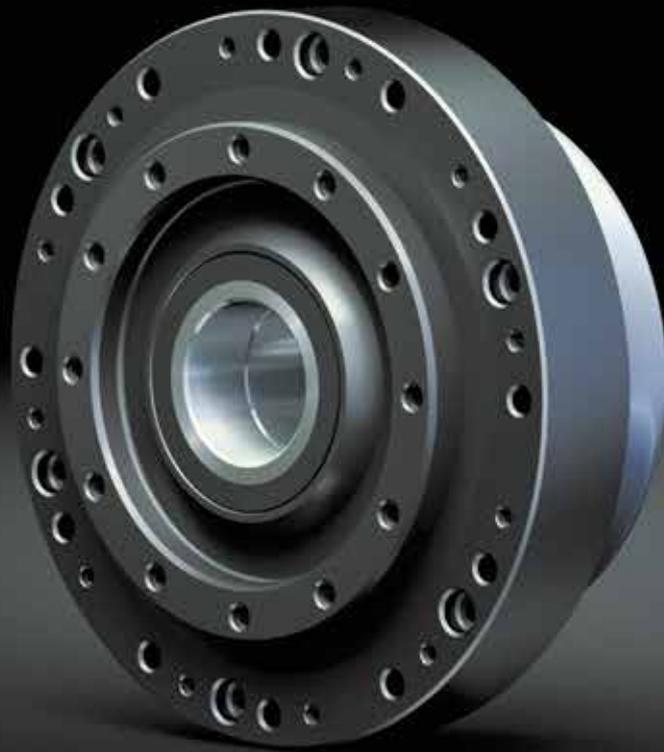


Projektierungsanleitung
Units CobaltLine®-CPM/CPH/CPS



Harmonic
Drive AG



QUICKLINK

www.harmonicdrive.de/2010

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	Bestellbezeichnung	09
3.3	Technische Daten.....	10
3.3.1	Allgemeine Technische Daten	10
3.3.2	Abmessungen	11
3.3.3	Minimaler Gehäuseabstand	16
3.3.4	Genauigkeit	16
3.3.5	Torsionssteifigkeit	16
3.3.6	Lagerung.....	17
3.3.7	Verwendete Materialien	21
4.	Antriebsauslegung	22
4.1	Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben	24
4.1.1	Drehmomentbasierte Auslegung.....	25
4.1.2	Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers.....	26
4.1.3	Steifigkeitsbasierte Auslegung.....	28
4.2	Berechnung des Torsionswinkels.....	30
4.3	Genauigkeit der Oldham Kupplung CPM	30
4.4	Lastabhängiger Wirkungsgrad	31
4.4.1	Wirkungsgradberechnung CPM Units.....	31
4.4.2	Wirkungsgradberechnung CPH und CPS Units	32
4.4.3	Wirkungsgradtabellen	34
4.5	Lastfreie Drehmomente.....	37
4.5.1	Lastfreies Laufdrehmoment	38
4.5.2	Lastfreies Anlaufdrehmoment	41
4.5.3	Lastfreies Rückdrehmoment	42
4.6	Kontinuierlicher Betrieb CPH.....	43
4.7	Abtriebslager - Lebensdauer	44
4.7.1	Abtriebslager bei Schwenkbewegungen	46
4.8	Zulässiges statisches Kippmoment	47
4.9	Kippwinkel	47
4.10	Schmierung	48
4.10.1	Fettschmierung.....	48
4.10.2	Ölschmierung	50
4.11	Axialkräfte am Wave Generator CPM.....	51
5.	Installation und Betrieb	52
5.1	Transport und Lagerung	52
5.2	Anlieferungszustand	52
5.3	Montagehinweise	52
5.4	Montagetoleranzen CPM	53
5.5	Schmierung.....	54
5.5.1	Fettschmierung CPM	54
5.5.2	Fettmenge CPM	54
5.5.3	Fettreservoir.....	55
5.5.4	Fettwechsel.....	55

5.5.5	Ölschmierung	56
5.6	Vorbereitung	56
5.7	Montage	57
5.7.1	Motoranbau CPM	57
5.7.2	Montage Wave Generator Komponenten CPM	61
5.7.3	Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle CPM	63
5.7.4	Prüfung von dem Fügen des Wave Generator CPM	63
5.7.5	Fügen des Wave Generators in den Flexspline CPM	64
5.7.6	Überprüfen der richtigen Montage CPM	64
5.7.7	Montage des Abtriebsflansches	65
5.7.8	Montage des Gehäuseflansches	65
5.7.9	Montage der Eingangswelle CPH	65
6.	Außerbetriebnahme und Entsorgung	66
7.	Glossar	67
7.1	Technische Daten	67
7.2	Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen	73

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 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.

