	4000				3500			
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in\,(max)}$ [min^{-1}]	3000				2800			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Ölschmierung)	$n_{av\,(max)}$ [min^{-1}]	2700				2400			
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av\,(max)}$ [min^{-1}]	2200				1900			
Massenträgheitsmoment	J_{in} [$x10^{-4}$ kgm^2]	27,3				46,8			
Gewicht	m [kg]	14,6				20,9			

Abbildung 14.2 CSG-58-2UH [mm]

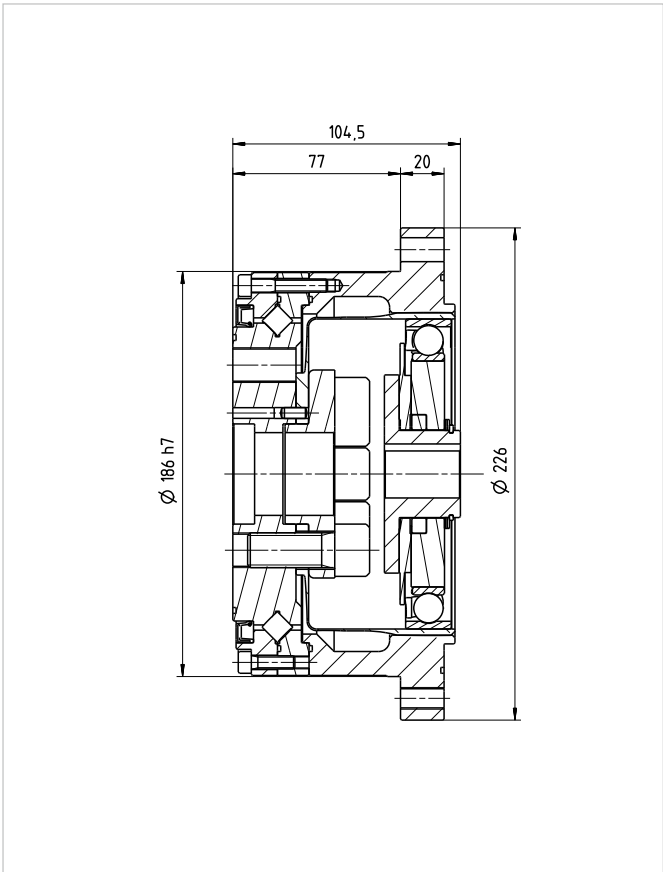
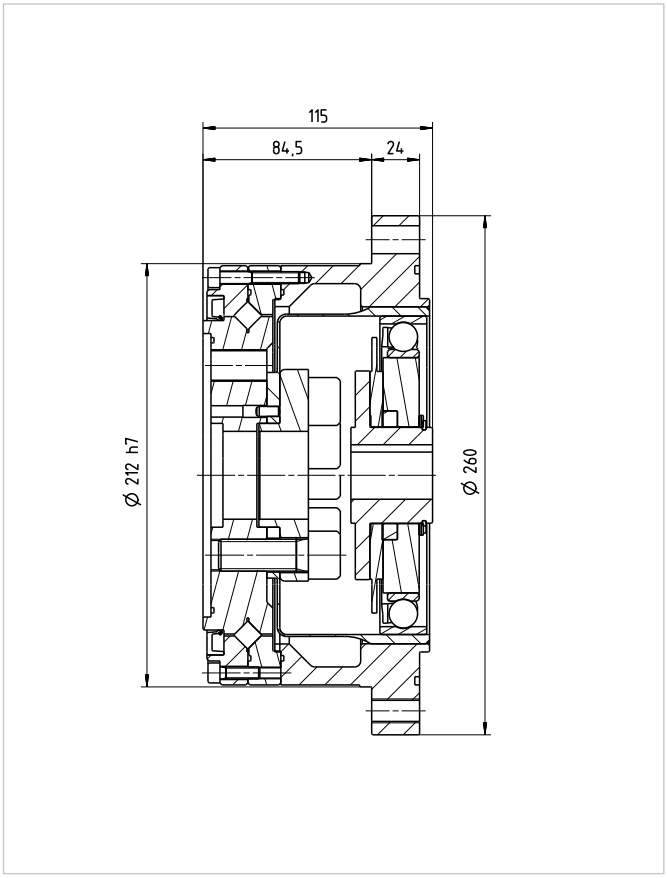


Abbildung 14.3 CSG-65-2UH [mm]



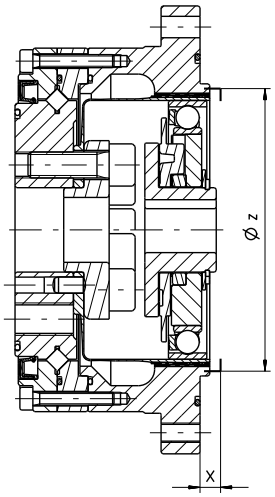
QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2030

3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand

Tabelle 15.1 [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
X	6,0	4,5	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	3,0	5,0	4,0
ØZ	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172

Abbildung 15.2



3.3.4 Genauigkeit

Tabelle 15.3 [arcmin]

Baugröße	14	17	≥ 20
Untersetzung	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Übertragungsgenauigkeit[1)]	<1,5	<1,5	<1
Hystereseverlust	<1	<1	<1
Lost Motion	< 1		
Wiederholgenauigkeit	< ± 0,1		

[1)] Höhere Genauigkeit auf Anfrage

3.3.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 15.4

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
T_1 [Nm]		2	3,9	7	14	29	54	76	108	168	235
T_2 [Nm]		6,9	12	25	48	108	196	275	382	598	843
i = 30	K_3[x10³ Nm/rad]	3,4	6,7	11	21	49	–	–	–	–	–
	K_2[x10³ Nm/rad]	2,4	4,4	7,1	13	30	–	–	–	–	–
	K_1[x10³ Nm/rad]	1,9	3,4	5,7	10	24	–	–	–	–	–
i = 50	K_3[x10³ Nm/rad]	5,7	13	23	44	98	180	260	340	540	780
	K_2[x10³ Nm/rad]	4,7	11	18	34	78	140	200	280	440	610
	K_1[x10³ Nm/rad]	3,4	8,1	13	25	54	100	150	200	310	440
i > 50	K_3[x10³ Nm/rad]	7,1	16	29	57	120	230	330	440	710	980
	K_2[x10³ Nm/rad]	6,1	14	25	50	110	200	290	400	610	880
	K_1[x10³ Nm/rad]	4,7	10	16	31	67	130	180	250	400	540

3.3.6 Lagerung

Abtriebslagerung

Die CSG-2UH Units sind mit einem hoch belastbaren Vierpunkt- bzw. Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgerüstet. Dieses Lager nimmt sowohl hohe Axial- und Radialkräfte als auch hohe Kippmomente auf. Dadurch wird das Getriebe von äußeren Belastungen freigehalten, 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 16.1 angegeben.

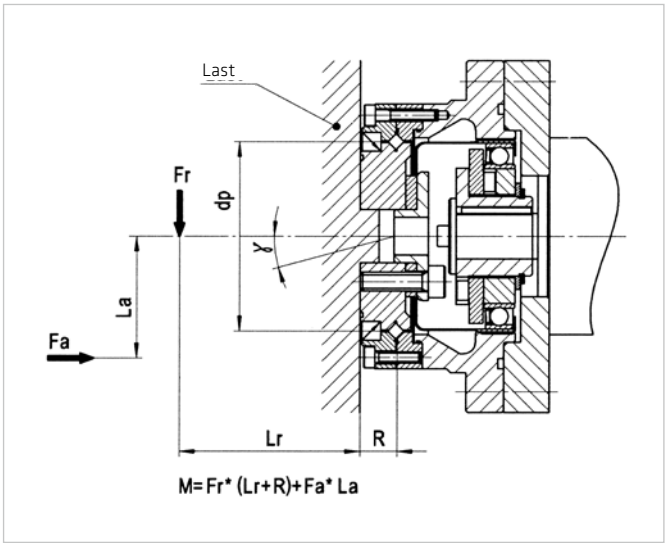
Tabelle 16.1

Baugröße		**14**	**17**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**58**	**65**
Lagertyp[1]		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Teilkreis ø	d_p [m]	0,035	0,043	0,050	0,062	0,080	0,096	0,111	0,119	0,141	0,160
Abstand [2]	R [m]	0,0095	0,0095	0,0095	0,0115	0,013	0,0145	0,0155	0,018	0,0205	0,0225
Dynamische Tragzahl	C [N]	4740	5290	5790	9600	15000	21300	23000	34800	51800	55600
Statische Tragzahl	C_0 [N]	6070	7550	9000	15100	25000	36500	42600	60200	90400	103000
Zulässiges dynamisches Kippmoment [3]	M [Nm]	41	64	91	156	313	450	686	759	1180	1860
Zulässiges statisches Kippmoment [4]	M_0 [Nm]	53	80	113	234	500	876	1182	1791	3187	4120
Kippsteifigkeit [6]	K_B [Nm/arcmin]	13	22,5	37	70	157	265	410	497	823	1175
Zulässige Axiallast [5]	F_a [N]	3374	3207	3511	5827	7926	11242	12174	18393	27409	29371
Zulässige Radiallast [5]	F_r [N]	2256	2148	2354	3904	6101	8652	9368	14155	21091	22602

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.

1) F = Vierpunktlager, C = Kreuzrollenlager
2) Siehe Abb. 16.2
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren nicht auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der max. zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für statisch belastete Getriebe und einen statischen Sicherheitsfaktor f_s = 1,8 für # 14-20 und 1,5 für # 25-58. Für andere f_s siehe Kapitel 4.7.
5) Diese Daten gelten für n = 15 min^{-1} und L_{10}=15000h
3) 4) 5) 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
6) Mittelwert

Abbildung 16.2

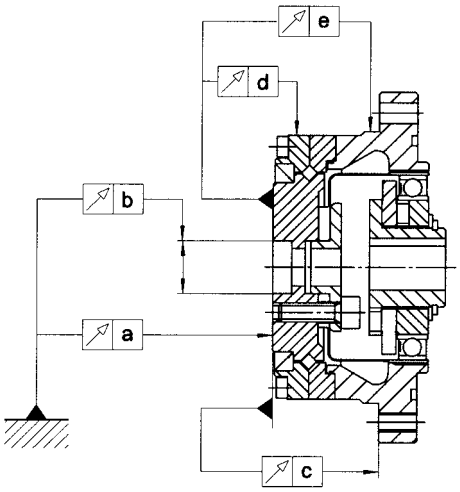


Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Tabelle 17.1 [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
a	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015	0,018	0,018	0,018	0,018
b	0,010	0,012	0,012	0,013	0,013	0,015	0,015	0,015	0,017	0,017
c	0,024	0,026	0,038	0,045	0,056	0,060	0,068	0,069	0,076	0,085
d	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e	0,038	0,038	0,047	0,049	0,054	0,060	0,065	0,067	0,070	0,075

Abbildung 17.2



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
Antriebslager: Blanker Wälzlagerstahl.

