

Projektierungsanleitung
Units CSD-2UF/2UH



Harmonic
Drive AG



QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/2070

...just move it!

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	17
3.3.4	Genauigkeit	17
3.3.5	Torsionssteifigkeit	17
3.3.6	Lagerung.....	18
4.	Antriebsauslegung	20
4.1	Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben	22
4.1.1	Drehmomentbasierte Auslegung.....	23
4.1.2	Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers.....	25
4.1.3	Steifigkeitsbasierte Auslegung.....	26
4.2	Berechnung des Torsionswinkels.....	28
4.3	Lastabhängiger Wirkungsgrad	29
4.3.1	Wirkungsgradberechnung	29
4.3.2	Wirkungsgradtabellen	30
4.4	Lastfreie Drehomente	32
4.4.1	Lastfreies Laufdrehmoment	32
4.4.2	Lastfreies Anlaufdrehmoment	34
4.4.3	Lastfreies Rückdrehmoment	34
4.5	Abtriebslager - Lebensdauer	35
4.5.1	Abtriebslager bei Schwenkbewegungen	37
4.6	Zulässiges statisches Kippmoment	38
4.7	Kippwinkel	38
4.8	Schmierung	39
4.8.1	Fettschmierung.....	39
4.8.2	Ölschmierung	41
4.9	Axialkräfte am Wave Generator	42
5.	Installation und Betrieb	43
5.1	Transport und Lagerung.....	43
5.2	Anlieferungszustand.....	43
5.3	Montagehinweise	43
5.4	Montagetoleranzen	44
5.5	Schmierung.....	45
5.5.1	Fettreservoir.....	45
5.5.2	Fettwechsel.....	46
5.6	Vorbereitung	46

5.7	Montage.....	47
5.7.1	Motoranbau.....	47
5.7.2	Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle.....	48
5.7.3	Prüfung von dem Fügen des Wave Generators.....	48
5.7.4	Überprüfen der richtigen Montage.....	48
5.7.5	Montage des Abtriebsflansches.....	49
5.7.6	Montage des Gehäuseflansches.....	49
6.	Glossar.....	50
6.1	Technische Daten.....	50
6.2	Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen.....	56

1. Allgemeines

Über diese Dokumentation

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

Die Dokumentation wendet sich an Planer, Projektoren, Maschinenhersteller und Inbetriebnehmer. Sie unterstützt bei Auswahl und Berechnung 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 Lieferumfangs und müssen von diesen Herstellern direkt angefordert werden.

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

Ihr Feedback

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

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

1.1 Erläuterung der verwendeten Symbolik

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

1.2 Haftungsausschluss und Copyright

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

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

2. Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise

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

2.1 Gefahren



GEFAHR

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

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

Einhalten der fünf Sicherheitsregeln:

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

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



GEFAHR

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



GEFAHR

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



WARNUNG

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



VORSICHT

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



HINWEIS

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

HINWEIS

Anschlusskabel dürfen nicht in direkten Kontakt mit heißen Oberflächen kommen.

INFO

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

2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

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

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

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

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

2.3 Nicht bestimmungsgemäße Verwendung

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

HINWEIS

Nachfolgende Anwendungsbereiche gehören zur nicht bestimmungsgemäßen Verwendung:

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

2.4 Konformitätserklärung

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

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

3. Technische Beschreibung

3.1 Produktbeschreibung

Die kurze Baureihe

Die Units der Baureihe CSD sind erhältlich in sieben Baugrößen mit den Untersetzungen 50, 100 und 160 bei einem wiederholbaren Spitzendrehmoment zwischen 12 und 823 Nm.

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

Die Baureihe CSD zeichnet sich durch eine sehr geringe Baulänge und geringes Gewicht aus. Die Unit CSD-2UF ist mit Hohlwelle zur Durchführung von Versorgungsleitungen für weiterführende Antriebssysteme und mit einem verstärkten Abtriebslager verfügbar. Die Unit CSD-2UH ermöglicht problemlos einen kompakten Motoranbau für jegliche Standardservomotoren.

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		
CSD	14	50	100		2UH	Nach Kundenanforderung		
	17	50	100					
	20	50	100	160				
	25	50	100	160	2UF			
	32	50	100	160				
	40	50	100	160				
	50	50	100	160				
Bestellbezeichnung								
CSD	-	20	-	100	-	2UH	-	SP

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

Tabelle 9.2

Version	
Bestellbezeichnung	Beschreibung
2UH	Units (Baugröße 14-50)
2UF	Units mit Hohlwelle und verbessertem Abtriebslager (Baugröße 14-40)

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

3.3 Technische Daten

3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 10.1

	Einheit	CSD-14-2UH		CSD-17-2UH	
Untersetzung	i []	50	100	50	100
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	12	19	23	37
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	4,8	7,7	18	27
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	3,7	5,4	11	16
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	24	35	48	71
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	8500		7300	
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500		3500	
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,021		0,054	
Gewicht	m [kg]	0,35		0,46	

Tabelle 10.2

	Einheit	CSD-20-2UH			CSD-25-2UH		
Untersetzung	i []	50	100	160	50	100	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	39	57	64	69	110	123
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	24	34	34	38	75	75
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	17	28	28	27	47	47
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	69	95	95	127	184	204
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	6500			5600		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500			3500		
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,090			0,282		
Gewicht	m [kg]	0,65			1,2		

3.3.2 Abmessungen

Abbildung 11.1

CSD-14-2UH [mm]

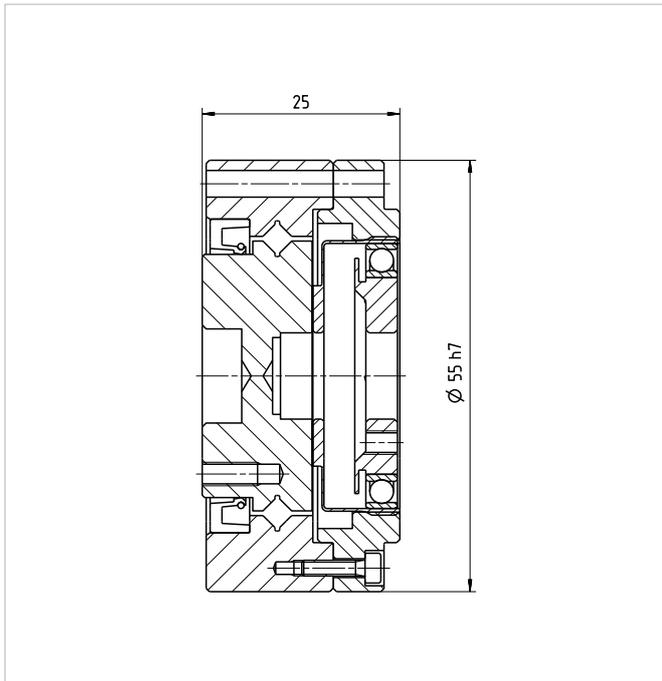


Abbildung 11.2

CSD-17-2UH [mm]

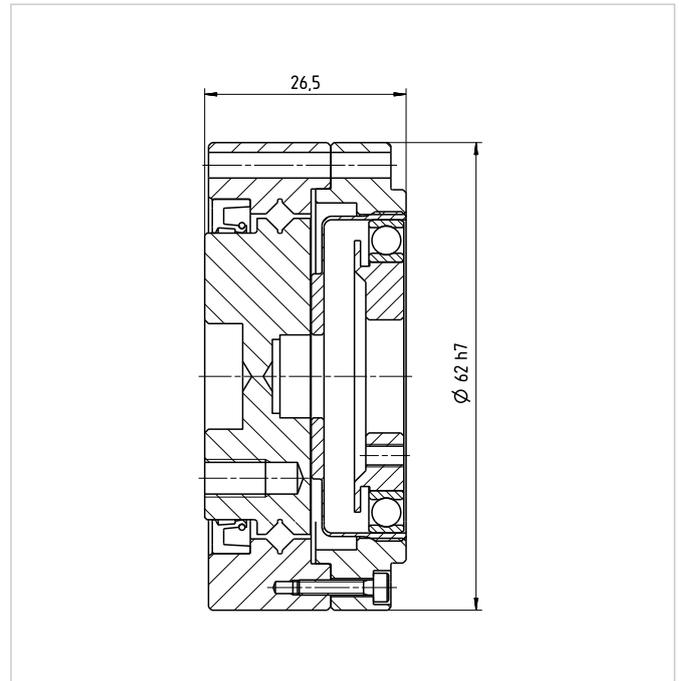


Abbildung 11.3

CSD-20-2UH [mm]

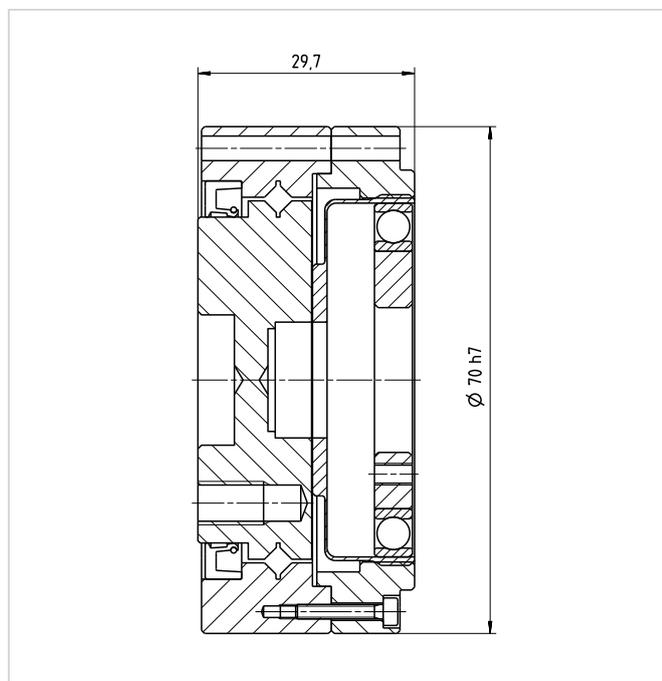


Abbildung 11.4

CSD-25-2UH [mm]

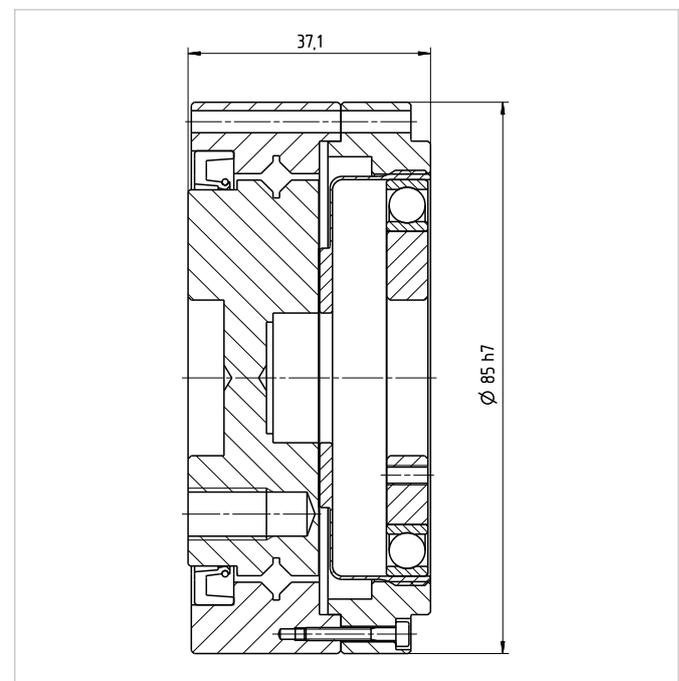


Tabelle 12.1

	Einheit	CSD-32-2UH			CSD-40-2UH		
Untersetzung	i []	50	100	160	50	100	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	151	233	261	281	398	453
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	75	151	151	137	260	316
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	53	96	96	96	185	206
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	268	420	445	480	700	765
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	4800			4000		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500			3000		
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	1,09			2,85		
Gewicht	m [kg]	2,4			3,6		

Tabelle 12.2

	Einheit	CSD-50-2UH		
Untersetzung	i []	50	100	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	500	686	823
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	247	466	590
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	172	329	370
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	1000	1440	1715
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	3500		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	2500		
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	8,61		
Gewicht	m [kg]	6,9		

Abbildung 13.1

CSD-32-2UH [mm]