3. Technische Beschreibung

3.1 Produktbeschreibung

Drehmomentgesteigert mit Präzisionsabtriebslager

Die Units der Baureihe CobaltLine®-CP sind erhältlich in sechs Baugrößen mit den Untersetzungen 50, 80, 100, 120 und 160 bei einem wiederholbaren Spitzendrehmoment zwischen 23 und 841 Nm.

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

Die Baureihe CobaltLine®-CP gibt es in drei Versionen: Die Unit CPM zum direkten Anbau beliebiger Motoren, die Unit CPH mit Hohlwelle zur Durchführung von Versorgungsleitungen für weiterführende Antriebssysteme und die Unit CPS mit Eingangswelle aus Edelstahl, die eine flexible Einbindung in Ihre Konstruktion ermöglicht.

Die Units erhalten Sie bei Bedarf in spezifischer Ausführung maßgeschneidert für Ihre Anwendung bzw. mit besonders hohem Korrosionsschutz. Durch das verstärkte Abtriebslager mit höchster Kippsteifigkeit können die Units schnell und einfach hohe Lasten aufnehmen und zeichnen sich durch ihre hohe Lebensdauer aus.

Die Baureihe CobaltLine®-CP ist für Umgebungstemperaturen zwischen -40 und 90 °C einsetzbar. Aufgrund der Positioniergenauigkeit sind stabile Maschineneigenschaften mit kurzen Taktzeiten garantiert.

3.2 Bestellbezeichnung

Tabelle 9.1

Baureihe	Baugröße	Untersetzung ¹⁾					Version	Motoradaptioncode	Sonderausführung
CobaltLine	14	50	80	100			CPM CPH CPS	Abhängig vom Motortyp	Nach Kundenanforderung
	17	50	80	100	120				
	20	50	80	100	120	160			
	25	50	80	100	120	160			
	32	50	80	100	120	160			
	40	50	80	100	120	160			
Bestellbezeichnung									
CobaltLine - 25 - 100 - CPM - 19.22 - 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
CPM	Motoranbau
CPH	Hohlwelle
CPS	Eingangswelle

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

3.3 Technische Daten

3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 10.1

	Einheit	CobaltLine-14-CP		
Untersetzung	i []	50	80	100
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	23	30	36
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	9,0	14	14
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	7,0	10	10
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	46	61	70
Max. Antriebsdrehzahl	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	8500		
Mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500/3000 ¹⁾		
Massenträgheitsmoment CPM	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,033		
Massenträgheitsmoment CPH	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,091		
Massenträgheitsmoment CPS	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,025		
Gewicht CPM	m [kg]	0,54		
Gewicht CPH	m [kg]	0,67		
Gewicht CPS	m [kg]	0,64		

Tabelle 10.2

	Einheit	CobaltLine-17-CP			
Untersetzung	i []	50	80	100	120
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	44	56	70	70
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	34	35	51	51
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	21	29	31	31
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	91	113	143	112
Max. Antriebsdrehzahl	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	7300			
Mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500/3000 ¹⁾			
Massenträgheitsmoment CPM	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,079			
Massenträgheitsmoment CPH	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,193			
Massenträgheitsmoment CPS	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,059			
Gewicht CPM	m [kg]	0,79			
Gewicht CPH	m [kg]	1,0			
Gewicht CPS	m [kg]	0,95			

¹⁾ Gültig für CobaltLine®-CPH

3.3.2 Abmessungen

Abbildung 11.1 CobaltLine-14-CPM [mm]