4. Antriebsauslegung

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

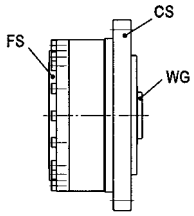
Gleichung 18.1

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

Überblick Harmonic Drive® Produkte

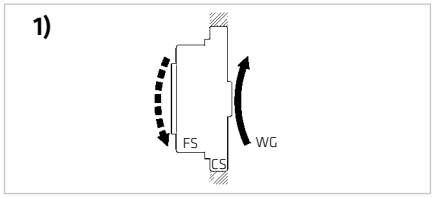
Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG) sind in der Abbilung 18.2 zu sehen.

Abbildung 18.2



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

Untersetzung



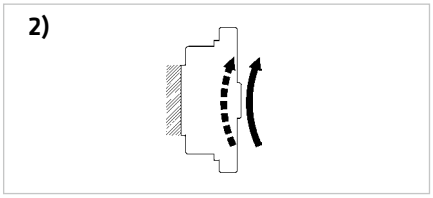
Untersetzungsgetriebe

CS	Fixiert
WG	Antrieb
FS	Abtrieb

Gleichung 19.1

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



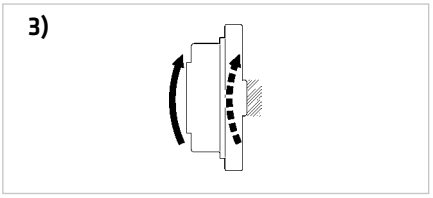
Untersetzungsgetriebe

FS	Fixiert
WG	Antrieb
CS	Abtrieb

Gleichung 19.2

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



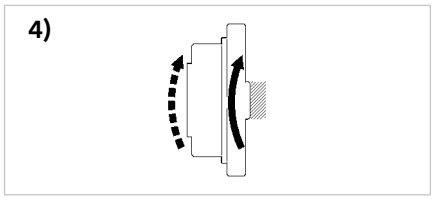
Untersetzungsgetriebe

WG	Fixiert
FS	Antrieb
CS	Abtrieb

Gleichung 19.3

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



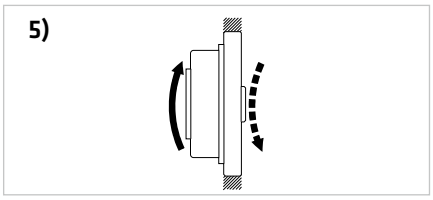
Übersetzungsgetriebe

WG	Fixiert
CS	Antrieb
FS	Abtrieb

Gleichung 19.4

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



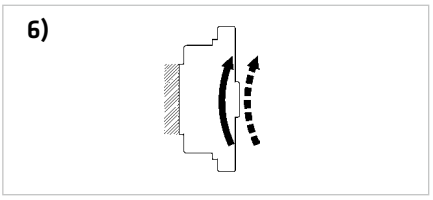
Übersetzungsgetriebe

CS	Fixiert
FS	Antrieb
WG	Abtrieb

Gleichung 19.5

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



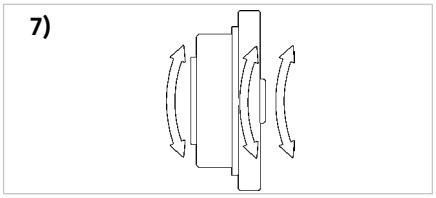
Übersetzungsgetriebe

FS	Fixiert
CS	Antrieb
WG	Abtrieb

Gleichung 19.6

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



Differenzialgetriebe

WG	Regelantrieb
CS	Hauptantrieb
FS	Hauptabtrieb

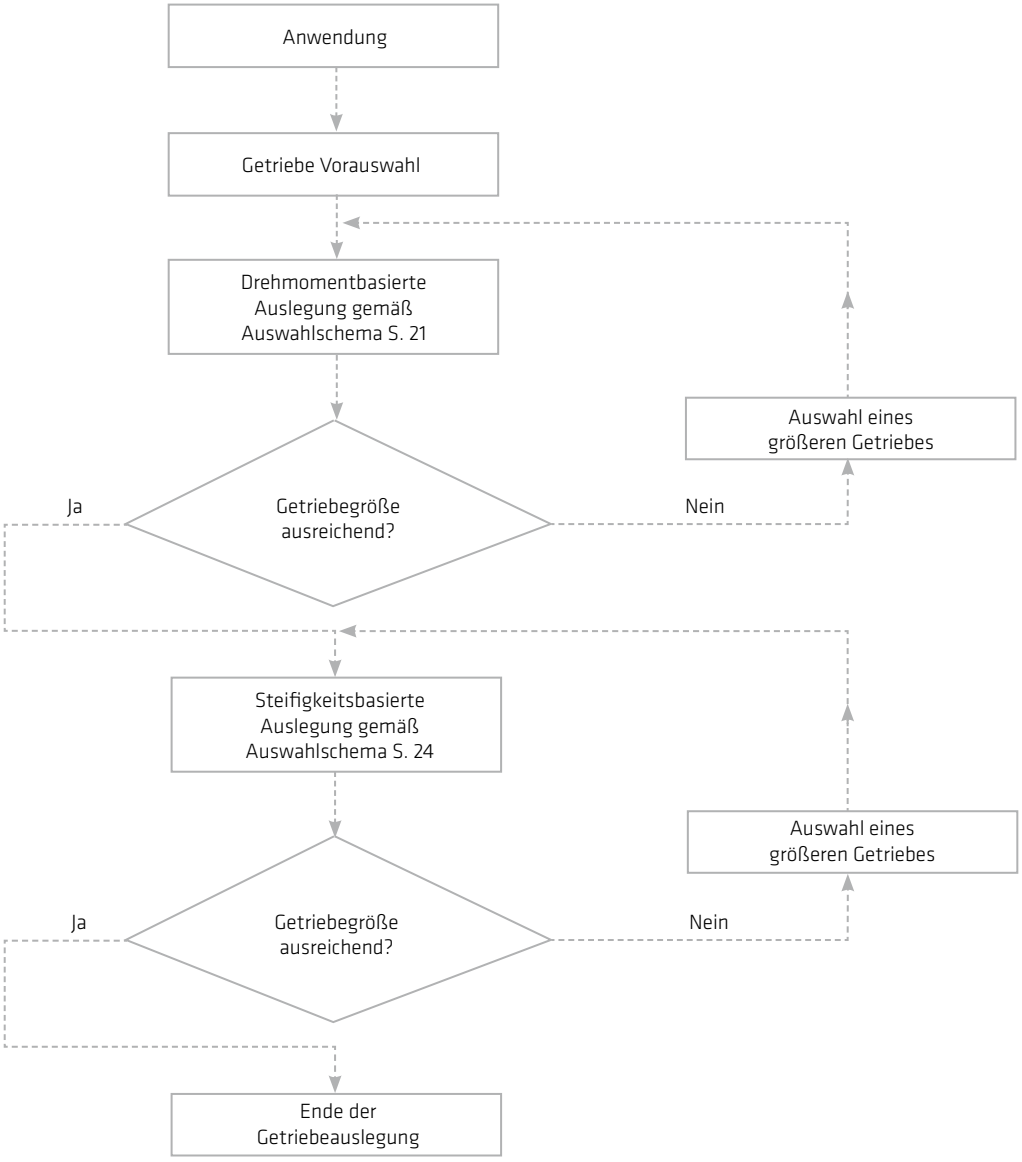
Zahlreiche Differenzialfunktionen können durch Kombination der Drehzahl und Drehrichtung der drei Bauteile erreicht werden. Wir beraten Sie gerne!

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.

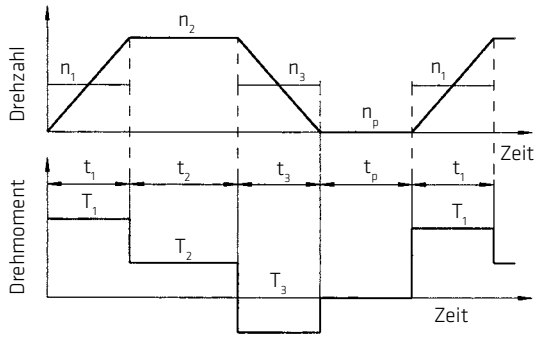


4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

Belastungsdaten des Abtriebes

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

Abbildung 21.1



Gleichung 21.2

Belastungsgrenze 1,
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes T_{av}

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

Gleichung 21.3

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

Nein → Auswahl eines größeren Getriebes

Gleichung 21.4

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

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

Gleichung 21.5

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

Gleichung 21.6

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

Gleichung 21.7

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

Gleichung 21.8

Belastungsgrenze 2, T_R

$T_{max} \leq T_R$

Gleichung 21.9

Belastungsgrenze 3, T_M

$T_k \leq T_M$

Gleichung 21.10

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

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

Gleichung 21.11

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 23.1

Belastungsdaten am Abtrieb

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

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

Belastungsgrenze 1,
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes T_{av}

$$T_{av} = \sqrt[3]{\frac{7\ min^{-1} \cdot (400\ Nm)^3 \cdot 0{,}3\ s + 14\ min^{-1} \cdot (320\ Nm)^3 \cdot 3\ s + 7\ min^{-1} \cdot (200\ Nm)^3 \cdot 0{,}4\ s}{7\ min^{-1} \cdot 0{,}3\ s + 14\ min^{-1} \cdot 3\ s + 7\ min^{-1} \cdot 0{,}4\ s}}$$

T_{av} = 319 Nm ≤ T_A = 451 Nm

Ausgewähltes Getriebe
HFUC-40-120-2A-GR

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

$$n_{out\ av} = \frac{7\ min^{-1} \cdot 0{,}3\ s + 14\ min^{-1} \cdot 3\ s + 7\ min^{-1} \cdot 0{,}4\ s}{0{,}3\ s + 3\ s + 0{,}4\ s + 0{,}2\ s} = 12{,}0\ min^{-1}$$

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl
$n_{in\ av}$ = 120 · 12,0 min^{-1} = 1440 min^{-1}

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl
$n_{in\ max}$ = 14 min^{-1} · 120 = 1680 min^{-1} ≤ 4000 min^{-1}

Zulässige mittlere Antriebsdrehzahl
$n_{in\ av}$ = 1440 min^{-1} ≤ 3000 min^{-1}

Belastungsgrenze 2, T_R

T_{max} = 400 Nm ≤ T_R = 617 Nm

Belastungsgrenze 3, T_M

T_k = 500 Nm ≤ T_M = 1180 Nm

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

$$N_{k\ max} = \frac{10^4}{2 \cdot \frac{14 \cdot 120}{60} \cdot 0{,}15} = 1190 < 10^4$$

Lebensdauer

HFUC-40-120-2A-GR:

$$L_{50} = \frac{35000\ h \cdot 2000\ min^{-1}}{1440\ min^{-1}} \cdot \left(\frac{294\ Nm}{319\ Nm}\right)^3$$

L_{50} = 38054 h > 30000 h

4.1.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

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

Die zu erwartende Lebensdauer kann bei gegebener Eingangsdrehzahl $n_{in\ av}$ [min^{-1}] und gegebenem Abtriebsdrehmoment T_{av} [Nm] mit Gleichung 23.2 ermittelt werden.