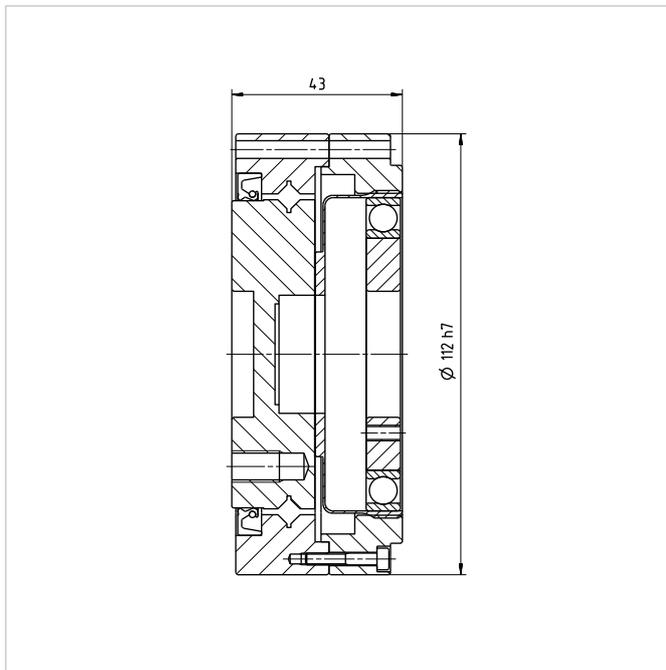


Abbildung 13.2

CSD-40-2UH [mm]

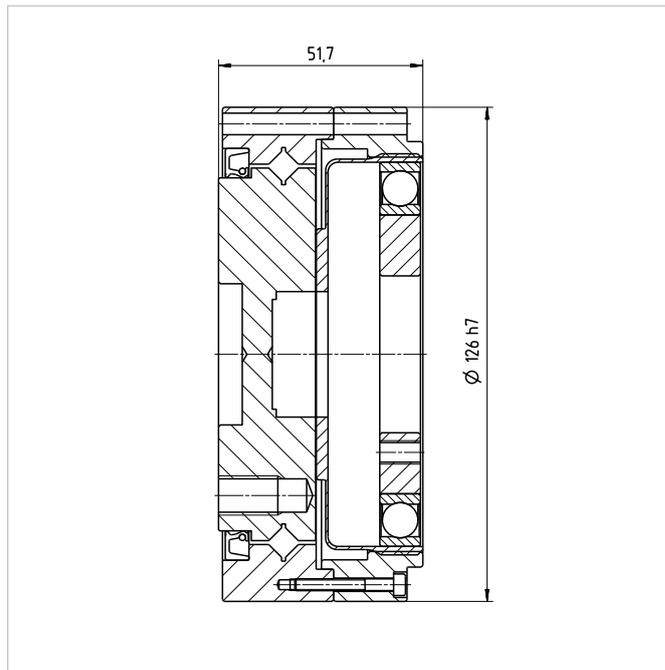


Abbildung 13.3

CSD-50-2UH [mm]

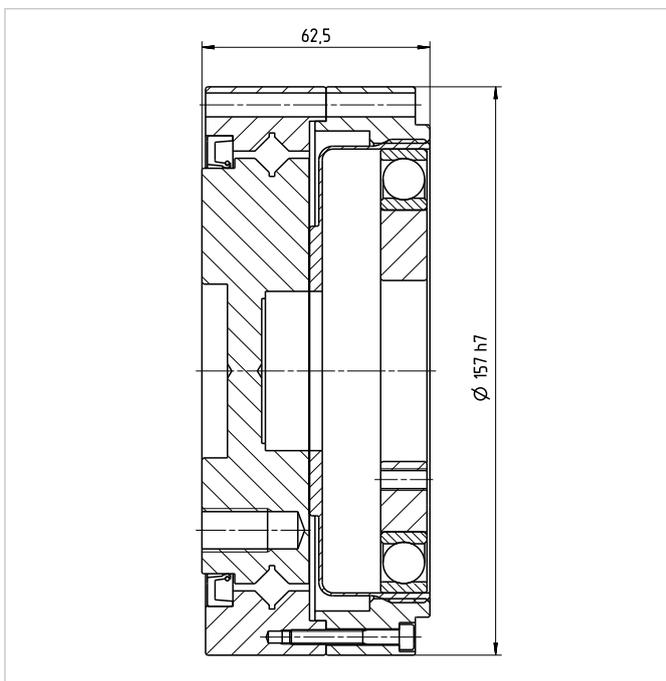


Tabelle 14.1

	Einheit	CSD-14-2UF		CSD-17-2UF	
Untersetzung	i []	50	100	50	100
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	12	19	23	37
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	4,8	7,7	18	27
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	3,7	5,4	11	16
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	24	35	48	71
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	8500		7300	
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500		3500	
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,021		0,054	
Gewicht	m [kg]	0,5		0,66	

Tabelle 14.2

	Einheit	CSD-20-2UF			CSD-25-2UF		
Untersetzung	i []	50	100	160	50	100	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	39	57	64	69	110	123
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	24	34	34	38	75	75
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	17	28	28	27	47	47
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	69	95	95	127	184	204
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	6500			5600		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500			3500		
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,090			0,282		
Gewicht	m [kg]	0,94			1,7		

Abbildung 15.1

CSD-14-2UF [mm]

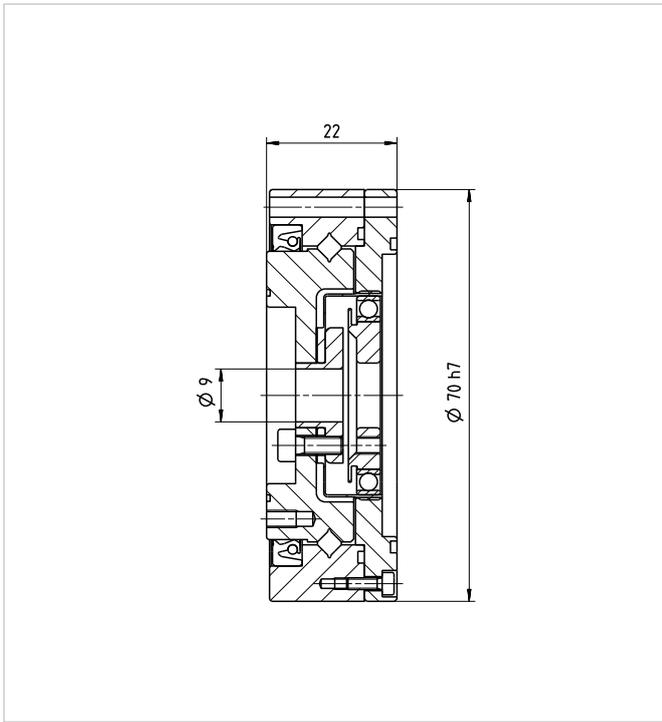


Abbildung 15.2

CSD-17-2UF [mm]

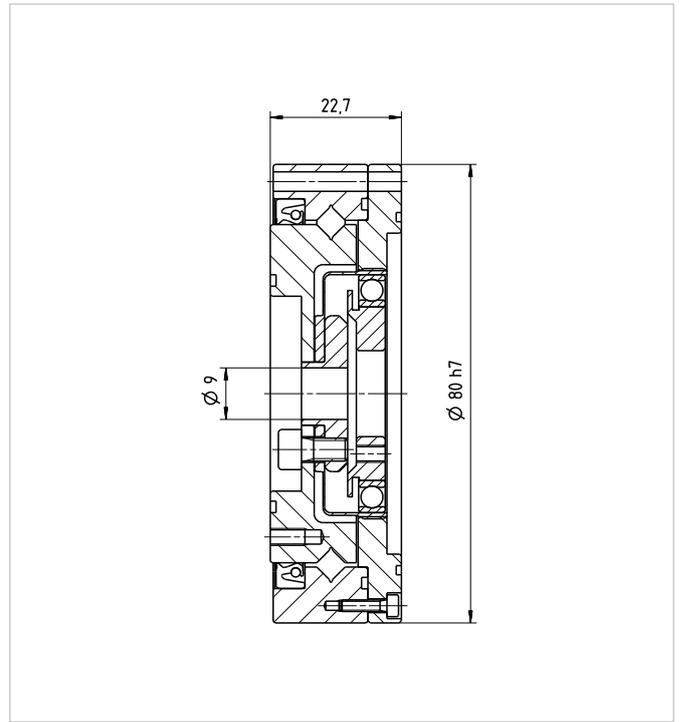


Abbildung 15.3

CSD-20-2UF [mm]

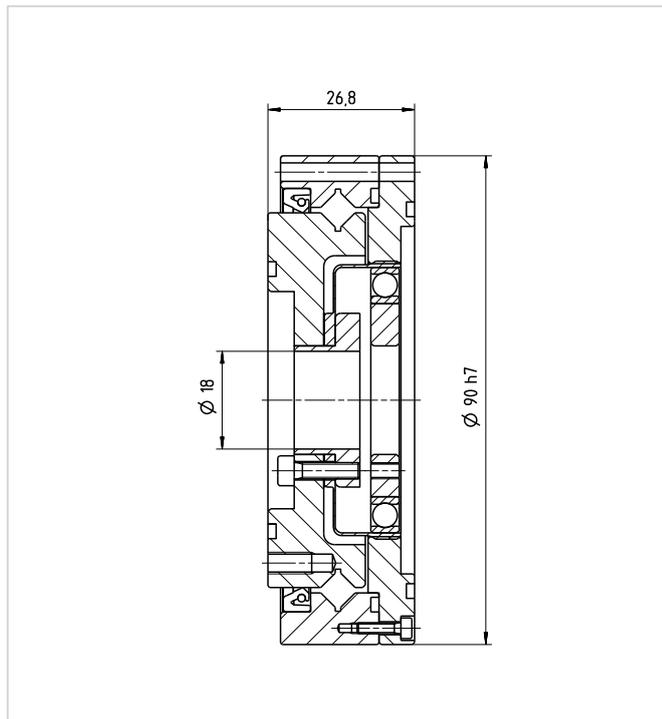


Abbildung 15.4

CSD-25-2UF [mm]

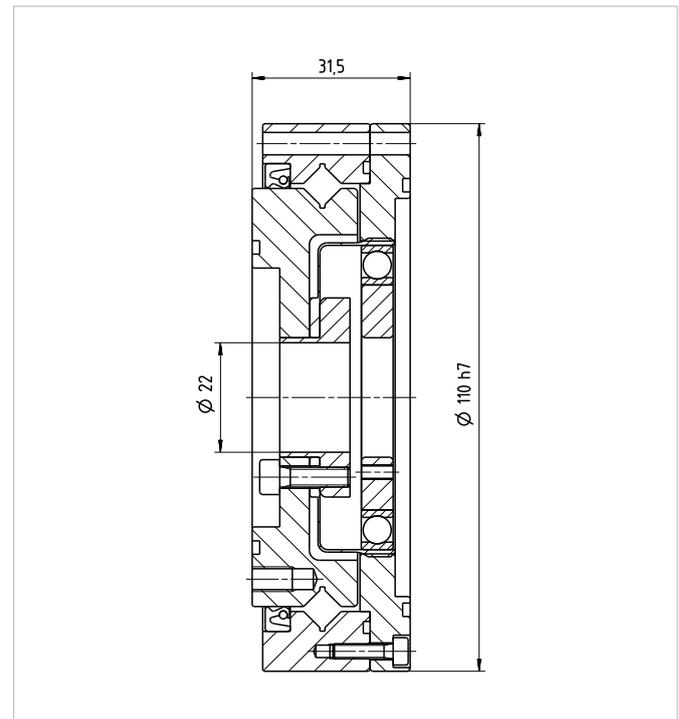


Tabelle 16.1

	Einheit	CSD-32-2UF			CSD-40-2UF		
Untersetzung	i []	50	100	160	50	100	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	151	233	261	281	398	453
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	75	151	151	137	260	316
Nenn Drehmoment	T_N [Nm]	53	96	96	480	185	206
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	268	420	445	281	700	765
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	4800			4000		
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500			3000		
Massenträgheitsmoment	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	1,09			2,85		
Gewicht	m [kg]	3,3			5,7		

Abbildung 16.1

CSD-32-2UF [mm]