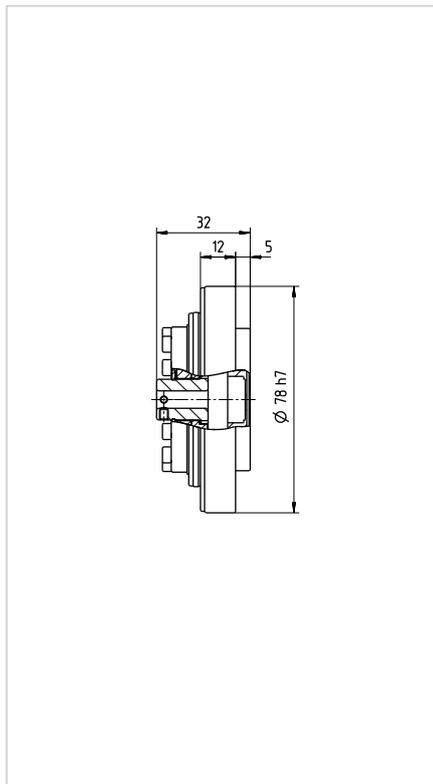


Abbildung 11.2 CobaltLine-14-CPH [mm]

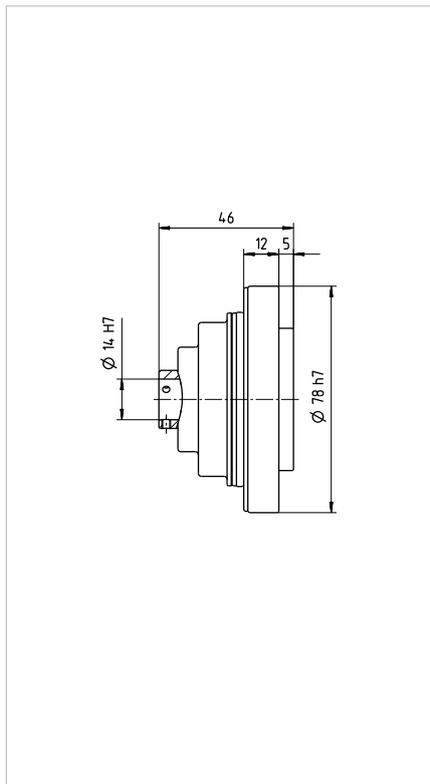


Abbildung 11.3 CobaltLine-14-CPS [mm]

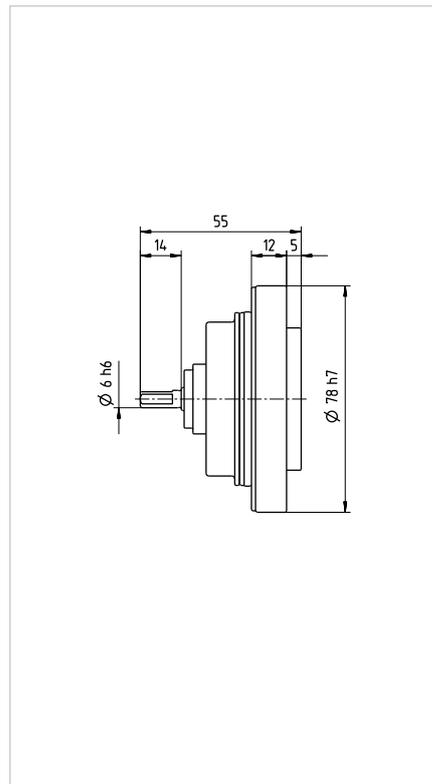


Abbildung 11.4 CobaltLine-17-CPM [mm]

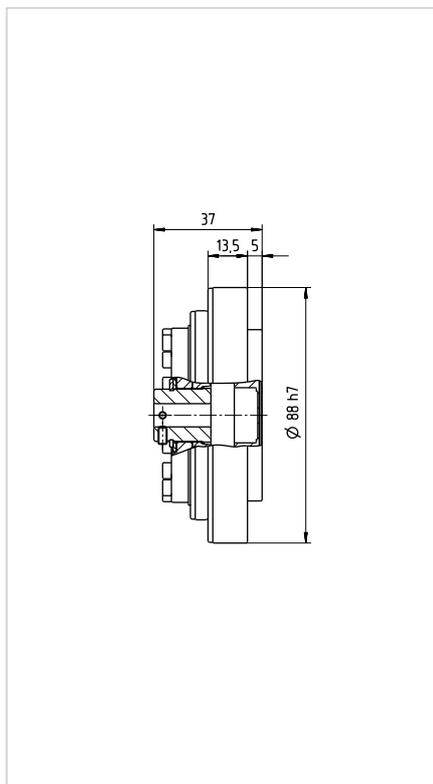


Abbildung 11.5 CobaltLine-17-CPH [mm]