Tabelle 23.1 [h]

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

Gleichung 23.2

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

Gleichung 23.3

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

n_N = Nenndrehzahl am Antrieb [min^{-1}]
$n_{in\ av}$ = Durchschnittliche Antriebsdrehzahl [min^{-1}] (Gleichung 21.5)
T_N = Nennabtriebsdrehmoment bei Nenndrehzahl [Nm]
T_{av} = Durchschnittliches Abtriebsdrehmoment [Nm] (Gleichungg 21.2)
L_n = Nominelle Lebensdauer (siehe Tabelle 23.1)

4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

Zusätzlich zu dem auf Seite 21 angegebenen Auswahlschema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung. Dafür sollten die in Tabelle 24.1 angegebenen Kenngrößen für die anwendungsspezifisch empfohlenen Resonanzfrequenzen berücksichtigt werden.

Tabelle 24.1 [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.

Resonanzfrequenz (Getriebeabtrieb)

Mit der Formel

Gleichung 25.1

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

f_n = Resonanzfrequenz [Hz]
K_1 = Getriebe Torsionssteifigkeit K_1 [Nm/rad]
J = Massenträgheitsmoment der Last [kgm²]

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 24.1 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

$n_n = f_n * 30$ [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 22.

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung
Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm²
Empfohlene Resonanzfrequenz aus Tabelle 24.1: ≥ 30 Hz.
Resonanzfrequenz mit dem vorausgewählten Getriebe HFUC-40-120-2A-GR:

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

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

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

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

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

Die Resonanzdrehzahl am Antrieb (Motor) beträgt :
$n_n = 30*30 = 900$ [1/min]

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

4.2 Berechnung des Torsionswinkels

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

Gleichung 26.1

$$T \leq T_1$$

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

Gleichung 26.2

$$T_1 < T \leq T_2$$

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

Gleichung 26.3

$$T > T_2$$

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

φ = Winkel [rad]
T_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

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

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

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

$$\varphi = \frac{29\ \text{Nm}}{6{,}7 \cdot 10^4\ \text{Nm/rad}} + \frac{60\ \text{Nm} - 29\ \text{Nm}}{11 \cdot 10^4\ \text{Nm/rad}}$$

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

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

Gleichung 26.4

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

4.3 Genauigkeit der Oldham Kupplung

Informationen zur Oldham Kupplung finden Sie in Kapitel 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 26.5.

Tabelle 26.5 [arcsec]

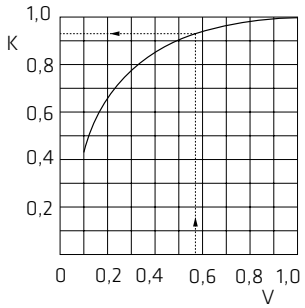
Baugröße		**14**	**17**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**58**	**65**
Untersetzung	30	60	33	28	28	23	–	–	–	–	–
	50	36	20	17	17	14	14	12	12	10	10
	80	23	13	11	11	9	9	8	8	6	6
	100	18	10	9	9	7	7	6	6	5	5
	120	–	8	8	8	6	6	5	5	4	4
	160	–	–	6	6	5	5	4	4	3	3

4.4 Lastabhängiger Wirkungsgrad

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

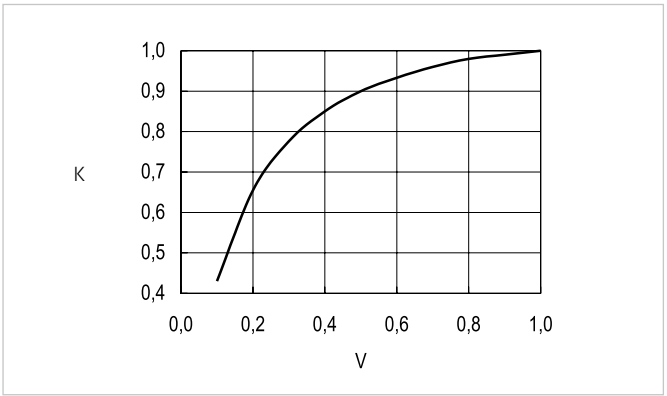
4.4.1 Wirkungsgradberechnung

Tabelle 27.1

Berechnungsschema	Beispiel
	Wirkungsgrad eines HFUC-20-80-2A-GR mit einer Antriebsdrehzahl n=1000 min^{-1} Abtriebsdrehmoment T=19,6 Nm bei 20 °C Umgebungstemperatur. Schmiermittel: Fett
Der Wirkungsgrad wird mittels der Wirkungsgrad-Diagramme ermittelt.	Aus zugehörigem Diagramm η = 78 %
Berechnung des Drehmomentfaktors V. $V = \frac{T_{av}}{T_N}$ [Gleichung 27.2] mit: T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment T_N = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl	T_{av} = 19,6 Nm T_N = 34,0 Nm $V = \frac{19{,}6\ Nm}{34{,}0\ Nm} = 0{,}57$
Berechnungsfaktor K in Abhängigkeit von Getriebebaureihe und V, siehe Abb. 27.4.	
Wirkungsgrad $\eta_L = \eta \cdot K$ [Gleichung 27.3]	η_L = 78 · 0,93 = 73 %

Berechnungsfaktor K

Abbildung 27.4

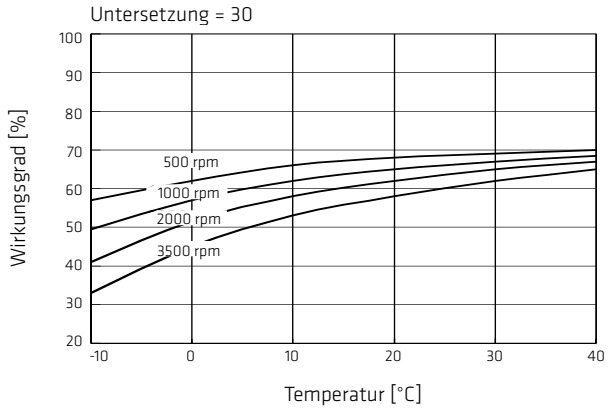


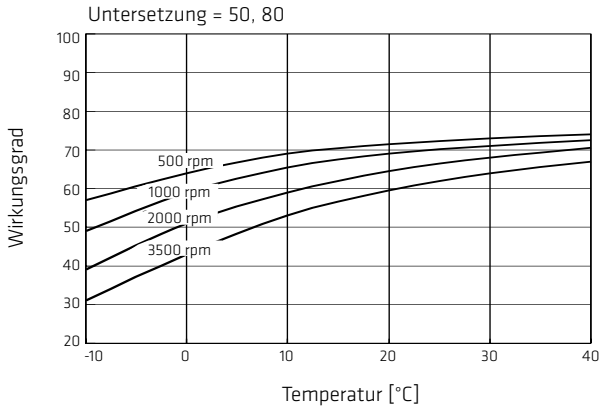
4.4.2 Wirkungsgradtabellen

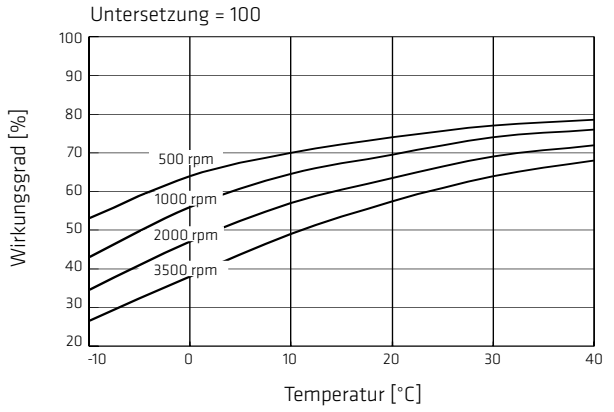
Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett