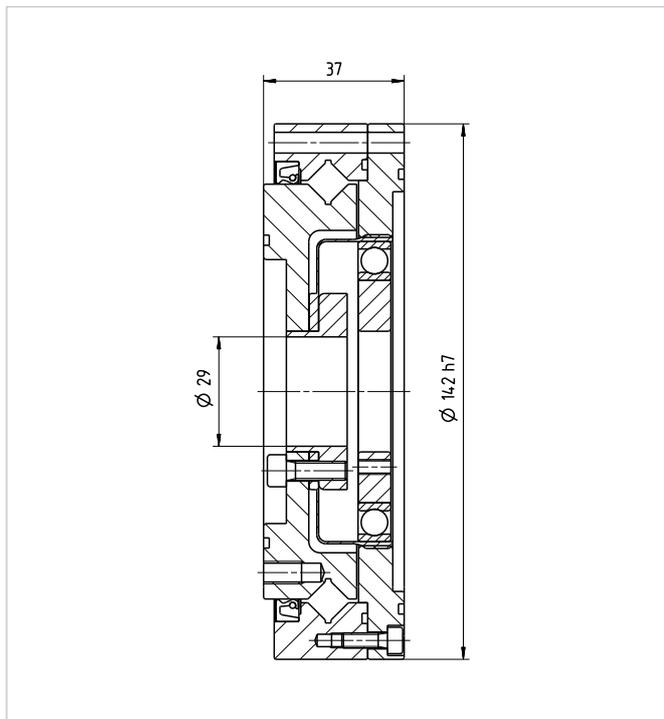
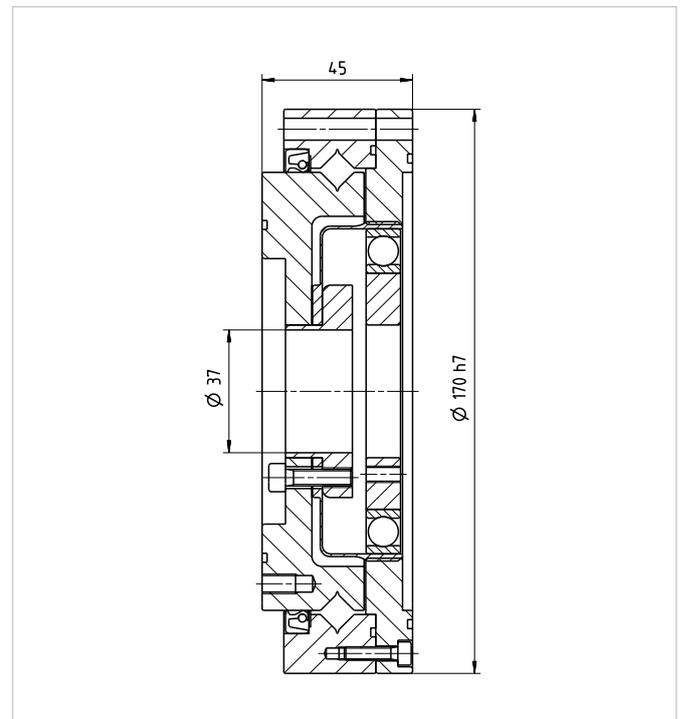


Abbildung 16.2

CSD-40-2UF [mm]



3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand

Um die richtige Funktion der Harmonic Drive® Unit -250 und -25H zu garantieren, muss ein Mindestabstand zwischen dem Flexspline und dem Gehäuse und Flansch eingehalten werden.

3.3.4 Genauigkeit

Tabelle 17.1

[arcmin]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
CSD-2UH/-2UF	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

3.3.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 17.2

Baugröße		14	17	20	25	32	40	50
T_1 [Nm]		2,0	3,9	7,0	14	29	54	108
T_2 [Nm]		6,9	12	25	48	108	196	382
i = 50	K_1 [x10 ⁴ Nm/rad]	0,29	0,67	1,1	2,0	4,7	8,8	17
	K_2 [x10 ⁴ Nm/rad]	0,37	0,88	1,3	2,7	6,1	11	21
	K_3 [x10 ⁴ Nm/rad]	0,47	1,2	2,0	3,7	8,4	15	30
i > 50	K_1 [x10 ⁴ Nm/rad]	0,4	0,84	1,3	2,7	6,1	11	21
	K_2 [x10 ⁴ Nm/rad]	0,44	0,94	1,7	3,7	7,8	14	29
	K_3 [x10 ⁴ Nm/rad]	0,61	1,3	2,5	4,7	11	20	37

3.3.6 Lagerung

Abtriebslagerung

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

Falls trotz des leistungsfähigen Abtriebslagers in der Konstruktion eine zusätzliche Lagerung des anzutreibenden Maschinenelementes eingesetzt werden soll, ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Verspannungen zwischen dem spielfreien Abtriebslager des Getriebes und der Zusatzlagerung auftreten können. Das Getriebelager sollte möglichst als Festlager eingesetzt werden. Die Leistungsdaten des Abtriebslagers sind in der Tabelle 18.1 angegeben.

Tabelle 18.1

	Baureihe		Baugröße						
			14	17	20	25	32	40	50
Teilkreis $\varnothing^3)$	CSD-2UH	d_p [mm]	35	43	50	62	80	96	119
	CSD-2UF		50	60	70	85	111	133	-
Abstand $^4)$	CSD-2UH	R [mm]	9,5	9,9	10,2	13,0	14,4	15,1	19,2
	CSD-2UF		11,8	12,3	12,8	13,4	16,8	21,5	-
Dynamische Tragzahl	CSD-2UH	C [N]	4700	5290	5780	9600	15000	21300	34800
	CSD-2UF		5780	10400	14600	21800	38200	43300	-
Statische Tragzahl	CSD-2UH	C_0 [N]	6070	7550	9000	15100	25000	36500	60200
	CSD-2UF		9000	16300	22000	35800	65400	81600	-
Zulässiges dynamisches Kippmoment $^1)$	CSD-2UH	M [Nm]	41	64	91	156	313	450	759
	CSD-2UF		91	124	187	258	580	849	-
Kippsteifigkeit $^5)$	CSD-2UH	K_B [Nm/arcmin]	13	23	38	72	160	270	510
	CSD-2UF		38	46	75	116	296	532	-
Zulässige Axiallast $^3)$	CSD-2UH	F_a [N]	1010	1130	1240	2050	3210	4560	7440
	CSD-2UF		1240	2220	3120	4660	8170	9260	-
Zulässige Radiallast $^2)$	CSD-2UH	F_r [N]	6740	7580	8280	1380	2150	3050	14155
	CSD-2UF		8280	1490	2090	3120	5470	6200	-

Generator Kugellagers bestimmt. Je nach Belastung kann jedoch auch das Abtriebslager für die Lebensdauer bestimmend sein.

$^1)$ Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren nicht auf der Lebensdauer Gleichung des Abtriebslagers, sondern auf der max. zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauer Gleichung des Lagers höhere Werte zulässt.

$^2)$ Die Daten gelten für: $f_w = 1,3$; $n = 15 \text{ min}^{-1}$ und $L_{10} = 15000 \text{ h}$.

$^3)$ Je nach Lagerlieferant können die Teilkreisdurchmesser geringfügig von den Katalogdaten abweichen.

$^4)$ Mittelwert

$^5)$ Die Daten gelten unter folgender Voraussetzung:

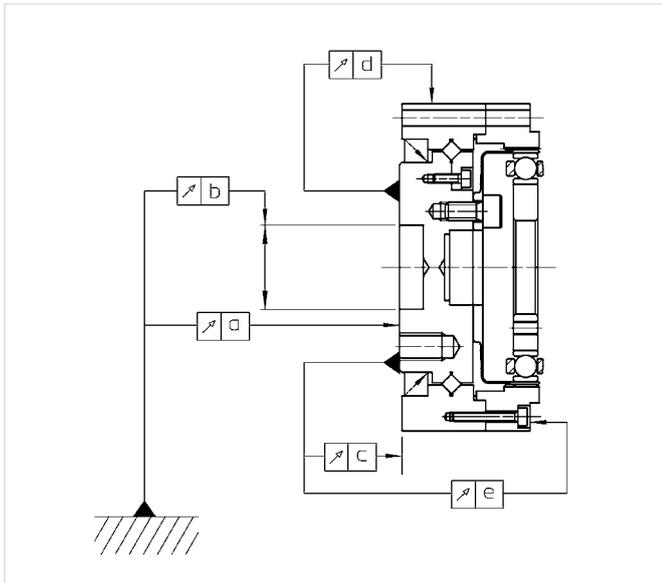
Für: M : $F_a = 0, F_r = 0$ | $F_a : M = 0, F_r = 0$ | $F_r : M = 0, F_a = 0$

Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Units sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 19.3 bzw. Tabelle 19.4.

CSD-2UH

Abbildung 19.1



CSD-2UF

Abbildung 19.2

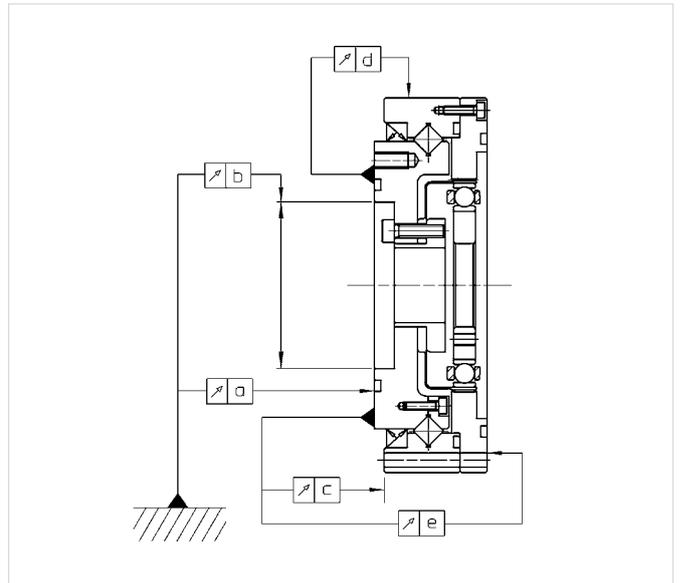


Tabelle 19.3

[mm]

CSD-2UH Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
a	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015	0,018
b	0,010	0,012	0,012	0,013	0,013	0,015	0,015
c	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
d	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015
e	0,025	0,025	0,025	0,035	0,037	0,037	0,040

Tabelle 19.4

[mm]

CSD-2UF Baugröße	14	17	20	25	32	40
a	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015
b	0,010	0,010	0,010	0,010	0,013	0,013
c	0,010	0,010	0,010	0,010	0,013	0,013
d	0,010	0,010	0,010	0,010	0,013	0,013
e	0,031	0,031	0,031	0,041	0,047	0,047

4. Antriebsauslegung

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

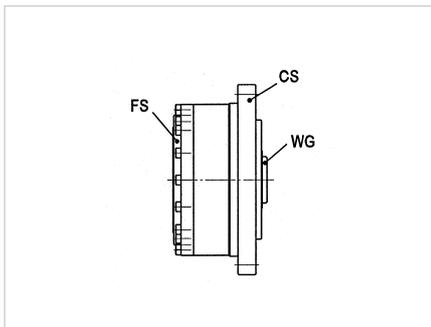
Gleichung 20.1

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

Überblick Harmonic Drive® Produkte

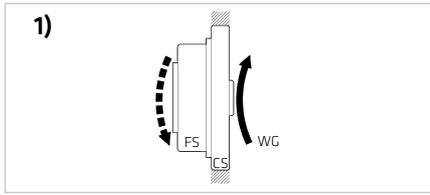
Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG) sind in der Abbildung 20.2 zu sehen.