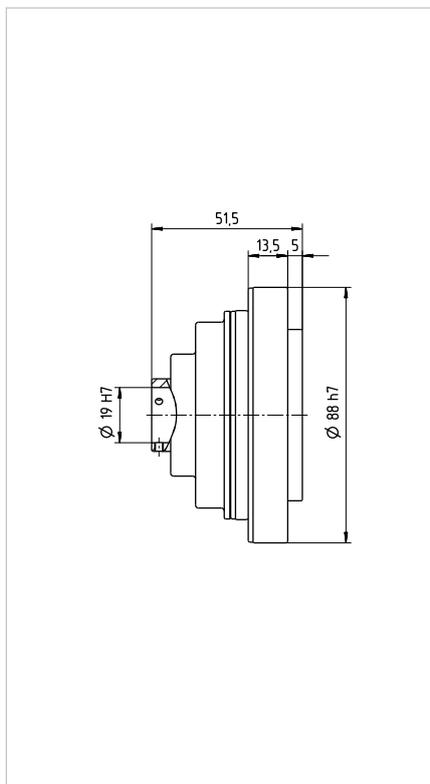
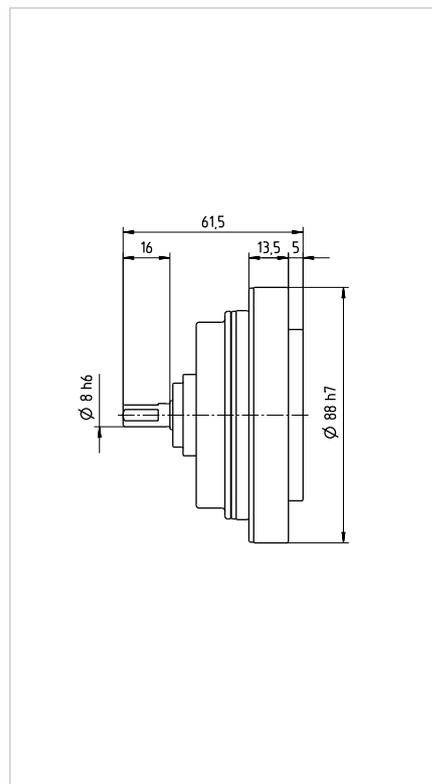


Abbildung 11.6 CobaltLine-17-CPS [mm]



QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2011

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2012

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2013

Tabelle 12.1

	Einheit	CobaltLine-20-CP				
Untersetzung	i []	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	73	96	107	113	120
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	44	61	64	64	64
Nenn Drehmoment	T_N [Nm]	33	44	52	52	52
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	127	165	191	191	191
Max. Antriebsdrehzahl	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	6500				
Mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500/3000 ¹⁾				
Massenträgheitsmoment CPM	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,193				
Massenträgheitsmoment CPH	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,404				
Massenträgheitsmoment CPS	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,137				
Gewicht CPM	m [kg]	1,3				
Gewicht CPH	m [kg]	1,55				
Gewicht CPS	m [kg]	1,4				

Tabelle 12.2

	Einheit	CobaltLine-25-CP				
Untersetzung	i []	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	127	178	204	217	229
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	72	113	140	140	140
Nenn Drehmoment	T_N [Nm]	51	82	87	87	87
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	242	332	369	395	408
Max. Antriebsdrehzahl	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	5600				
Mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500/2575 ¹⁾				
Massenträgheitsmoment CPM	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,41				
Massenträgheitsmoment CPH	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	1,07				
Massenträgheitsmoment CPS	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	0,32				
Gewicht CPM	m [kg]	1,95				
Gewicht CPH	m [kg]	2,4				
Gewicht CPS	m [kg]	2,5				