Baugröße 14

Abbildung 28.1

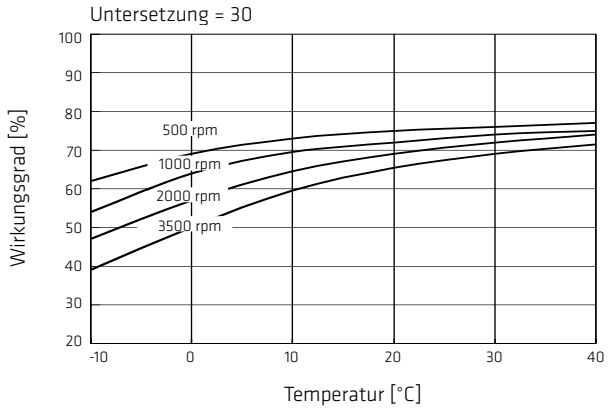


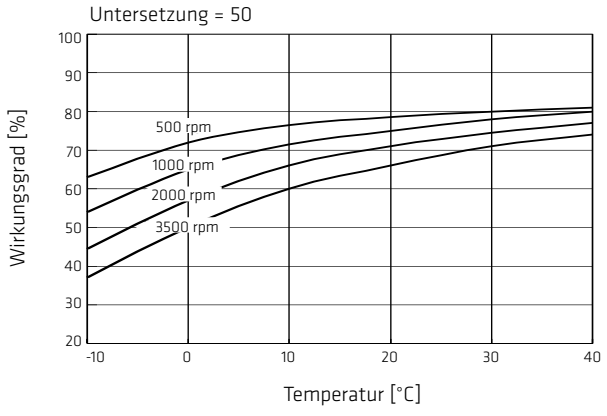


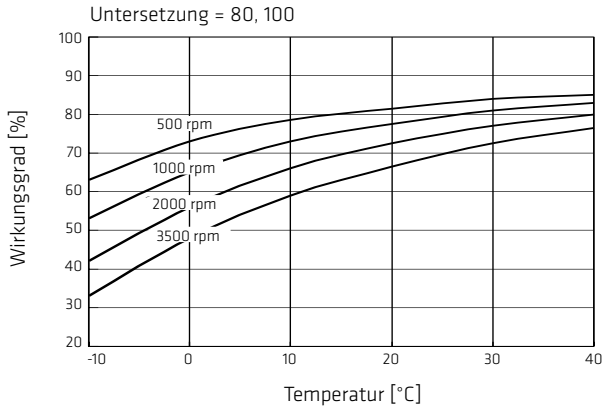


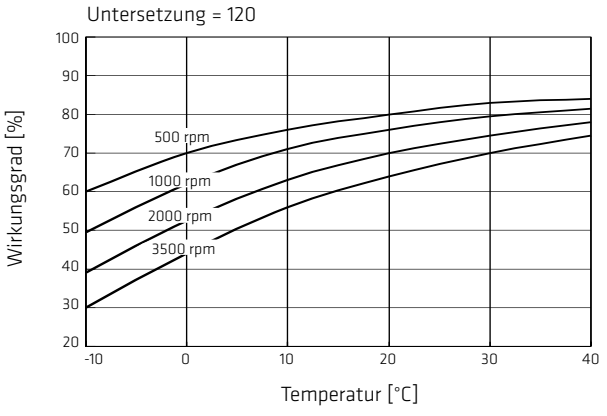
Baugröße 17 - 65

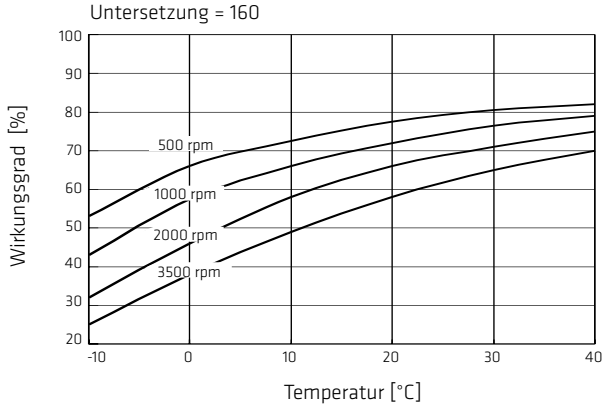
Abbildung 29.1











4.5 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.

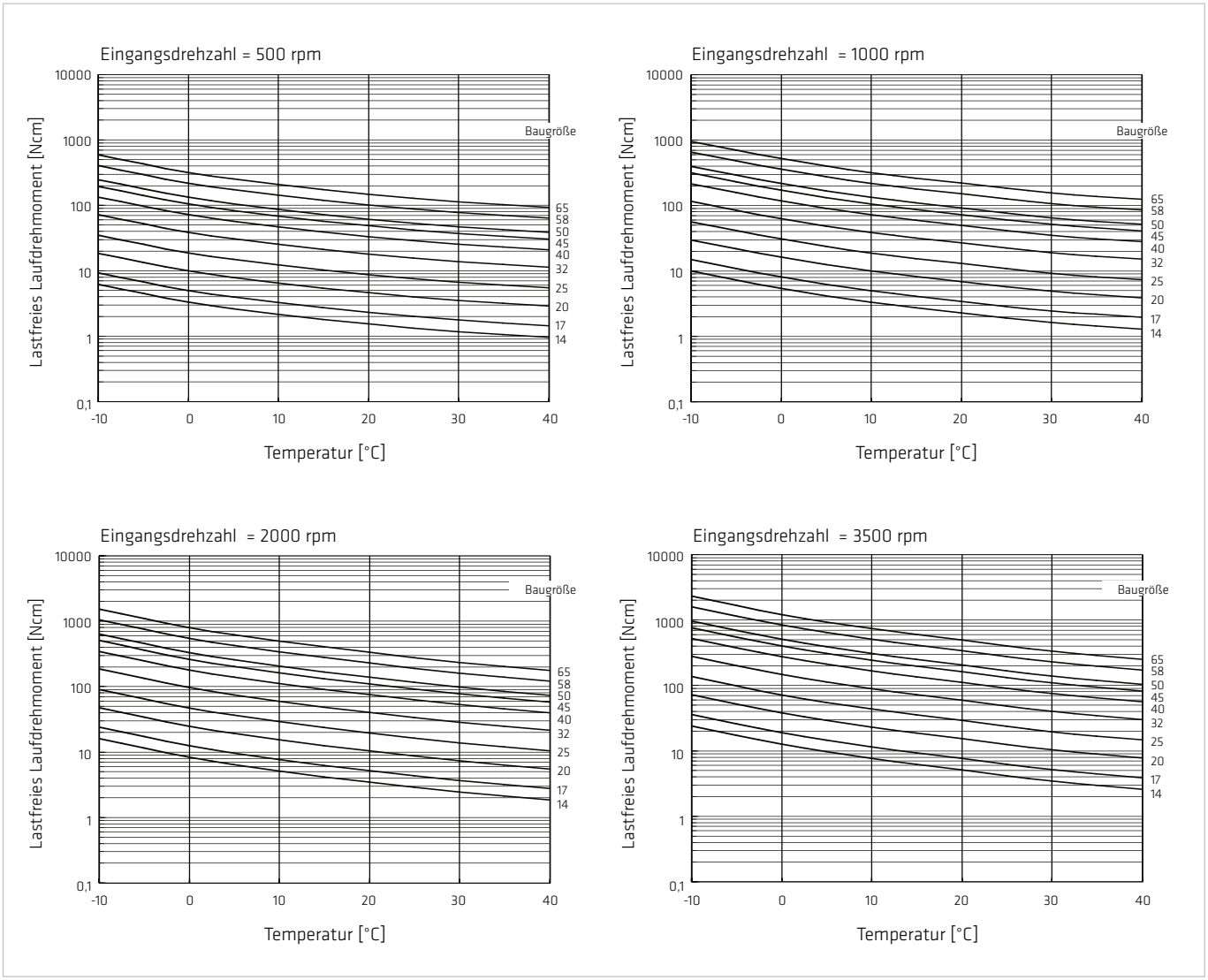
Lastfreies Anlaufdrehmoment
Das lastfreie Anlaufdrehmoment ist quasi ein statisches Drehmoment, das benötigt wird, um das Antriebselement (schnelle Seite) ohne Belastung am Abtriebselement (langsame Seite) in Bewegung zu bringen.

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

Die Diagramme gelten für: Harmonic Drive® Schmierfett, Standard Schmierstoffmenge gemäß Katalog Getriebe
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

Abbildung 30.1



Korrekturwert lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 31.1 [Ncm]

Untersetzung	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	2,5	3,8	5,4	8,8	16,0	–	–	–	–	–
50	1,1	1,6	2,3	3,8	7,1	12	16	21	30	41
80	0,2	0,3	0,5	0,7	1,3	2,1	2,9	3,7	5,3	8,1
120	–	-0,2	-0,3	-0,5	-0,9	-1,5	-2,1	-2,6	-3,8	-5,8
160	–	–	-0,8	-1,2	-2,2	-3,5	-4,9	-6,2	-8,9	-13,7

4.5.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 31.2 [Ncm]

Untersetzung	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	6,4	9,3	15	25	54	–	–	–	–	–
50	4,1	6,1	7,8	15	31	55	77	110	160	220
80	2,8	4,0	4,9	9,2	19	35	49	66	98	140
100	2,5	3,4	4,3	8,0	18	31	43	58	88	120
120	–	3,1	3,8	7,3	15	28	39	52	80	110
160	–	–	3,3	6,3	14	24	33	45	68	93

4.5.3 Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 31.3 [Nm]

Untersetzung	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	2,4	3,8	6,2	11	23	–	–	–	–	–
50	1,6	3,0	4,7	9,0	18	33	47	62	95	130
80	1,6	3,0	4,8	9,1	19	33	48	63	96	140
100	1,8	3,3	5,1	9,8	20	36	51	68	110	150
120	–	3,5	5,5	11	22	39	55	73	110	160
160	–	–	6,4	13	26	46	64	85	130	180

4.6 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 32.1 bestimmt werden.

Gleichung 32.1

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

mit:

L_{10} [h]	=	Lebensdauer
n_{av} [min^{-1}]	=	durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 32.2)
C [N]	=	Dynamische Tragzahl, s. Tabelle „Leistungsdaten der Abtriebslagerung“ aus den Technischen Daten (Punkt 3.3.6)
P_C [N]	=	Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 33.1)
f_W	=	Betriebsfaktor (Tabelle 32.3)
B	=	Lagertyp (Tabelle 32.4)

Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit

Gleichung 32.2

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

Tabelle 32.3

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

Tabelle 32.4

Lagertyp	**B**
Kreuzrollenlager	10/3
Vierpunktlager	3

Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 33.1

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

mit:

F_{rav} [N]	=	Radialkraft (Gleichung 33.2)	x	=	Radialkraftfaktor (Tabelle 33.4)
F_{aav} [N]	=	Axialkraft (Gleichung 33.3)	y	=	Axialkraftfaktor (Tabelle 33.4)
d_p [m]	=	Teilkreis (Tabelle 16.1)	M	=	Kippmoment (Abb. 16.2)

Gleichung 33.2

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

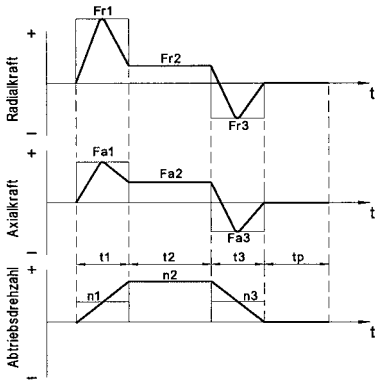
Gleichung 33.3

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

Tabelle 33.4

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 33.5



Hinweis:
F_{rx} entspricht der maximal auftretenden Radialkraft.
F_{ax} entspricht der maximal auftretenden Axialkraft.
t_p stellt die Pausenzeit dar.

4.6.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

Lebensdauer bei Schwenkbewegungen
Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 34.1 berechnet.