Abbildung 20.2



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



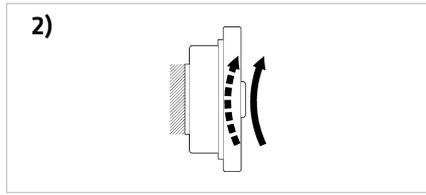
Untersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- WG Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 21.1

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



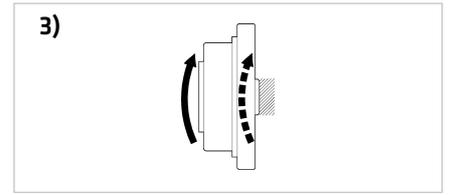
Untersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- WG Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 21.2

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



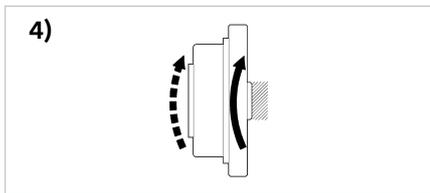
Untersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- FS Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 21.3

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



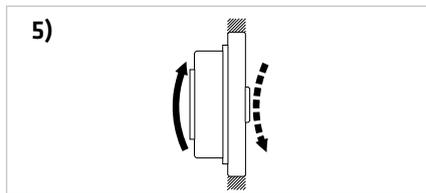
Übersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- CS Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 21.4

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



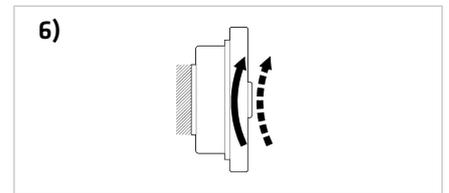
Übersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- FS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 21.5

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



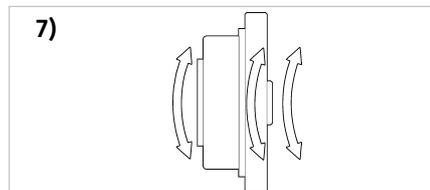
Übersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- CS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 21.6

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



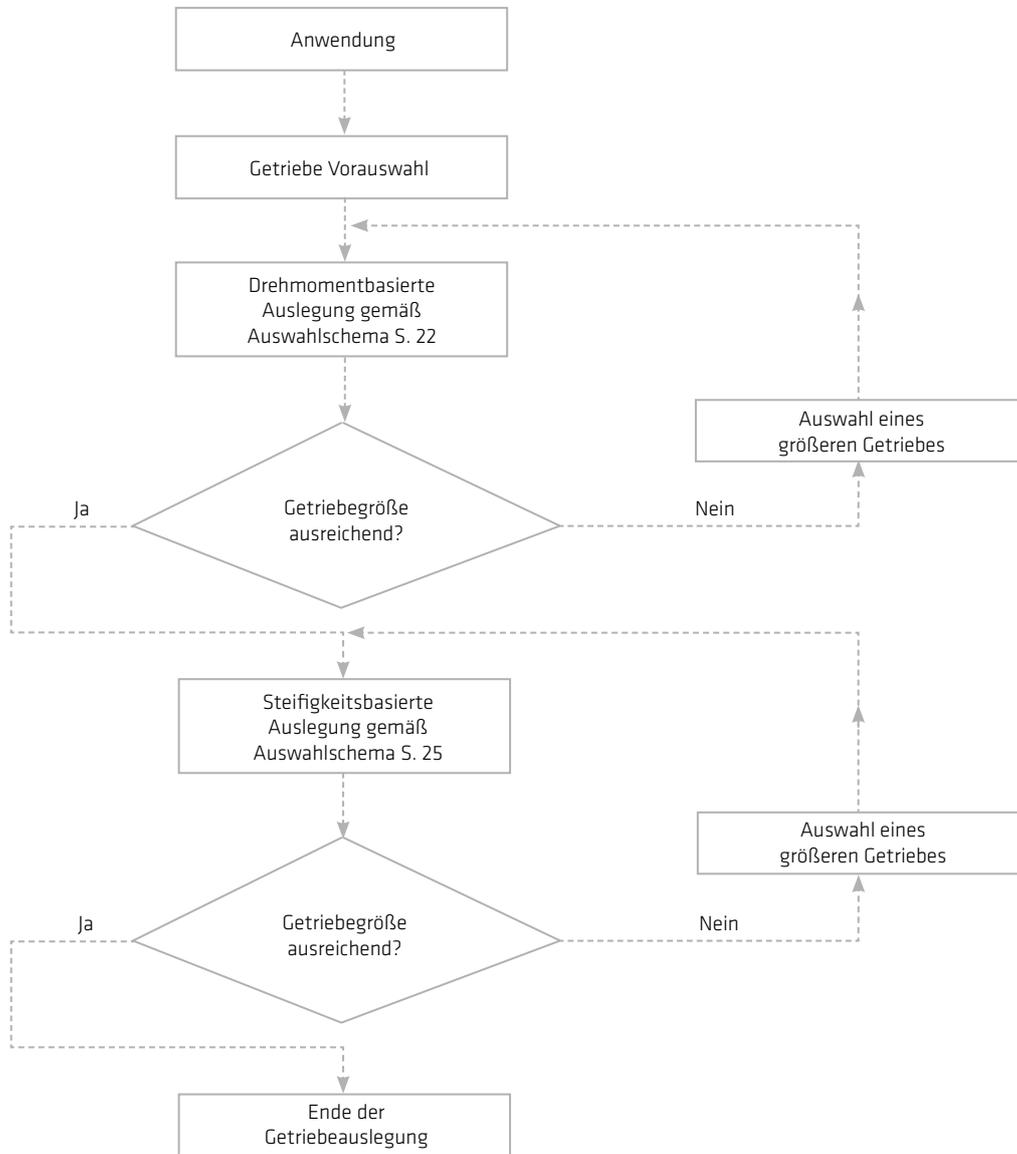
Differenzialgetriebe

- WG Regelantrieb
- CS Hauptantrieb
- FS Hauptabtrieb

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

4.1 Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben

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

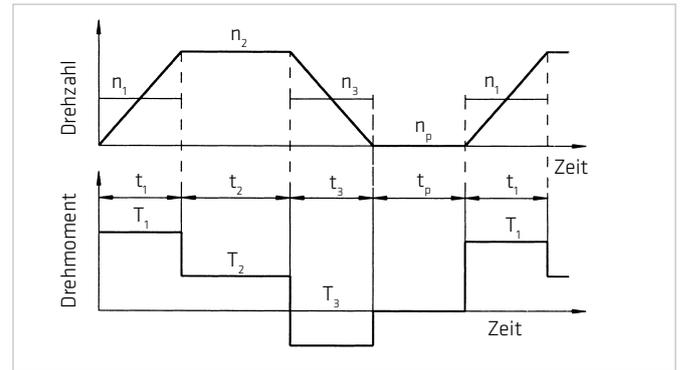


4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

Belastungsdaten des Abtriebes

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

Abbildung 23.1



Gleichung 23.2

Belastungsgrenze 1,
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes T_{av}

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

Gleichung 23.3

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

Nein → Auswahl eines größeren Getriebes

Gleichung 23.4

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

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

Gleichung 23.5

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

Gleichung 23.6

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

Gleichung 23.7

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

Gleichung 23.8

Belastungsgrenze 2, T_R
 $T_{max} \leq T_R$

Gleichung 23.9

Belastungsgrenze 3, T_M
 $T_k \leq T_M$

Gleichung 23.10

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

Gleichung 23.11

Lebensdauer

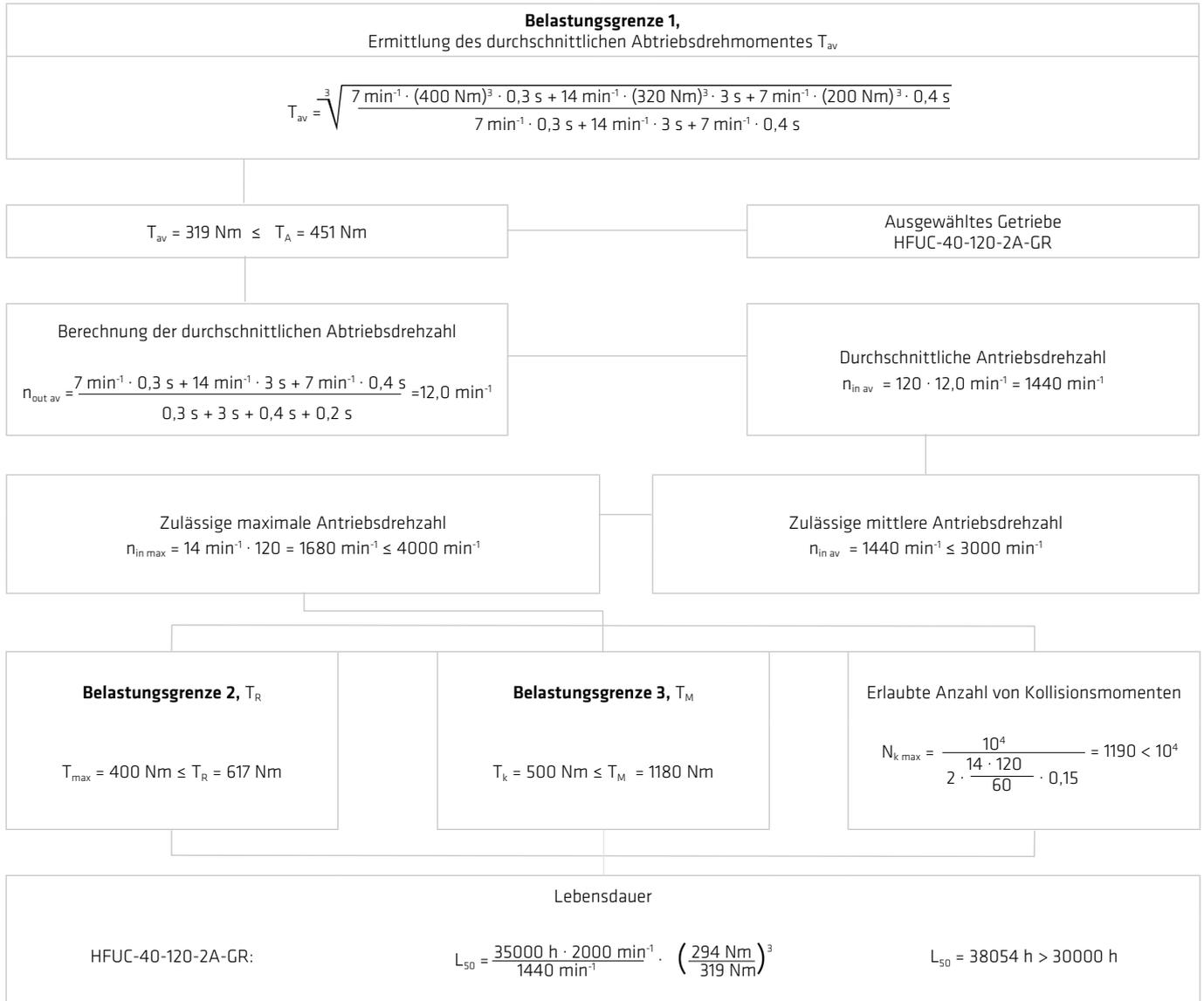
$$L_{50} = L_n^* \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{\text{Nennmoment } T_N}{T_{av}} \right)^3$$

Werte für L_n siehe Tabelle 24.1

Belastungsdaten am Abtrieb

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

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



4.1.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

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

Die zu erwartende Lebensdauer kann bei gegebener Eingangsdrehzahl $n_{in,av}$ [min^{-1}] und gegebenem Abtriebsdrehmoment T [Nm] mit Gleichung 25.2 ermittelt werden.

Tabelle 25.1

[h]

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

Gleichung 25.2

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

Gleichung 25.3

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

- n_N = Nenndrehzahl am Antrieb [min^{-1}]
- $n_{in,av}$ = Durchschnittliche Antriebsdrehzahl [min^{-1}] (Gleichung 23.5)
- T_N = Nennabtriebsdrehmoment bei Nenndrehzahl [Nm]
- T_{av} = Durchschnittliches Abtriebsdrehmoment [Nm] (Gleichung 23.2)
- L_n = siehe Tabelle 25.1

4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

Zusätzlich zu dem auf Seite 23 angegebenen Auswahlschema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung. Dafür sollten die in Tabelle 26.1 angegebenen Kenngrößen für die anwendungsspezifisch empfohlenen Resonanzfrequenzen berücksichtigt werden.

Tabelle 26.1

[Hz]

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

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

Auslegungsbeispiel: Steifigkeitsbasierte Auslegung

Resonanzfrequenz (Getriebeabtrieb)

Mit der Formel

Gleichung 27.1

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

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 26.1 angegebenen Wert entsprechen. Mit steigendem Massenträgheitsmoment der Last steigt auch der Einfluss der Anwendung auf das Auslegungsergebnis. Wenn das Massenträgheitsmoment = 0 ist, hat die gewählte Anwendung keinen rechnerischen Einfluss auf das Auslegungsergebnis.

Resonanzdrehzahl (Getriebeeingang)

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

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

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

Auslegungsbeispiel

HFUC-40-120-2A-GR vorausgewählt aus Auswahl-schema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ auf Seite 23.