¹⁾ Gültig für CobaltLine®-CPH

Abbildung 13.1 CobaltLine-20-CPM [mm]

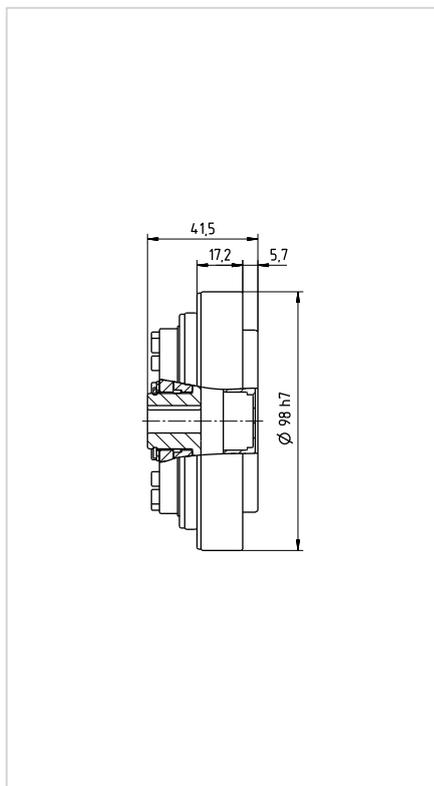


Abbildung 13.2 CobaltLine-20-CPH [mm]

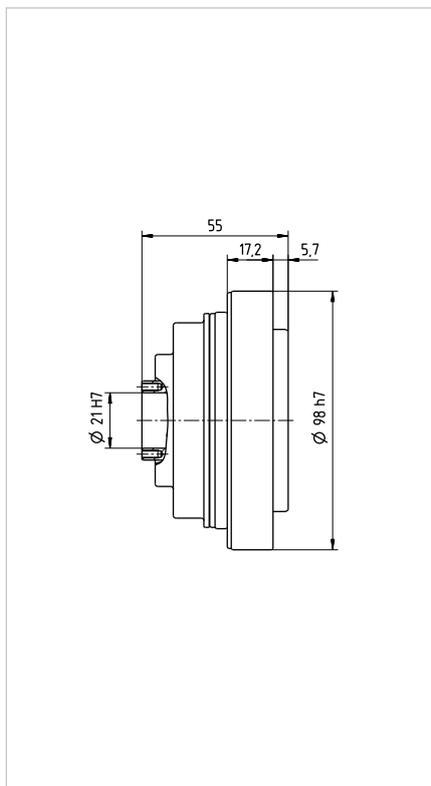


Abbildung 13.3 CobaltLine-20-CPS [mm]

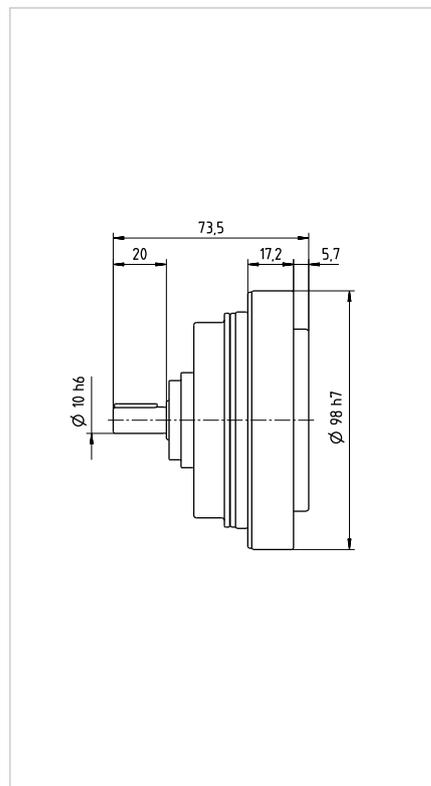


Abbildung 13.4 CobaltLine-25-CPM [mm]