Gleichung 34.1

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

mit:

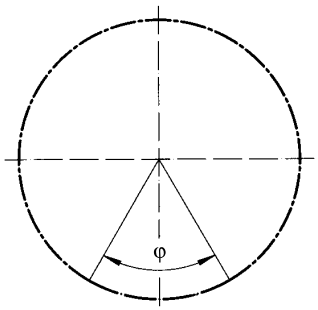
L_{OC} [h]	=	Lebensdauer bei reiner Schwenkbewegung
n_1 [cpm]	=	Anzahl Schwingungen/Minute*
C [N]	=	Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 16.1
P_C [N]	=	Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 33.1)
φ [Grad]	=	Schwenkwinkel
f_W	=	Betriebsfaktor (Tabelle 32.3)

* eine Schwingung entspricht 2φ

Schwenkwinkel

Bei Schwenkwinkeln < 5° kann infolge Mangelschmierung Reibkorrosion auftreten. Wir bitten ggf. um Rücksprache.

Abbildung 34.2



4.7 Zulässiges statisches Kippmoment

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

Gleichung 35.1

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

und so

Gleichung 35.2

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

f_s = Statischer Sicherheitsfaktor
(f_s = 1,5 ... 3) (Tabelle 35.3)

C_0 = Statische Tragzahl (Tabelle 16.1)

F_r = F_a = 0

x_0 = 1

y_0 = 0,44

P_0 = Statische Äquivalentlast (Gleichung 35.1)

d_p = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers (Tabelle 16.1)

M = Kippmoment (Abb. 16.2)

M_0 = Zulässiges statisches Kippmoment

Tabelle 35.3

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

4.8 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 35.4 berechnet werden:

Gleichung 35.4

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

mit:
γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers
M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager
K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers (Tabelle 16.1)

4.9 Schmierung

Leistungsdaten und Schmierstoffe
Harmonic Drive® Produkte erzielen mit den im Katalog genannten Schmierstoffen im Standard- Umgebungstemperaturbereich (0 °C bis 40 °C) die spezifizierten Leistungsdaten und Eigenschaften. Eine Gewährleistung für die im Katalog genannten Daten kann von der Harmonic Drive AG nur dann übernommen werden, wenn die für das jeweilige Produkt freigegebenen Harmonic Drive® Schmierfette oder die 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.

4.9.1 Fettschmierung

Einsatz der Harmonic Drive® Schmierfette
Je nach Produkt, Baugröße und ggf. Untersetzung sollte das passende Harmonic Drive® Fett gewählt werden.

Achtung!
Die Harmonic Drive® Schmierfette 4BNo.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 36.1

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				–										
4BNo.2	–		Für hoch beanspruchte Getriebe*												

Tabelle 36.2

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

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

Tabelle 37.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Schmierfetten.

Tabelle 37.1

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

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

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

Besondere Betriebsbedingungen

Tabelle 38.1 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 38.1

Empfohlene Schmierstoffe für besondere Betriebsbedingungen			
Anwendung	Typ	Hersteller, Bezeichnung	Betriebstemperaturbereich [1]
Breitband Temperaturbereich	Fett	Harmonic Drive, Flexolub-A1	-40 °C ... +120 °C [3]
Tieftemperatur	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.
i=5 und i>8 anwendbar. 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.

4.9.2 Ölschmierung

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

Tabelle 38.2

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.

4.10 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. 39.1. 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 39.1

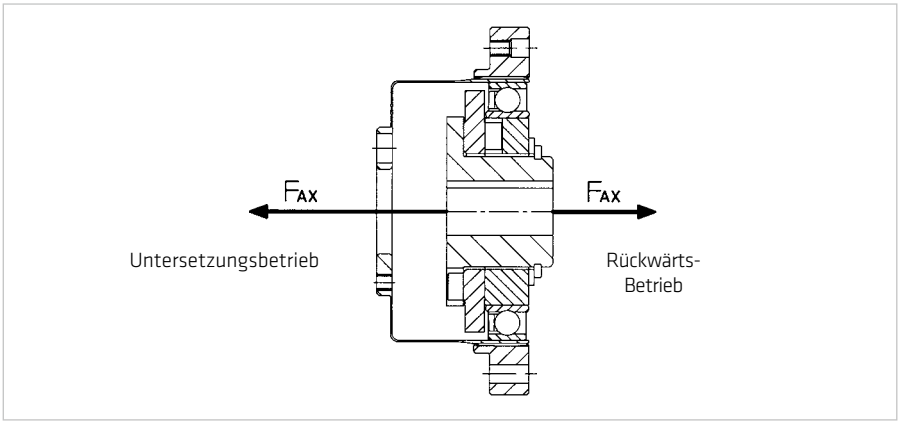


Tabelle 39.2

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32°$	[Gleichung 39.3]
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30° + 2\mu PF$	[Gleichung 39.4]
80...160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20° + 2\mu PF$	[Gleichung 39.5]

mit:

F_{AX} = Axialkraft [N]
D = (Baugröße) · 0,00254 [m]
T = Abtriebsdrehmoment [Nm]
μ = 0,07 Reibungskoeffizient
2μPF = Zusatzkraft (nur CSD) [N]

Beispiel

Baugröße 32 (CSD-32-50)
Abtriebsdrehmoment = 200 Nm
Reibungskoeffizient μ = 0,07

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

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

Tabelle 39.6

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

5. Installation und Betrieb

5.1 Transport und Lagerung

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

5.2 Anlieferungszustand

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

Getriebe mit Fettschmierung
Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert.

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

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

5.3 Montagehinweise

HINWEIS

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

5.4 Montagetoleranzen

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Units sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 41.2 eingehalten werden.

Abbildung 41.1

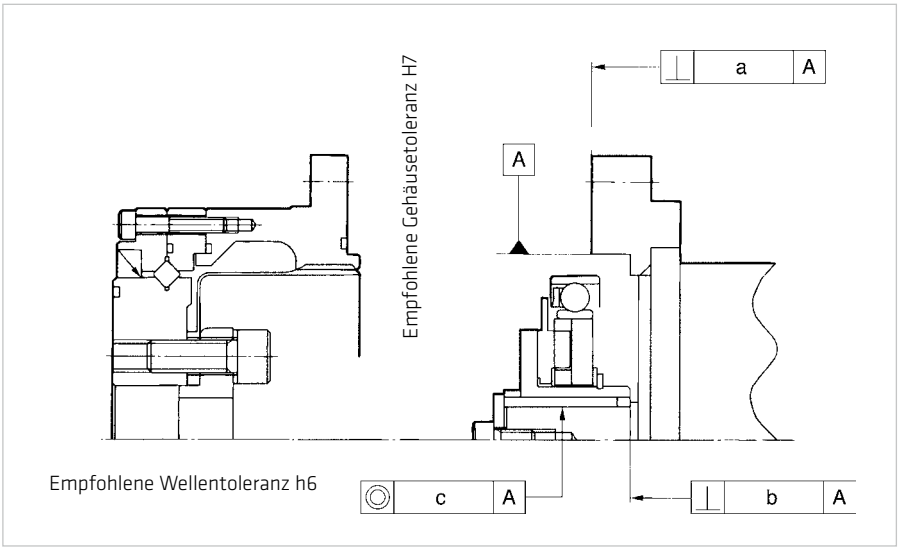


Tabelle 41.2 [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
a	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034
b	0,017	0,020	0,020	0,024	0,024	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
	(0,008)	(0,010)	(0,010)	(0,012)	(0,012)	(0,012)	(0,013)	(0,015)	(0,015)	(0,015)
c	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063	0,065	0,066	0,068	0,070
	(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 Standardgetriebe eingebaut. Bei einer direkten Kupplung des Wave Generator mit der Motorwelle ohne Oldham Kupplung (Option) sollten die Motorwellentoleranzen der DIN 42955 R entsprechen.

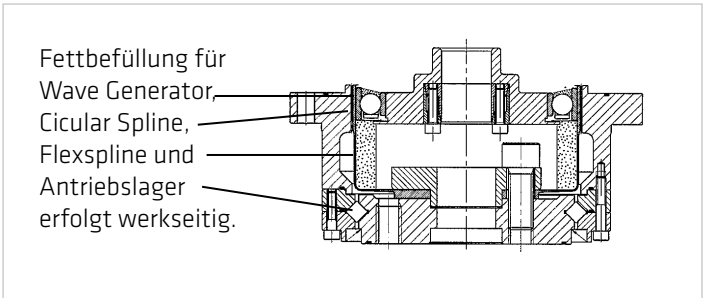
5.5 Schmierung

Harmonic Drive® 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.

5.5.1 Fettschmierung

Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert. Abb. 41.3 zeigt die bei Anlieferung von Standardgetrieben fertig geschmierten Bereiche. Wenn nichts anderes vereinbart wurde, sind die Units der Baugrößen 14 und 17 mit dem Fett SK-2 und Units der Baugrößen 20-65 mit dem Fett SK-1A gefettet. Beim Einsatz eines anderen Fettes ist der Fett-Typ auf der Kundenzeichnung vermerkt. Die Hochleistungsfette 4BNo.2 und Flexolub-A1 sind für diese Produkte einsetzbar.

Abbildung 41.3



5.5.2 Fettmenge

Abbildung 42.1

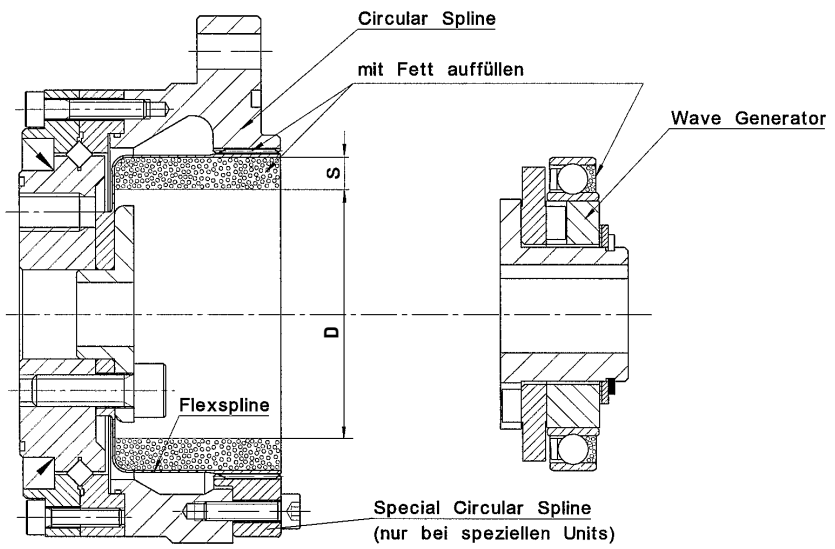
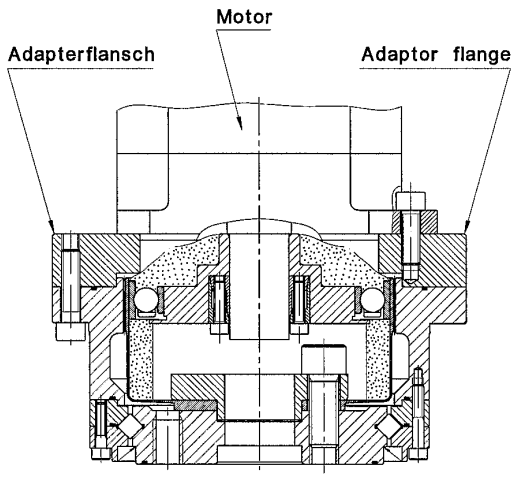