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung

Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm²

Empfohlene Resonanzfrequenz aus Tabelle 26.1: ≥ 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 :

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

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

4.2 Berechnung des Torsionswinkels

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

Gleichung 28.1

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

Gleichung 28.2

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

Gleichung 28.3

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

φ = Winkel [rad]
 T = Drehmoment [Nm]
 K = Steifigkeit [Nm/rad]

Beispiel: HFUC-32-100-2UH

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

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

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

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

Gleichung 28.4

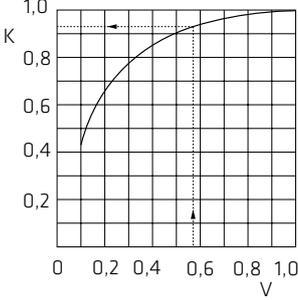
$$\varphi \text{ [arc min]} = \varphi \text{ [rad]} \cdot \frac{180 \cdot 60}{\pi}$$

4.3 Lastabhängiger Wirkungsgrad

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

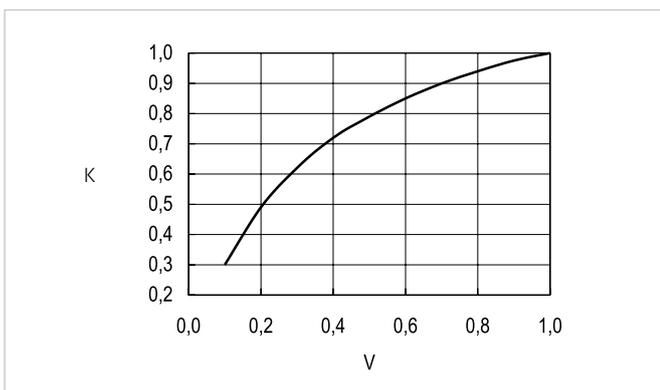
4.3.1 Wirkungsgradberechnung

Tabelle 29.1

Berechnungsschema	Beispiel
	Wirkungsgrad eines HFUC-20-80-2A-GR mit einer Antriebsdrehzahl $n=1000 \text{ min}^{-1}$ Abtriebsdrehmoment $T=19,6 \text{ Nm}$ bei 20°C Umgebungstemperatur. Schmiermittel: Fett
Der Wirkungsgrad wird mittels der Wirkungsgrad-Diagramme ermittelt.	Aus zugehörigem Diagramm $\eta = 78 \%$
Berechnung des Drehmomentfaktors V . $V = \frac{T_{av}}{T_N} \quad \text{[Gleichung 29.2]}$ mit: T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment T_N = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl	$T_{av} = 19,6 \text{ Nm}$ $T_N = 34,0 \text{ Nm}$ $V = \frac{19,6 \text{ Nm}}{34,0 \text{ Nm}} = 0,57$
Berechnungsfaktor K in Abhängigkeit von Getriebebaureihe und V , siehe Abb. 29.4.	
Wirkungsgrad $\eta_L = \eta \cdot K \quad \text{[Gleichung 29.3]}$	$\eta_L = 78 \cdot 0,93 = 73 \%$

Berechnungsfaktor K

Abbildung 29.4



4.3.2 Wirkungsgradtabellen

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett

CSD-2UH

Abbildung 30.1

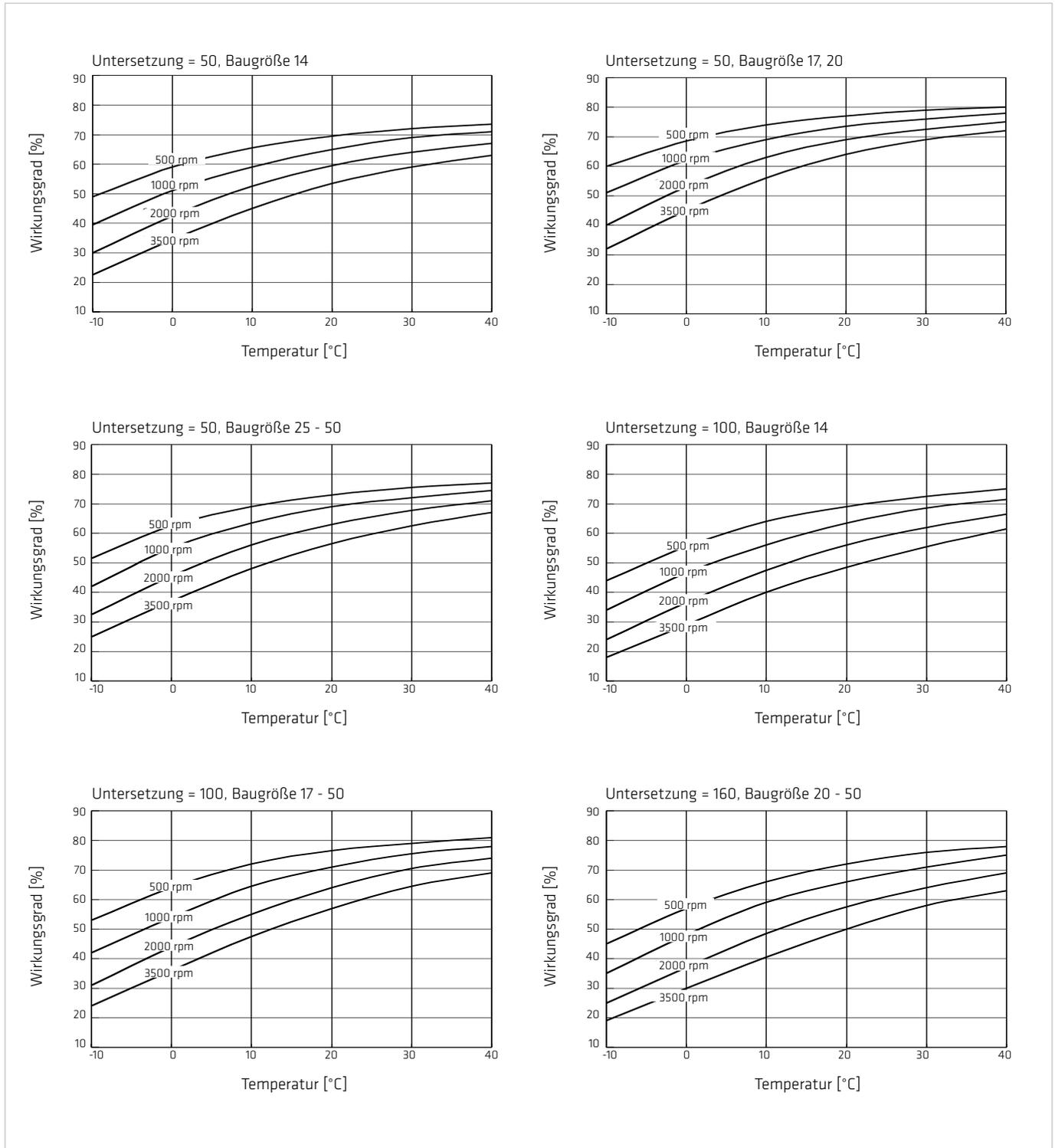
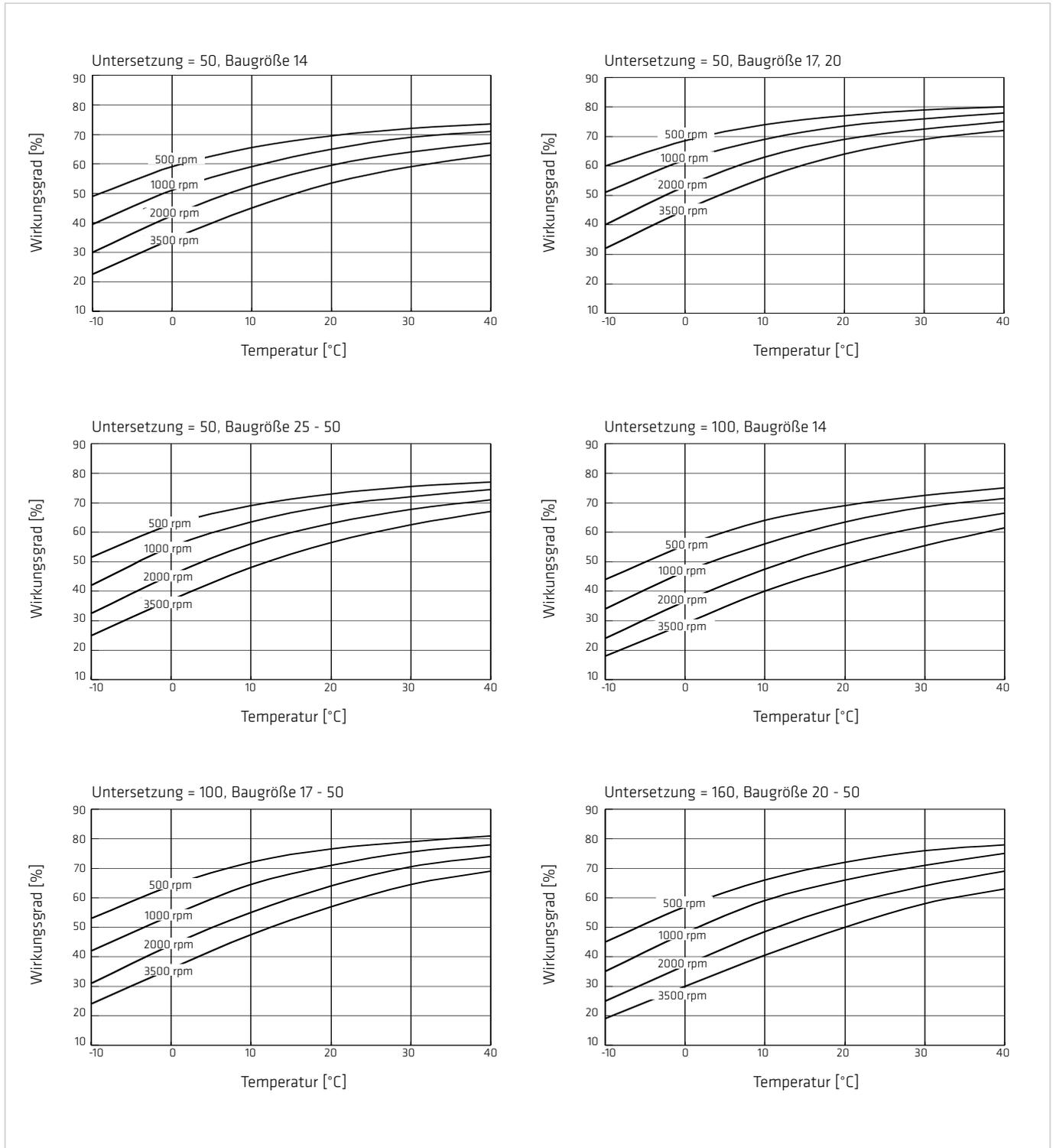


Abbildung 31.1



4.4 Lastfreie Drehmomente

Lastfreies Laufdrehmoment

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

Lastfreies Anlaufdrehmoment

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

Lastfreies Rückdrehmoment

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

Die Diagramme gelten für: Harmonic Drive® 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.