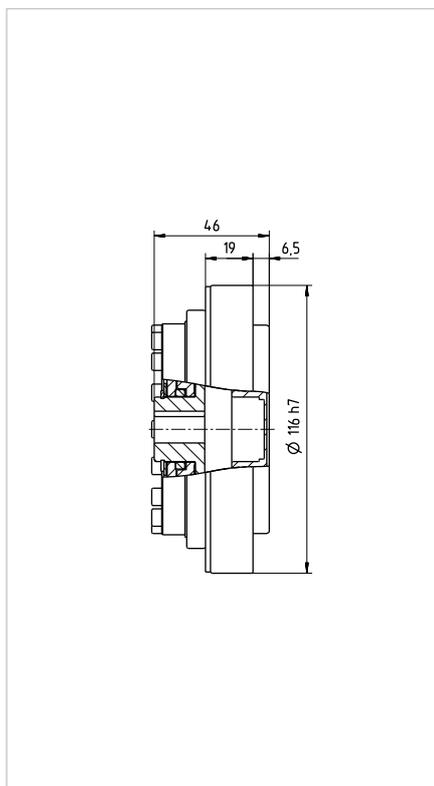


Abbildung 13.5 CobaltLine-25-CPH [mm]

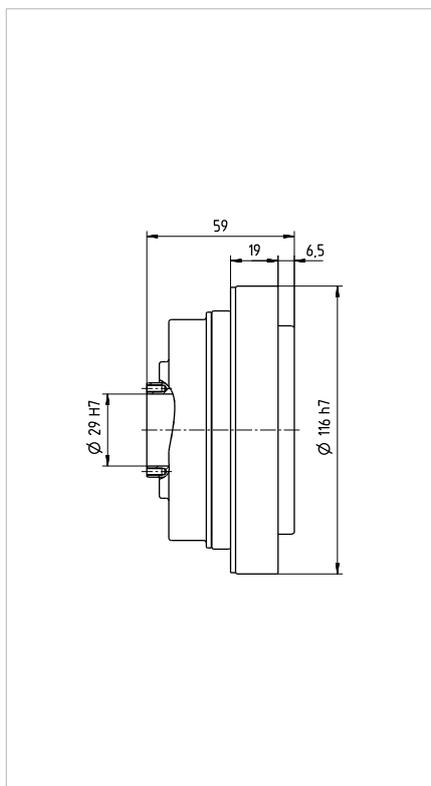
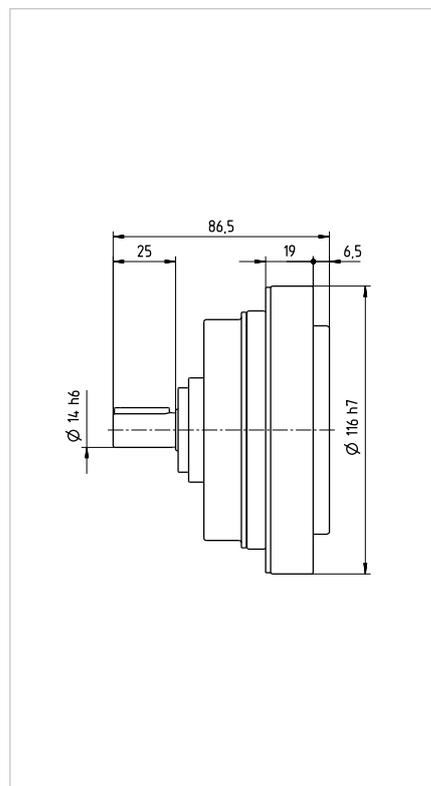


Abbildung 13.6 CobaltLine-25-CPS [mm]



QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2011

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2012

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2013

Tabelle 14.1

	Einheit	CobaltLine-32-CP				
Untersetzung	i []	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	281	395	433	459	484
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	140	217	281	281	281
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	99	153	178	178	178
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	497	738	841	892	892
Max. Antriebsdrehzahl	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	4800				
Mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3500/1980 ¹⁾				
Massenträgheitsmoment CPM	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	1,69				
Massenträgheitsmoment CPH	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	2,85				
Massenträgheitsmoment CPS	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	1,20				
Gewicht CPM	m [kg]	3,9				
Gewicht CPH	m [kg]	5,0				
Gewicht CPS	m [kg]	5,4				