Tabelle 42.2 [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
D	28	33	40	50	66	79	88	98	115	132
S	3	4	4,5	5,5	7	9,5	11	12	13,5	13,5

Abbildung 42.3



5.5.3 Fettreservoir

Beim Einsatz des von Harmonic Drive AG empfohlenen Flanschdesigns kann die Unit in allen Betriebspositionen eingesetzt werden. Zur Erzielung der maximalen Getriebelebensdauer empfehlen wir, bei der Montage der Unit eine zusätzliche Fettmenge im Fettreservoir zwischen Wave Generator und Lagerschild des Motors zu platzieren, s. Abb. 43.2

Tabelle 43.1

Baugröße		**14**	**17**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**58**	**65**
Standard Fettmenge	ca. [g]	5,5	10	16	40	60	130	180	260	360	440
	ca. [cm³]	6	11	18	44	66	143	198	286	396	484
Zusätzlich erforderliche Fettmenge bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator	ca. [g]	3	4	9	13	22	44	59	72	117	141
	ca. [cm³]	3	5	9	14	24	49	65	79	129	155

Abbildung 43.2

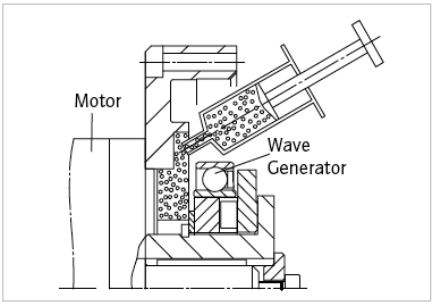


Abbildung 43.3

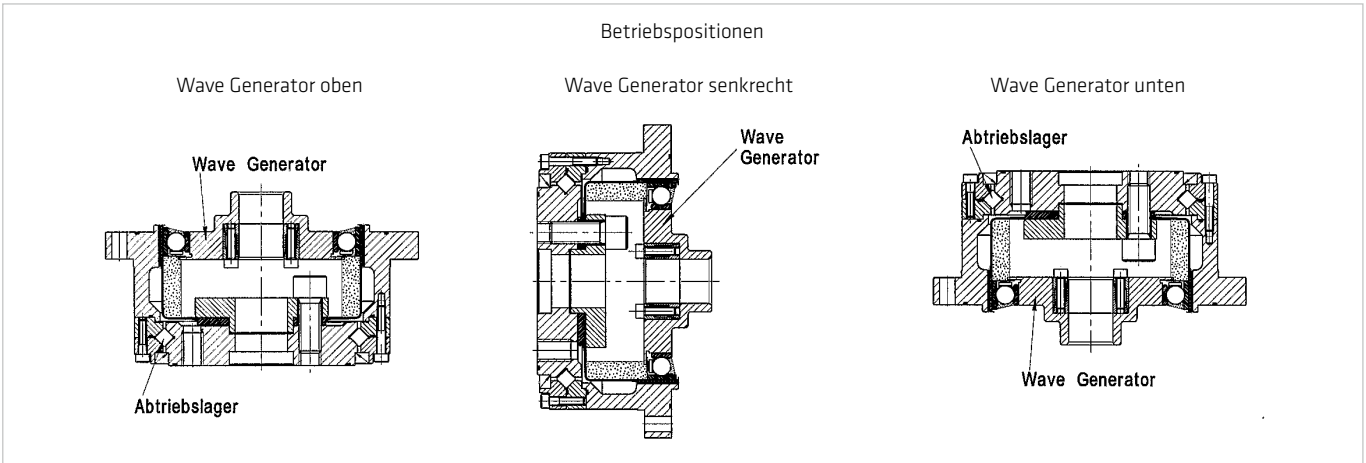


Tabelle 43.4 [kg]

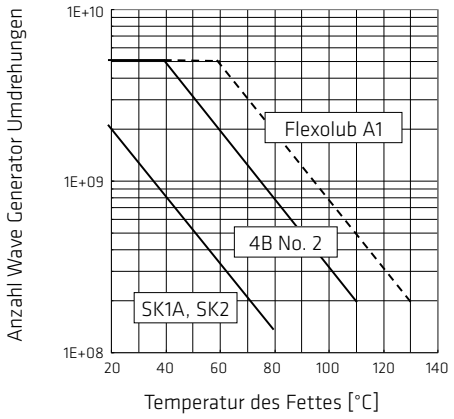
Bestellbezeichnung	**Verfügbare Gebinde**
Spezialfett SK-1A, SK-2	0,5; 2,5; 16
Spezialfett 4BNo.2	0,5; 2; 16
Spezialfett Flexolub-A1	1,0; 25

5.5.4 Fettwechsel

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.

In Abb. 44.1 sind die Fettwechselintervalle in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben. Dieses Diagramm ist gültig bei Belastung der Getriebe mit Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl. Die zulässige Anzahl der Umdrehungen des Antriebselementes kann ermittelt werden. Zum Beispiel, bei Einsatz von SK-1A oder SK-2 Fett sollte bei einer Temperatur von 40 °C ein Fettwechsel nach etwa 8,5 x 10^8 Umdrehungen des Antriebselementes stattfinden.

Abbildung 44.1



Gleichung 44.2

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

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

L_{GTn} = siehe Diagramm

T_N = Nenndrehmoment

T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment

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 unter Punkt 4.9.2. Mindestens sind Mineralöl CPL 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 38.2 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 5203
- Loxeal 28-10

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

Schraubensicherung
- Loctite 243

Schwer lösbar und dichtend. Empfohlen für alle Schraubenverbindungen.

Montagepaste
- Klüber Q NB 50

Empfohlen für O-Ringe, die während der Montage aus ihrer Nut herausspringen 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

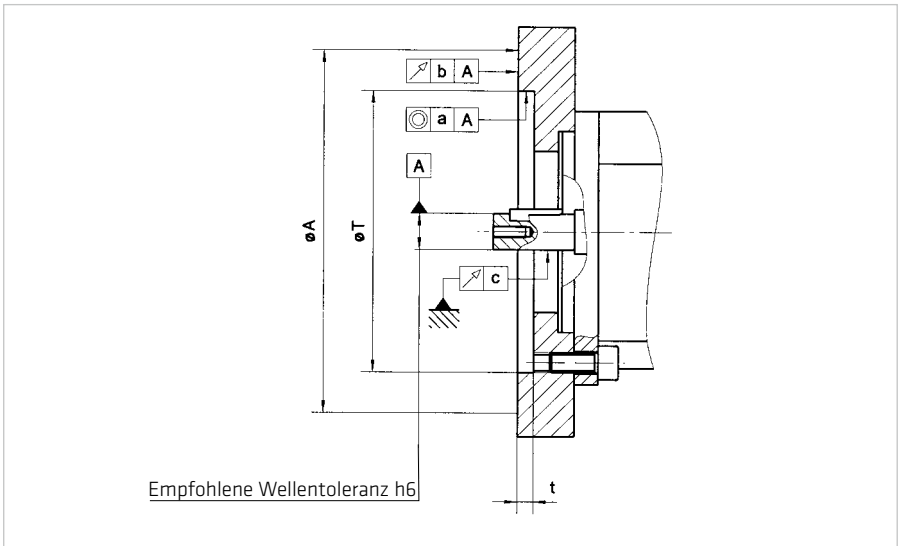
5.7.1 Motoranbau

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

Zwischenflansch

Die Übertragungsgenauigkeit des Harmonic Drive® Getriebes hängt auch von den Toleranzen des Zwischenflansches ab. Tabelle 46.2 zeigt die empfohlenen Toleranzen des Motors bei montiertem Zwischenflansch.

Abbildung 46.1



HINWEIS

Wir empfehlen bei der Produktion des Zwischenflansches die Einhaltung der Abmessungen und Toleranzen gemäß Tabelle 46.2. Zur Erzielung der angegebenen Werte für Koaxialität und Planlauf sollten die motor- und getriebeseitigen Flanschflächen unbedingt in einer einzigen Aufspannung hergestellt werden.

Tabelle 46.2

Baugröße	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
a	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
b	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
c	0,015	0,015	0,018	0,018	0,018	0,018	0,021	0,021	0,021	0,021
Ø A	73	79	93	107	138	160	180	190	226	260
t	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6
Ø T H7	38	48	56	67	90	110	124	135	156	177

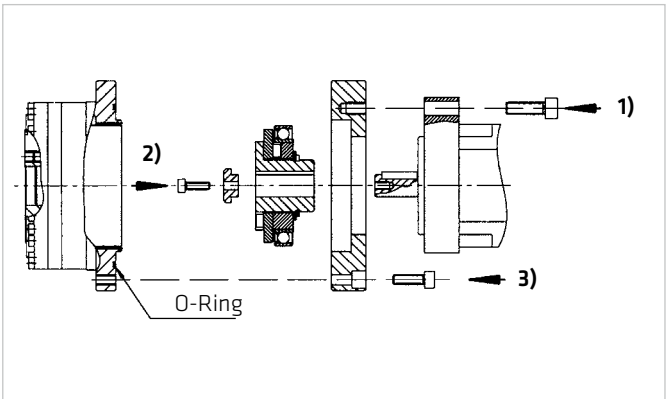
Montage

Bei der Montage sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen möglich, siehe Abb. 47.2 und 47.3. Tabelle 47.1 gibt eine Empfehlung über die Vorgehensweise bei der Montage.