4.4.1 Lastfreies Laufdrehmoment

CSD-2UH

Abbildung 32.1

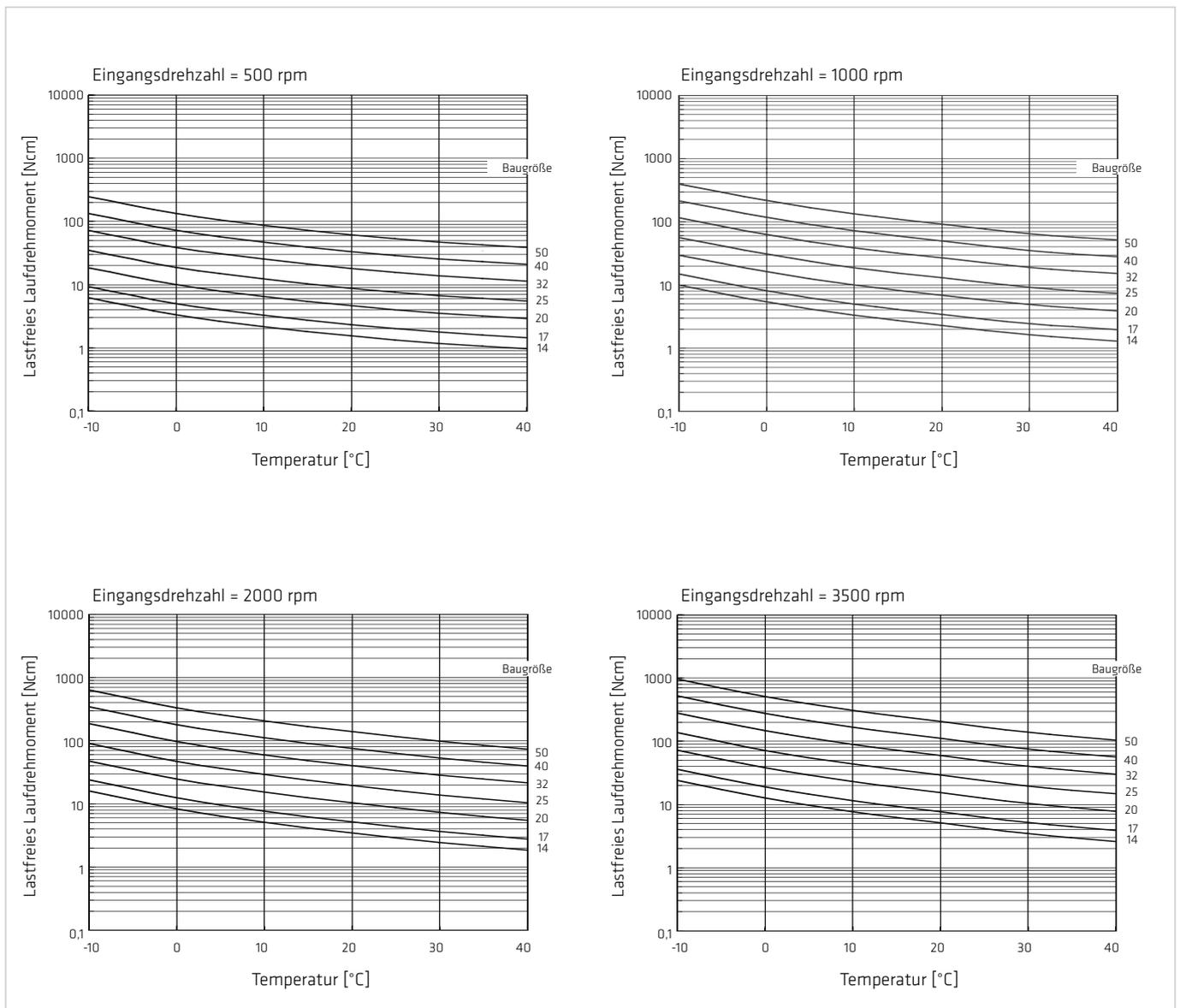
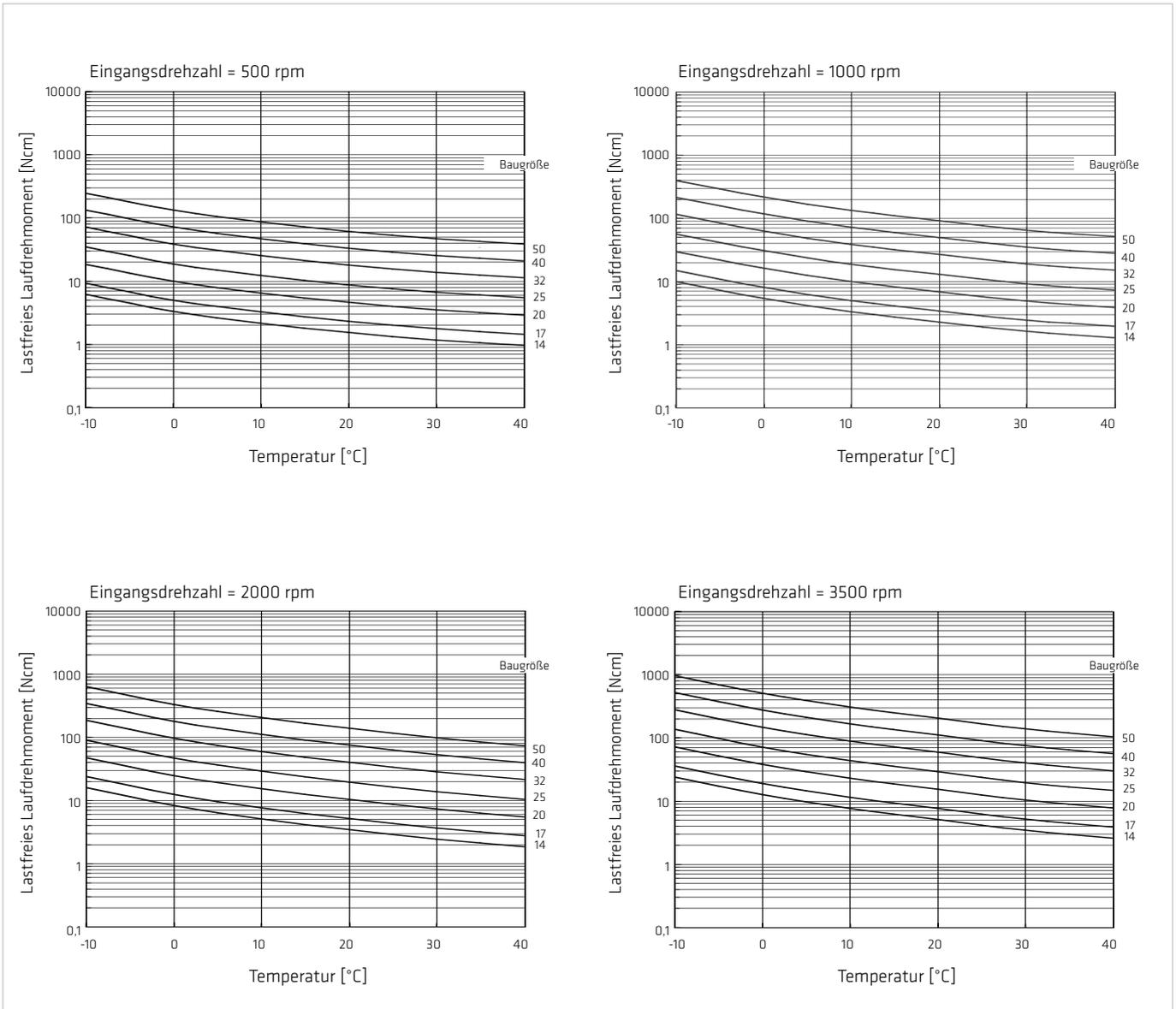


Abbildung 33.1



Korrekturwert lastfreies Laufdrehmoment CSD-2UH

Tabelle 34.1

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	0,93	1,5	2,3	3,8	7,3	12	22
160	-	-	-0,7	-1,2	-2,2	-3,6	-6,4

Korrekturwert lastfreies Laufdrehmoment CSD-2UF

Tabelle 34.2

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	40
50	1,4	1,8	2,6	4,3	8,2	14	14
160	-	-	-84	-1,3	-2,5	-4,2	-4,2

4.4.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment

Korrekturwert lastfreies Anlaufdrehmoment CSD-2UH

Tabelle 34.3

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	4,4	6,7	8,9	16	32	55	102
100	2,8	3,8	5,1	9,1	20	32	60
160	-	-	3,9	7,2	15	26	47

Korrekturwert lastfreies Anlaufdrehmoment CSD-2UF

Tabelle 34.4

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	40
50	5,3	7,5	9,7	17	34	58	58
100	3,2	4,2	5,5	9,6	21	33	33
160	-	-	4,1	7,4	16	27	27

4.4.3 Lastfreies Rückdrehmoment

Korrekturwert lastfreies Rückdrehmoment CSD-2UH

Tabelle 34.5

[Nm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	2,9	4,3	5,2	9,5	19	33	61
100	3,5	4,6	6,0	11	23	38	71
160	-	-	7,4	13	30	48	89

Korrekturwert lastfreies Rückdrehmoment CSD-2UF

Tabelle 34.6

[Nm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	40
50	3,3	4,7	5,6	10	20	34	34
100	3,9	5,0	6,4	11	24	39	39
160	-	-	7,8	14	31	49	49

4.5 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 35.1 bestimmt werden.

Gleichung 35.1

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

mit:

L_{10} [h] = Lebensdauer

n_{av} [min⁻¹] = durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 35.2)

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

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 36.1)

f_w = Betriebsfaktor (Gleichung 35.3)

B = Lagertyp (Tabelle 35.4)

Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit

Gleichung 35.2

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

Tabelle 35.3

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

Tabelle 35.4

Lagertyp	B
Kreuzrollenlager	10/3
Vierpunktlager	3

Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 36.1

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

mit:

F_{rav} [N] = Radialkraft (Gleichung 36.2)

x = Radialkraftfaktor (Tabelle 34.4)

F_{aav} [N] = Axialkraft (Gleichung 36.3)

y = Axialkraftfaktor (Tabelle 34.4)

d_p [m] = Teilkreis (Tabelle 17.1)

M = Kippmoment (Abb. 17.2)

Gleichung 36.2

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

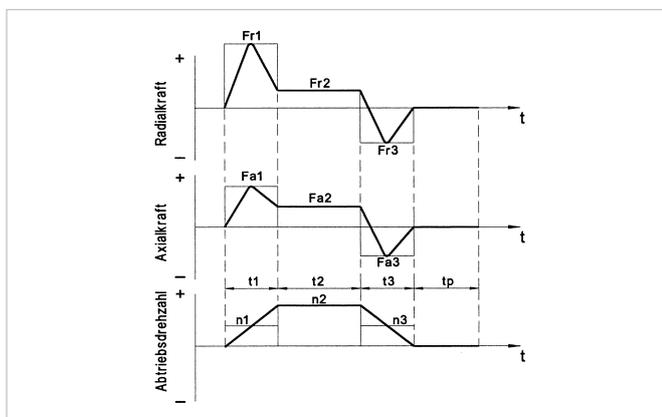
Gleichung 36.3

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

Tabelle 36.4

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 36.5



Hinweis:

F_{rx} entspricht der maximal auftretenden Radialkraft.

F_{ax} entspricht der maximal auftretenden Axialkraft.

t_p stellt die Pausenzeit dar.

4.5.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 37.1 berechnet.

Gleichung 37.1

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

mit:

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

n_1 [cpm] = Anzahl Schwingungen/Minute*

C [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 17.1

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 34.1)

φ [Grad] = Schwenkwinkel

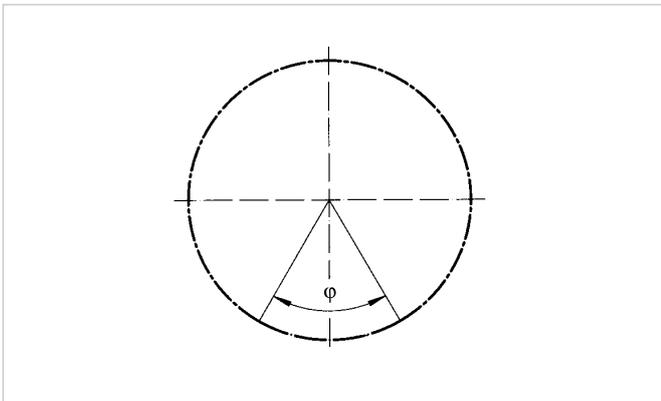
f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 33.3)

* eine Schwingung entspricht 2φ

Schwenkwinkel

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

Abbildung 37.2



4.6 Zulässiges statisches Kippmoment

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

Gleichung 38.1

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

und so

Gleichung 38.2

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

f_s = Statischer Sicherheitsfaktor
($f_s = 1,5 \dots 3$) (Tabelle 38.3)

C_0 = Statische Tragzahl

$F_r = F_a = 0$

$x_0 = 1$

$y_0 = 0,44$

P_0 = Statische Äquivalentlast

d_p = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers

M = Kippmoment

M_0 = Zulässiges statisches Kippmoment

Tabelle 38.3

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

4.7 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 38.4 berechnet werden:

Gleichung 38.4

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

mit:

γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager

K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers

4.8 Schmierung

Leistungsdaten und Schmierstoffe

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

4.8.1 Fettschmierung

Einsatz der Harmonic Drive® Schmierfette

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

Achtung!

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

Tabelle 39.1

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 39.2

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 40.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Schmierfetten.