Tabelle 14.2

	Einheit	CobaltLine-40-CP				
Untersetzung	i []	50	80	100	120	160
Wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R [Nm]	523	675	738	802	841
Durchschnittsdrehmoment	T_A [Nm]	255	369	484	586	586
Nennendrehmoment	T_N [Nm]	178	268	345	382	382
Kollisionsdrehmoment	T_M [Nm]	892	1270	1400	1530	1530
Max. Antriebsdrehzahl	$n_{in(max)}$ [min ⁻¹]	4000				
Mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av(max)}$ [min ⁻¹]	3000/1300 ¹⁾				
Massenträgheitsmoment CPM	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	4,5				
Massenträgheitsmoment CPH	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	9,28				
Massenträgheitsmoment CPS	J_{in} [x10 ⁻⁴ kgm ²]	3,41				
Gewicht CPM	m [kg]	6,9				
Gewicht CPH	m [kg]	8,8				
Gewicht CPS	m [kg]	8,8				

¹⁾ Gültig für CobaltLine®-CPH

Abbildung 15.1 CobaltLine-32-CPM [mm]

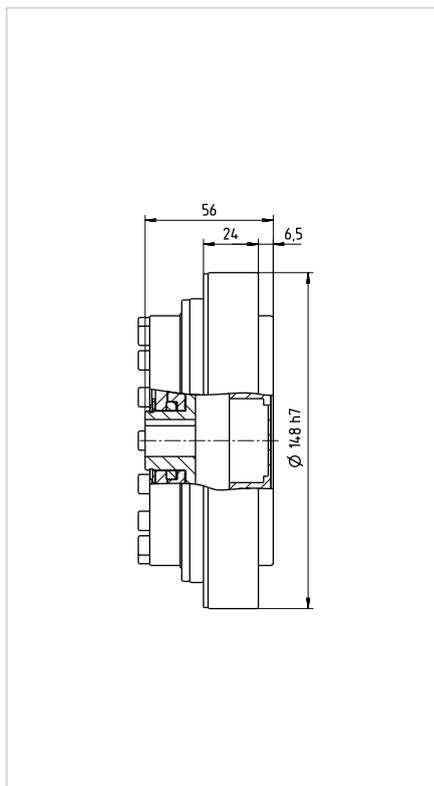


Abbildung 15.2 CobaltLine-32-CPH [mm]

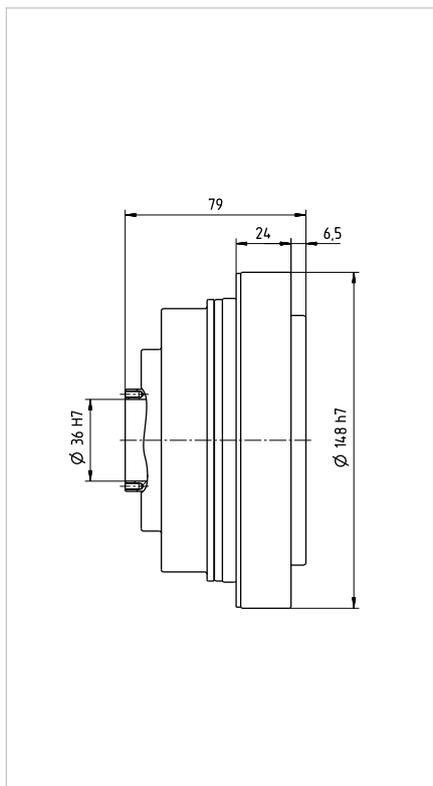


Abbildung 15.3 CobaltLine-32-CPS [mm]

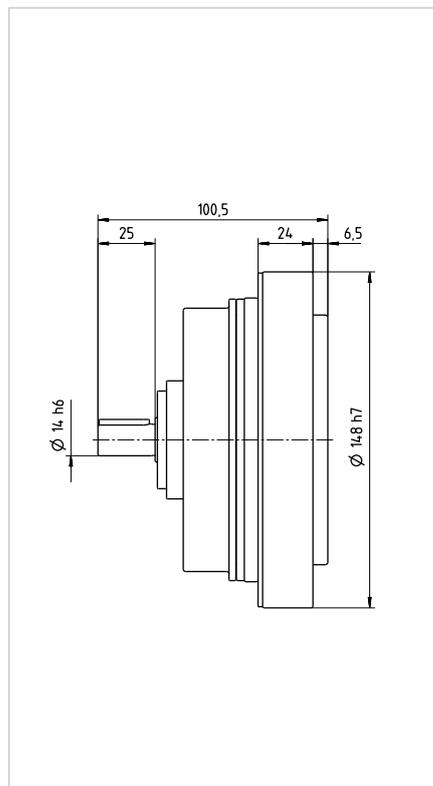


Abbildung 15.4 CobaltLine-40-CPM [mm]