Tabelle 47.1 [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	Montage empfohlen gemäß Abb.
Motor-Zentrier- ø	<35,5	<43,5	<50,0	<62,5	<81,5	<100,0	<113,5	<124,5	<147	<167	47.2
	≥35,5	≥43,5	≥50,0	≥62,5	≥81,5	≥100,0	≥113,5	≥124,5	≥147	≥167	47.3

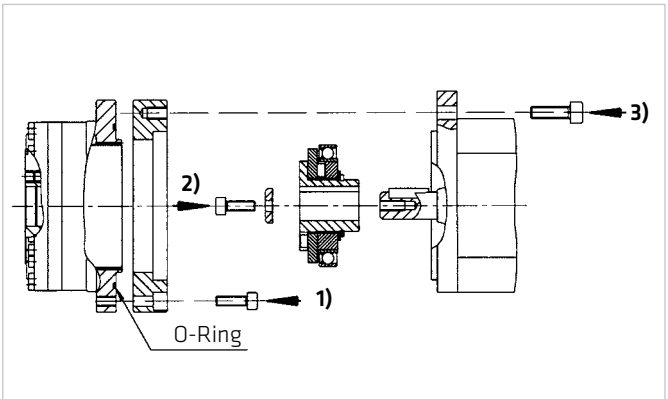
Abbildung 47.2



Montageschritte gemäß Abb. 47.2:

1) Montage des Zwischenflansches an den Motor.
2) Montage des Wave Generators auf die Motorwelle.
3) Montage des Zwischenflansches inklusive Motor an die Unit.

Abbildung 47.3



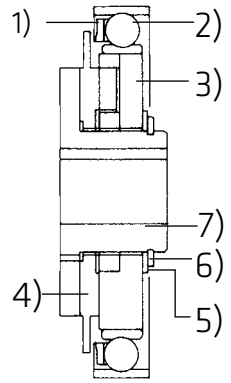
Montageschritte gemäß Abb. 47.3:

1) Montage des Zwischenflansches an die Unit.
2) Montage des Wave Generators auf die Motorwelle.
3) Montage des Motors an den Zwischenflansch.

5.7.2 Wave Generator Komponenten

Abb. 48.1 zeigt einen Standard Wave Generator mit Oldham Kupplung.

Abbildung 48.1



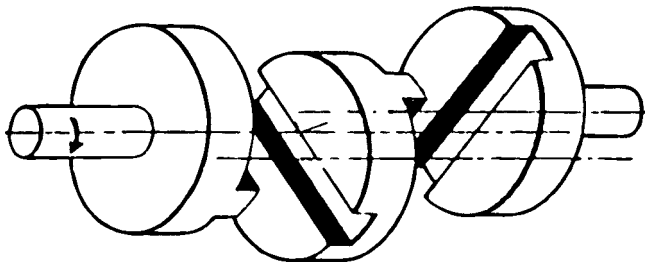
1) Lagerkäfig
2) Wave Generator Lager
3) Wave Generator Plug
4) Insert
5) Distanzscheibe
6) Sicherungsring
7) Wave Generator Hub

Modifikationen des Wave Generators

Mit Ausnahme der Baureihe CSD haben alle Harmonic Drive® Standardgetriebe der Baugrößen 8-100 zur Kompensation von Rundlauffehlern der Motorwelle eine Oldham Kupplung, siehe Abb. 48.2.

Prinzip der Oldham Kupplung

Abbildung 48.2



Bohrungsdurchmesser für Solid Wave Generator

Wird ein Wave Generator mit einer größeren Bohrung oder eine vollständig spielfreie Antriebskupplung benötigt, so kann die Oldham Kupplung entfernt und die Motorwelle direkt mit dem Wave Generator verbunden werden. Bei diesem sogenannten „Solid Wave Generator“ kann die zentrische Bohrung vergrößert oder verzahnt werden, um eine Hohlwelle zu erzeugen oder eine verzahnte Welle aufzunehmen. Maximale Bohrungsdurchmesser mit oder ohne Passfedernut werden in Tabelle 49.2 angegeben. Beim Einsatz eines Solid Wave Generators werden erhöhte Anforderungen an die Gehäuse- und Wellentoleranzen gestellt, siehe Kapitel „Konstruktionshinweise / Montagetoleranzen“ im entsprechenden Produktbereich.

Maximaler Bohrungsdurchmesser ohne Oldham Kupplung

Abbildung 49.1

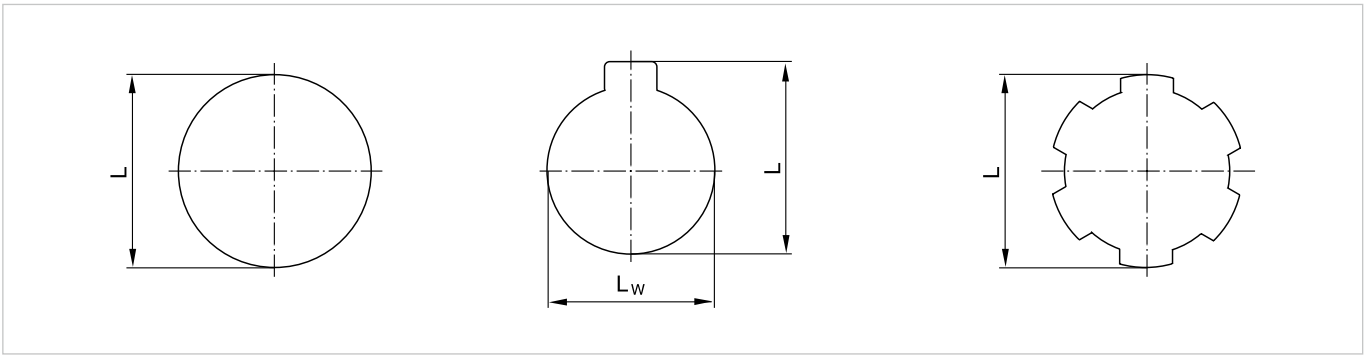


Tabelle 49.2 [mm]

Baugröße	**14**	**17**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**58**	**65**
L_w für Passfeder DIN 6885 T1	12	13	17	22	28	34	39	44	50	56
L	17	20	23	28	36	42	47	52	60	67

5.7.3 Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle

Verbindung der Motorwelle mit dem Wave Generator
Die Units werden mit einem an die Motorwelle angepassten Wave Generator geliefert. Die Übertragung des Drehmoments kann z. B. mittels Passfeder oder Klemmelement erfolgen. Bitte achten Sie auf die Einhaltung der für den eingebauten Zustand vorgeschriebenen axialen Position des Wave Generators im Getriebe.

Die axiale Fixierung des Wave Generators muss den Axialkräften am Wave Generator standhalten. Das Wellenende des Motors muss sich mindestens zu 2/3 in der Nabe des Wave Generators befinden, um das Drehmoment des Motors sicher übertragen zu können.

Abbildung 50.1 Units mit Passfeder

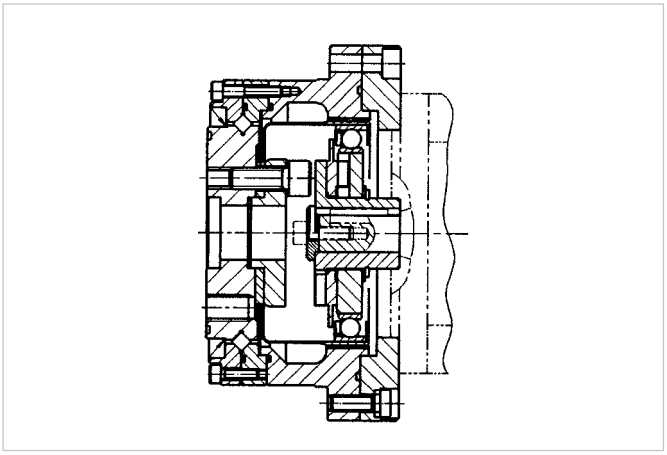
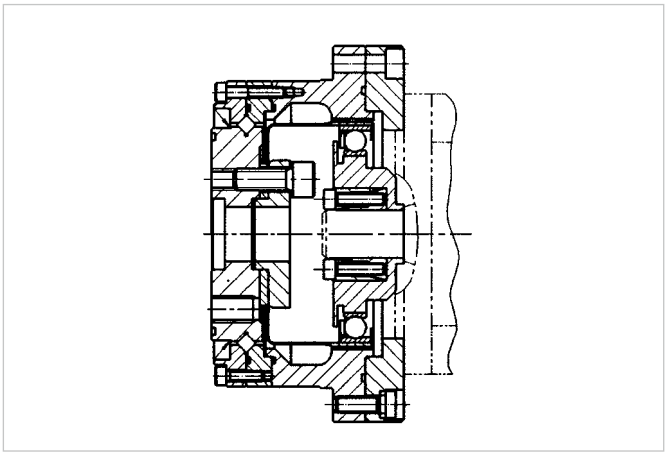


Abbildung 50.2 Units mit Spannelement



Beim Einsatz von Schrittmotoren und bei größeren Wellendurchmessern empfehlen wir, einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung zu verwenden. Abb. 50.1 zeigt die Standardvariante mit Oldham-Kupplung und Passfeder.
Abb. 50.2 zeigt einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung (Solid Wave Generator), der mittels Spannsatz auf der Motorwelle montiert ist.

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 alle Getriebekomponenten gemäß Kapitel 4 geschmiert sind. Bei Ölschmierung die in der Maschinenzeichnung vorgeschriebene Ölmenge einfüllen.