Tabelle 40.1

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. Grundölleakage 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 41.1 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 41.1

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

Bemerkungen:

¹⁾ Betriebstemperatur = Schmierstofftemperatur

²⁾ Anwendungstests empfohlen

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

⁴⁾ NSF-H1-Zertifizierung. Einsetzbarkeit bestätigt für HFUC-XX, CPU-XX, HFUS-XX, CPL-XX, CHA-XX mit i=100 bei voller Ausnutzung der Katalog-Leistungsdaten.

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.

4.8.2 Ölschmierung

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

Tabelle 41.2

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.

4.9 Axialkräfte am Wave Generator

Wird ein Harmonic Drive Getriebe® im Untersetzungsbetrieb (Lasteinleitung über den Wave Generator) eingesetzt, so führt die Verformung des Flexsplines zu einer Axialkraft, die auf den Wave Generator in Richtung des Flexspline-Flansches wirkt, siehe Abb. 42.1. 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 42.1

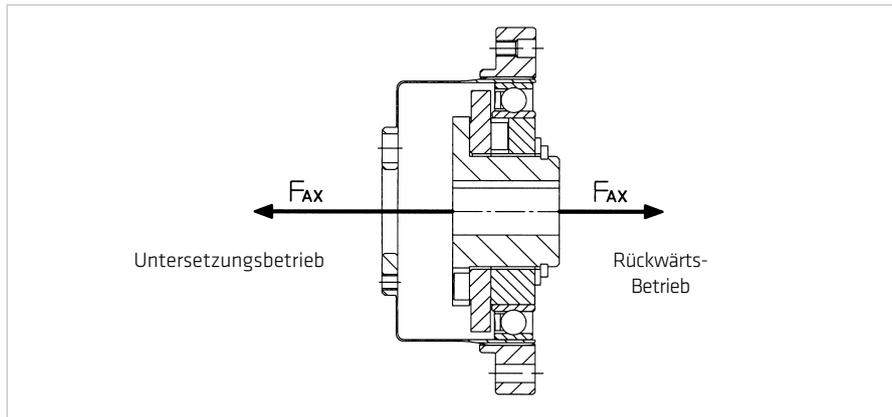


Tabelle 42.2

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32^\circ$	[Gleichung 42.3]
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 42.4]
80...160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 42.5]

mit:

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

Beispiel

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

$$F_{AX} = 2 \cdot \frac{300 \text{ Nm}}{(32 \cdot 0,00254) \text{ m}} \cdot 0,07 \cdot \tan 30^\circ + 16$$

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

Tabelle 42.6

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

5. Installation und Betrieb

5.1 Transport und Lagerung

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

5.2 Anlieferungszustand

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

Getriebe mit Fettschmierung

Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert.

Getriebe mit Ölschmierung

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

Ölmenge

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

5.3 Montagehinweise

HINWEIS

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

5.4 Montagetoleranzen

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Units sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 44.2 eingehalten werden.

Abbildung 44.1

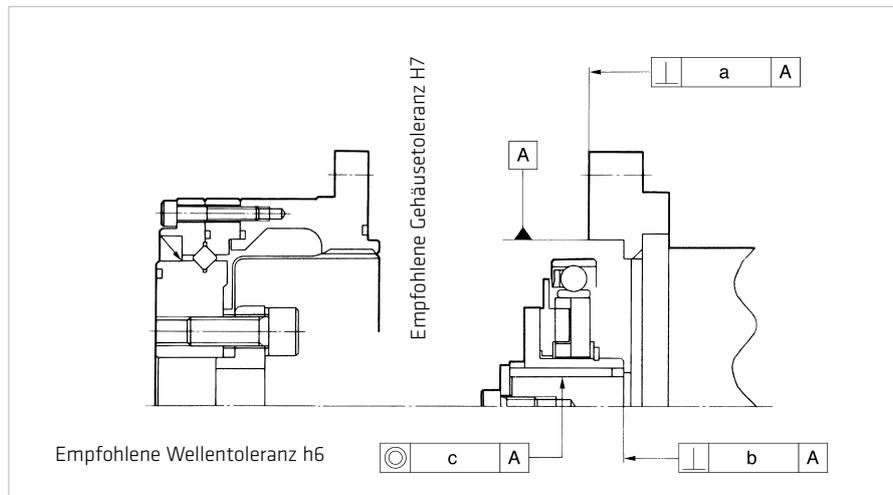


Tabelle 44.2

[mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
a	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,028
b	0,008	0,010	0,010	0,012	0,012	0,012	0,015
c	0,016	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024	0,030

Bei der direkten Kupplung des Wave Generator mit der Motorwelle 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 Fettreservoir

Beim Einbau ist zu beachten, dass das Fettreservoir sowie Maß c und $\varnothing d$ aus Abb. 45.1 und Tabelle 45.2 vollständig mit Fett zu füllen ist.

Abbildung 45.1

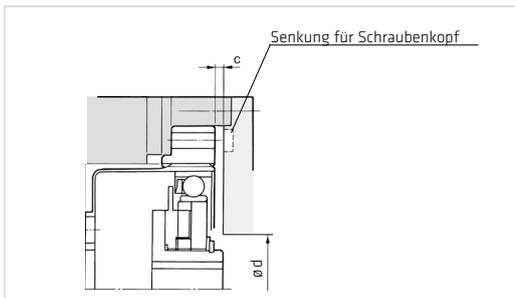


Tabelle 45.2

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
c^*	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5
c^{**}	3	3	4,5	4,5	6	7,5	7,5
$\varnothing d$	16	26	30	37	37	45	45

c^* Horizontal und Vertikal - Wave Generator unten

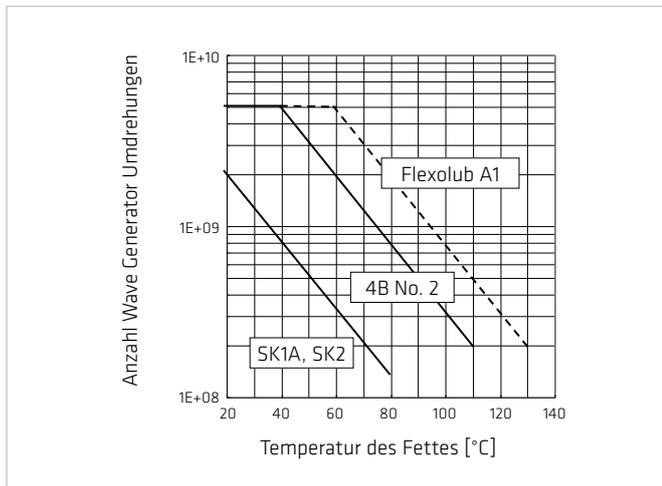
c^{**} Vertikal - Wave Generator oben

5.5.2 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. 46.1 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 $8,5 \times 10^8$ Umdrehungen des Antriebselementes stattfinden.

Abbildung 46.1



Gleichung 46.2

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

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

L_{GTn} = siehe Diagramm

T_r = Nenndrehmoment

T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment

5.6 Vorbereitung

Vorbereitung zur Montage des Getriebes

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

Allgemeine Hinweise

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

Montage-Hilfsstoffe

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

Flächendichtung

- Loctite 5203
- Loxeal 28-10

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

Schraubensicherung

- Loctite 243

Schwer lösbar und dichtend. Empfohlen für alle Schraubenverbindungen.

Montagepaste

- Klüber Q NB 50

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

Klebstoffe

- Loctite 638

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

5.7 Montage

5.7.1 Motoranbau

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

Zwischenflansch

Die Übertragungsgenauigkeit des Harmonic Drive Getriebes hängt auch von den Toleranzen des Zwischenflansches ab. Bitte Punkt 5.6.3 beachten.

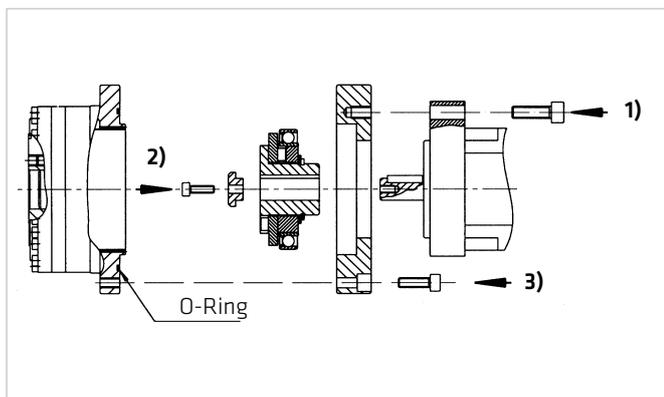
Montage

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

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50	Montage empfohlen gemäß Abbildung
Motor-Zentrier- ϕ	<35,5	<43,5	<50,0	<62,5	<81,5	<100,0	<124,5	47.2
	$\geq 35,5$	$\geq 43,5$	$\geq 50,0$	$\geq 62,5$	$\geq 81,5$	$\geq 100,0$	$\geq 124,5$	47.3

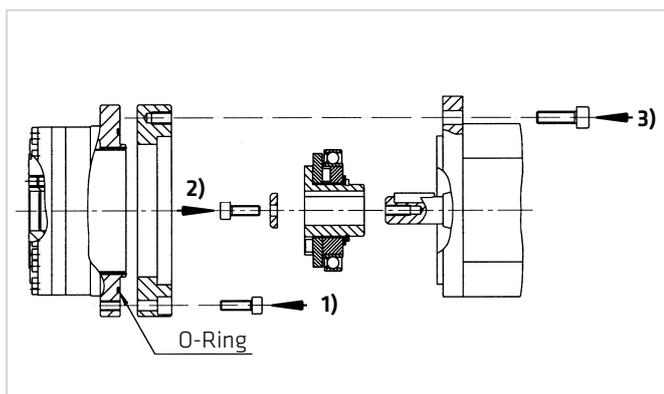
Abbildung 47.2



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 Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle

Bei der Montage ist das im Katalog/Bestätigungszeichnung angegebene axiale Montagemaß einzuhalten.

Bei Verwendung eines Spannelementes die Schrauben des Spannelementes in fünf Stufen und über Kreuz auf das Anzugsmoment gemäß Zeichnung anziehen, siehe auch 48.2. Bei Verwendung einer geklebten Wellen-Naben Verbindung 5.7 beachten.

Abbildung 48.1

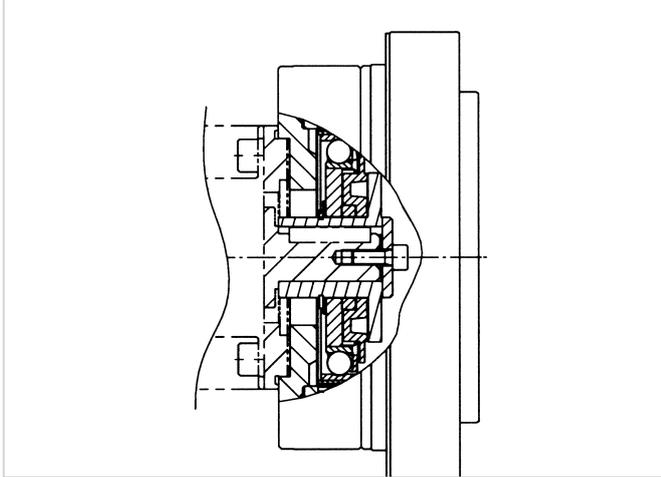
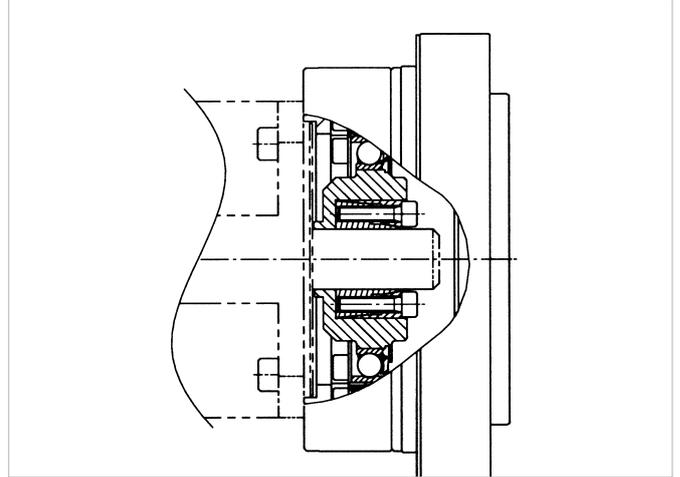


Abbildung 48.2



5.7.3 Prüfung von dem Fügen des Wave Generators

- Endkontrolle des Montagemaßes. Bei manchen Spannelementtypen kann es während des Anziehens der Spannelement-Schrauben zu einem axialen Versatz kommen. Ggf. den axialen Versatz „vorhalten“.
- Prüfen, ob alle Getriebekomponenten gemäß Abb. 59.3 geschmiert sind. Bei Ölschmierung die in der Maschinenzeichnung vorgeschriebene Ölmenge einfüllen.

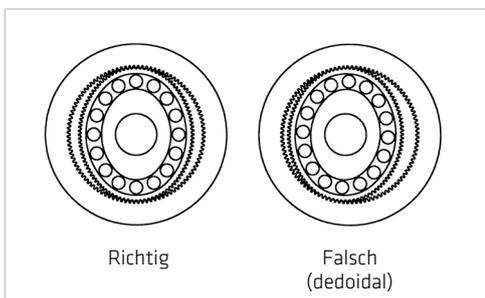
5.7.4 Überprüfen der richtigen Montage

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

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

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

Abbildung 48.3



5.7.5 Montage des Abtriebsflansches

Bei diesen Units wird die Last über einen Flansch mit dem Kreuzrollen-Abtriebslager verbunden.

Tabelle 49.1

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
Anzahl der Schrauben	6	8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben	M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser [mm]	44	54	62	75	100	120	150
Anzugsmoment der Schraube [Nm]	2	2	2	2	4,5	9	15,3
Übertragbares Drehmoment [Nm]	55	90	155	188	422	810	1434

5.7.6 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 49.2

Baugröße	CSD - 2A							CSD - 2A - BB				
	14	17	20	25	32	40	50	20	25	32	40	50
Anzahl der Schrauben	9	8	9	9	11	10	11	12	12	14	14	14
Größe der Schrauben	M3	M4	M4	M5	M6	M8	M10	M3	M4	M5	M6	M8
Teilkreisdurchmesser [mm]	17	19,5	24	30	41	48	62	26	32	42	52	65
Anzugsmoment der Schraube [Nm]	2,0	4,5	4,5	9	15,3	37	74	2	4,5	9	15,3	37
Übertragbares Drehmoment [Nm]	32	55	76	152	359	696	1560	64	135	331	578	1320

- Reibungskoeffizient $\mu = 0,15$
- Um eine ausreichende Reibung zwischen den Oberflächen zu erzeugen, müssen alle Bauteile gereinigt, entfettet und getrocknet werden.
- Alle Schraubenverbindungen sollten mit Loctite Nr. 243 gesichert werden.
- Das Muttergewinde sollte aus Stahl oder Stahlguss sein.
- Schraubenqualität 12.9

6. Glossar

6.1 Technische Daten

Abstand R [mm]

Distanz zwischen Abtriebslager und Angriffspunkt der Last.

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

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

Baugröße

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

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

2) Servomotor CHM

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

3) Direktantriebe TorkDrive®

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

Bemessungsdrehmoment T_N [Nm]

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

Bemessungsdrehzahl n_N [min^{-1}]

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

Bemessungsleistung P_N [W]

Abgegebene Leistung bei Bemessungsdrehzahl und Bemessungsdrehmoment.

Bemessungsspannung U_N [V_{eff}]

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

Bemessungsstrom I_N [A_{eff}]

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

Bremsenspannung U_{Br} [VDC]

Anschlussspannung der Haltebremse.

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

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

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

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom.

Durchschnittsdrehmoment T_A [Nm]

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

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

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

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

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

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

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

Dynamische Tragzahl C [N]

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

Elektrische Zeitkonstante 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_H [Nm]

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

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

Strom zum Halten der Bremse.

Hohlwellendurchmesser d_H [mm]

Freier Innendurchmesser der axialen durchgängigen Hohlwelle.

Induktivität (L-L) L_{L-L} [mH]

Berechnete Anschlussinduktivität ohne Berücksichtigung der magnetischen Sättigung der Motoraktivteile.

Kippsteifigkeit K_B [Nm/arcmin]

Gibt die Verkipfung des Abtriebslagers bei anliegendem Kippmoment an.

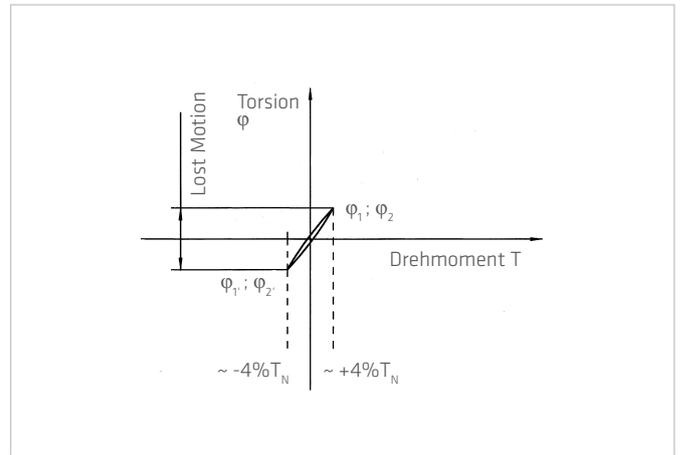
Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]

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

Lost Motion (Harmonic Drive® Getriebe) [arcmin]

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

Das Bild zeigt den Verdrehwinkel ϕ in Abhängigkeit des anliegenden Abtriebsdrehmomentes als Hysteresekurve bei fixiertem Wave Generator. Die Lost Motion Messung wird mit einem Abtriebsdrehmoment von ca. $\pm 4\%$ des Nenn Drehmomentes 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 Bemessungsdrehzahl 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 parametrisierten maximalen Strom begrenzt werden. Das maximale Drehmoment kann beliebig oft aufgebracht werden, solange das durchschnittliche Drehmoment innerhalb des zulässigen Dauerbetriebes liegt.

Maximaler Hohlwellendurchmesser d_{H(max)} [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 Grundwellenspannung 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.

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

Strom zum Öffnen der Bremse.

Öffnungszeit der Bremse t_o [ms]

Verzögerungszeit zum Öffnen der Bremse.

Polpaarzahl p []

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

Schließzeit der Bremse t_c [ms]

Verzögerungszeit zum Schließen der Bremse.

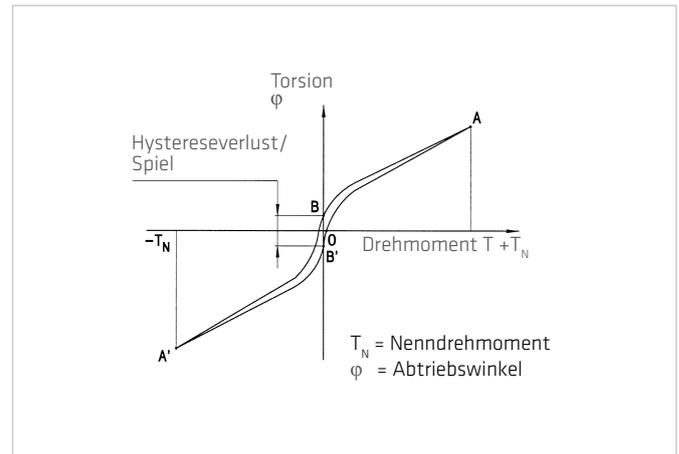
Schutzart IP

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

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



Statische Tragzahl C_0 [N]

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

Statisches Kippmoment M_0 [Nm]

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

Stillstands Drehmoment T_0 [Nm]

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Antrieb.

Stillstandsstrom I_0 [A_{eff}]

Effektivwert des Motorstrangstroms zur Erzeugung des Stillstands Drehmomentes.

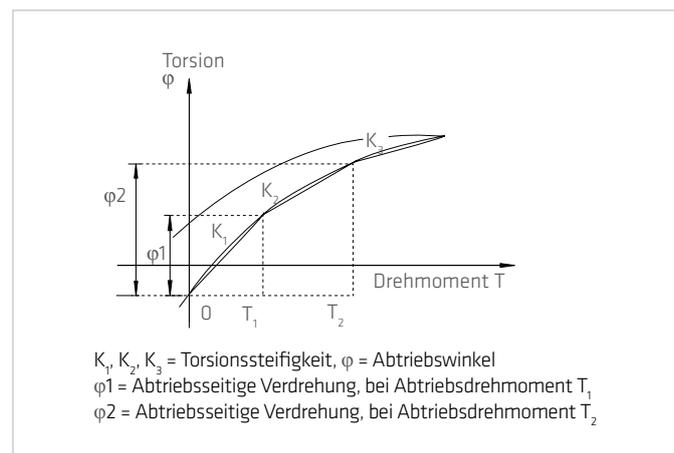
Teilkreisdurchmesser d_p [mm]

Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers.

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

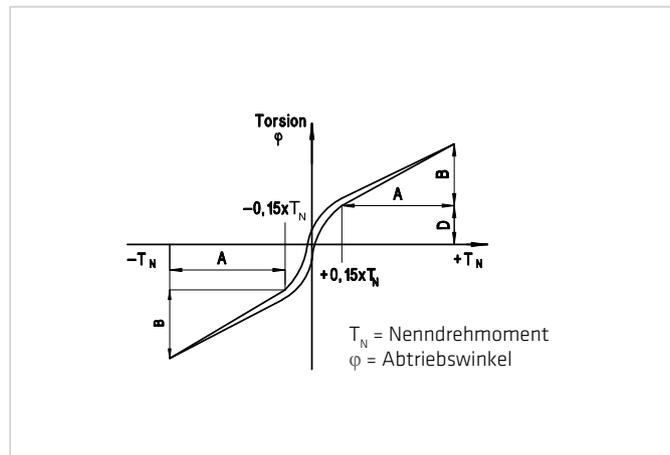
Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Die Torsionssteifigkeit K_3 beschreibt die Steifigkeit oberhalb eines definierten Referenzdrehmomentes. In diesem Bereich ist die Steifigkeit nahezu linear. Werte unterhalb dieses Drehmomentes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

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



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.

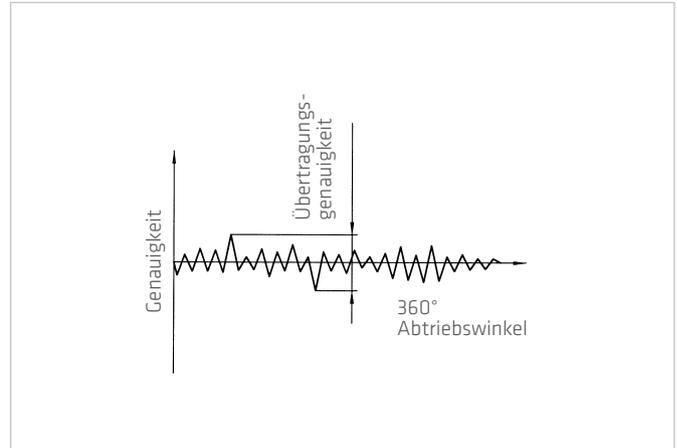
Untersetzung i []

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.

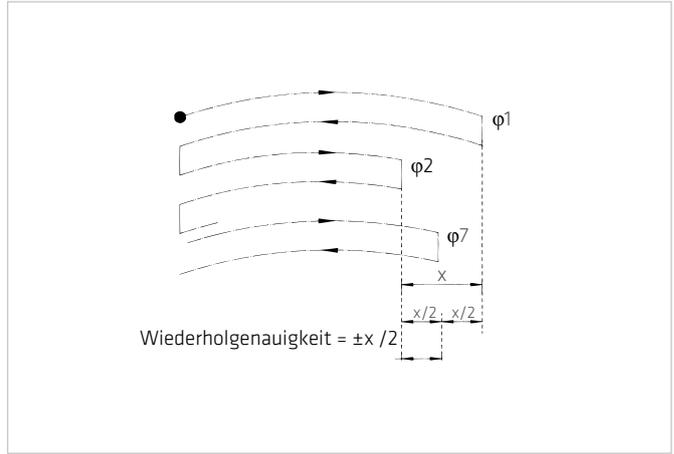


Wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]

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 \pm Zeichen.



Widerstand (L-L, 20 °C) R_{LL} [Ω]

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

6.2 Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen

CE-Kennzeichnung

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



REACH-Verordnung

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



RoHS EG-Richtlinie

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



...just move it!



Deutschland
Harmonic Drive AG
Hoenbergstraße 14
65555 Limburg/Lahn

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

info@harmonicdrive.de
www.harmonicdrive.de



Technische Änderungen vorbehalten.