5.7.5 Überprüfen der Montage

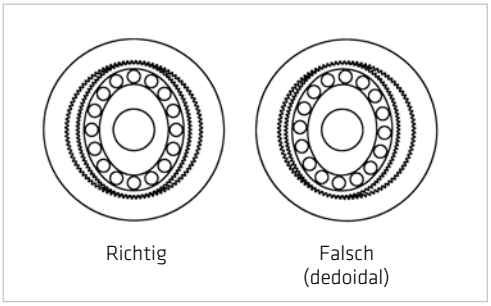
In sehr seltenen Fällen kann eine asymmetrische Montage (Dedoidal) vorkommen. Der korrekte Zusammenbau kann wie folgt überprüft werden:

- 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 51.1



5.7.6 Montage des Abtriebsflansches

Abbildung 52.1

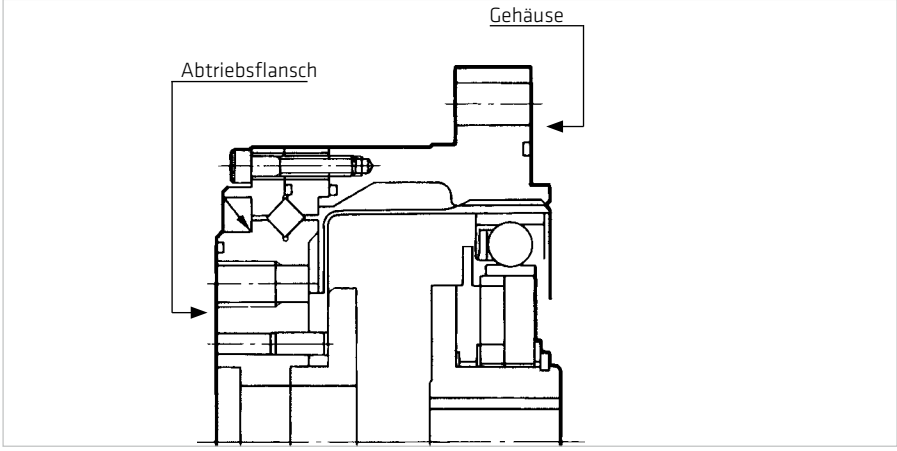


Tabelle 52.2

Baugröße		**14**	**17**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**58**	**65**
Anzahl der Schrauben		6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
Größe der Schrauben		M4	M5	M6	M8	M10	M10	M12	M14	M16	M16
Teilkreisdurchmesser	[mm]	23	27	32	42	55	68	82	84	100	110
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	5,4	10,8	18,4	45	89	89	154	246	383	383
Übertragbares Drehmoment*	[Nm]	58	109	245	580	1220	1510	2624	3690	5981	6579

5.7.7 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 52.3

Baugröße		**14**	**17**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**58**	**65**
Anzahl der Schrauben		8	8	8	10	12	10	12	14	12	8
Größe der Schrauben		M4	M4	M5	M5	M6	M8	M8	M8	M10	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	65	71	82	96	125	144	164	174	206	236
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	4,5	9	9	15,3	37	37	37	74	128
Übertragbares Drehmoment*	[Nm]	182	196	365	538	1200	2100	2844	3251	5717	6293

* Reibungskoeffizient μ = 0,15; Schraubenqualität 12.9

6. Außerbetriebnahme und Entsorgung

Die Getriebe, Servoantriebe und Motoren beinhalten Schmierstoffe für Lager und Harmonic Drive® 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 [mm]

Distanz zwischen Abtriebslager und Angriffspunkt der Last.

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

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

Baugröße

1) Antriebe/Getriebe mit Harmonic Drive® Getriebe oder Harmonic Planetengetriebe
Die Baugröße ist abgeleitet vom Teilkreisdurchmesser der Verzahnung in Zoll multipliziert mit 10.

2) Servomotor CHM
Die Baugröße bei den CHM Servomotoren beschreibt das Stillstandsdrehmoment in Ncm.

3) Direktantriebe TorkDrive®
Die Baugröße der Baureihe TorkDrive wird durch den Außendurchmesser des Eisenkerns im Stator beschrieben.

Bemessungsdrehmoment T_N [Nm]

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

Bemessungsdrehzahl n_N [min^{-1}]

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

Bemessungsleistung P_N [W]

Abgegebene Leistung bei Bemessungsdrehzahl und Bemessungsdrehmoment.

Bemessungsspannung U_N [V_{eff}]

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

Bemessungsstrom I_N [A_{eff}]

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

Bremsenspannung U_{Br} [VDC]

Anschlussspannung der Haltebremse.

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

Quotient aus Stillstandsdrehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

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

Quotient aus Stillstandsdrehmoment 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.

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.

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.

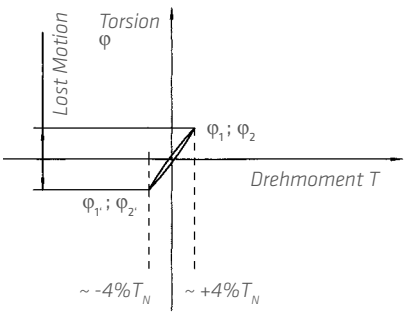
Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]

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.

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. ±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) $n_{in\ (max)}$ [min^{-1}]

Maximal zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung.

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

Maximal zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung.

Maximale Drehzahl n_{max} [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} [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 parametrierten maximalen Strom begrenzt werden. Das maximale Drehmoment kann beliebig oft aufgebracht werden, solange das durchschnittliche Drehmoment innerhalb des zulässigen Dauerbetriebes liegt.

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

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

Maximale Leistung P_{max} [W]

Maximale abgegebene Leistung.

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

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

Maximalstrom I_{max} [A]

Der Maximalstrom ist der kurzzeitig zulässige Strom.

Mechanische Zeitkonstante τ_m [s]

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

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

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung.

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

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung.

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 Gundwellenspannung zum Erreichen der angegebenen Performance. Zusätzliche Spannungsverluste können zu 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 Getriebe die mittlere Lebensdauer L_{50}.
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 Getriebe die mittlere Lebensdauer L_{50}. Die Nenndrehzahl n_N wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

[min^{-1}]

Produktreihe	n_N
CobaltLine®, HFUC, HFUS, CSF, CSG, CSD, SHG, SHD	2000
PMG Baugröße 5	4500
PMG Baugröße 8 bis 14	3500
HPG, HPGP, HPN	3000

Öffnungsstrom der Bremse I_{OBr} [A_{DC}]

Strom zum Öffnen der Bremse.

Öffnungszeit der Bremse t_0 [ms]

Verzögerungszeit zum Öffnen der Bremse.

Polpaarzahl p [ ]

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

Schließzeit der Bremse t_C [ms]

Verzögerungszeit zum Schließen der Bremse.

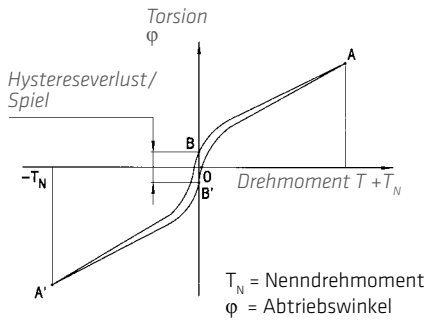
Schutzart IP

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

Spiel (Beschreibung mittels Hysteresekurve) [arcmin]

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

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



Statische Tragzahl C_0 [N]

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

Statisches Kippmoment M_0 [Nm]

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

Stillstandsdrehmoment T_0 [Nm]

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Antrieb.

Stillstandsstrom I_0 [A_{eff}]

Effektivwert des Motorstrangstroms zur Erzeugung des Stillstandsdrehmomentes.

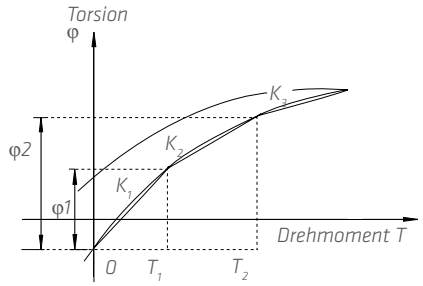
Teilkreisdurchmesser d_p [mm]

Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers.

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

Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Die Torsionssteifigkeit K_3 beschreibt die Steifigkeit oberhalb eines definierten Referenzdrehmomentes. In diesem Bereich ist die Steifigkeit nahezu linear.

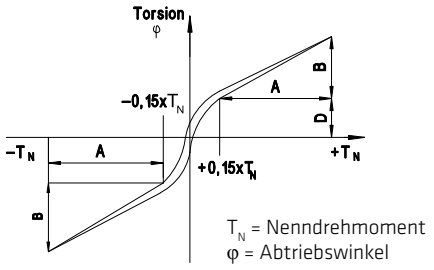
Der angegebene Wert für die Torsionssteifigkeit K_3 ist ein Durchschnittswert, der während zahlreicher Tests ermittelt wurde. Die Grenzdrehmomente T_1 und T_2 sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in Kapitel 3 und 4 dieser Dokumentation zu finden.



K_1, K_2, K_3 = Torsionssteifigkeit, φ = Abtriebswinkel
φ1 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T_1
φ2 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T_2

Torsionssteifigkeit (Harmonic Planetengetriebe) K_3 [Nm/rad]

Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockierter Eingangswelle. Die Torsionssteifigkeit der Harmonic Planetengetriebe beschreibt die Verdrehung des Abtriebes oberhalb einem Referenzdrehmoment von 15 % des Nenndrehmomentes.
In diesem Bereich ist die Torsionssteifigkeit nahezu linear.



Umgebungstemperatur (Betrieb) [°C]

Gibt den für den bestimmungsgemäßen Betrieb zulässigen Temperaturbereich an.

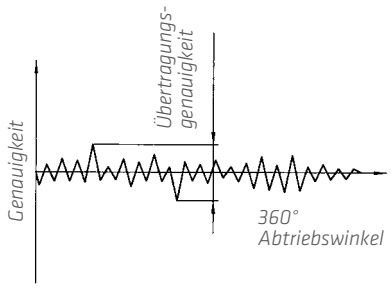
Untersetzung i [ ]

Die Untersetzung ist das Verhältnis von Antriebsdrehzahl zu Abtriebsdrehzahl.

Hinweis für Harmonic Drive® Getriebe: Bei der Standardausführung ist der Wave Generator das Antriebselement, der Flexspline das Abtriebselement und der Circular Spline am Gehäuse fixiert. Da sich die Drehrichtung von Antrieb (Wave Generator) zu Abtrieb (Flexspline) umkehrt, ergibt sich eine negative Untersetzung für Berechnungen, bei denen die Drehrichtung berücksichtigt werden muss.

Übertragungsgenauigkeit [arcmin]

Die Übertragungsgenauigkeit eines Getriebes beschreibt den absoluten Positionsfehler am Abtrieb. Die Messung erfolgt während einer vollständigen Umdrehung des Abtriebselementes mit Hilfe eines hochauflösenden Messsystems. Eine Drehrichtungsumkehr erfolgt nicht. Die Übertragungsgenauigkeit ist definiert als die Summe der Beträge der maximalen positiven und negativen Differenz zwischen theoretischem und tatsächlichem Abtriebswinkel.

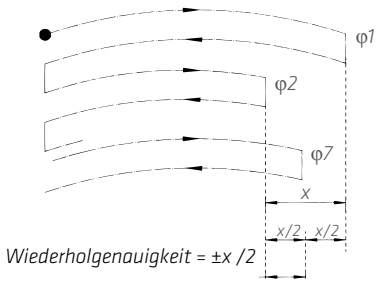


Wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]

Gibt die maximal zulässigen Beschleunigungs- und Bremsdrehmomente an. Während des normalen Arbeitszyklus sollte das wiederholbare Spitzendrehmoment T_R nicht überschritten werden.

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 ± 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.

REACH
Verordnung
Nr. 1907/2006

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.

RoHS
COMPLIANT

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.

1015774 01/2016 V01