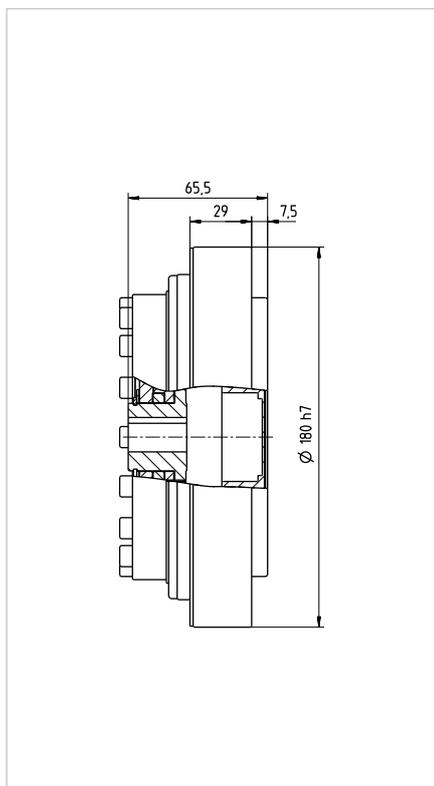


Abbildung 15.5 CobaltLine-40-CPH [mm]

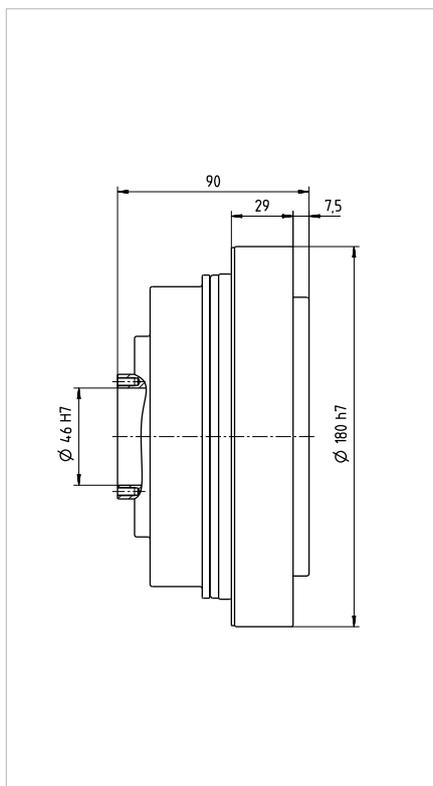
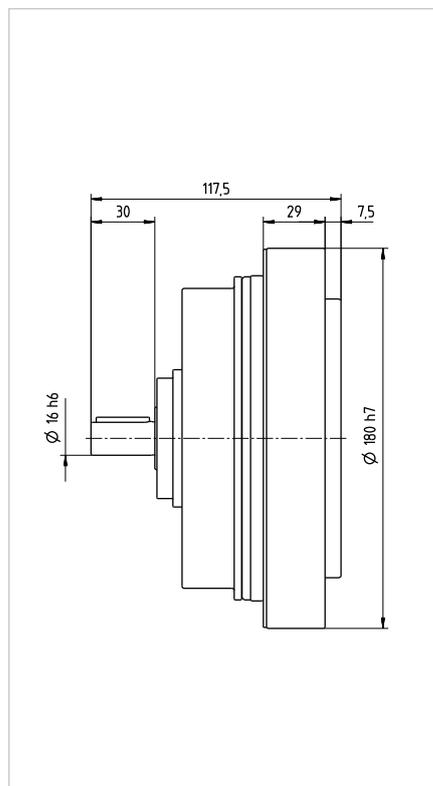


Abbildung 15.6 CobaltLine-40-CPS [mm]



QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2011

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2012

QUICKLINK
www.harmonicdrive.de/CAD2013

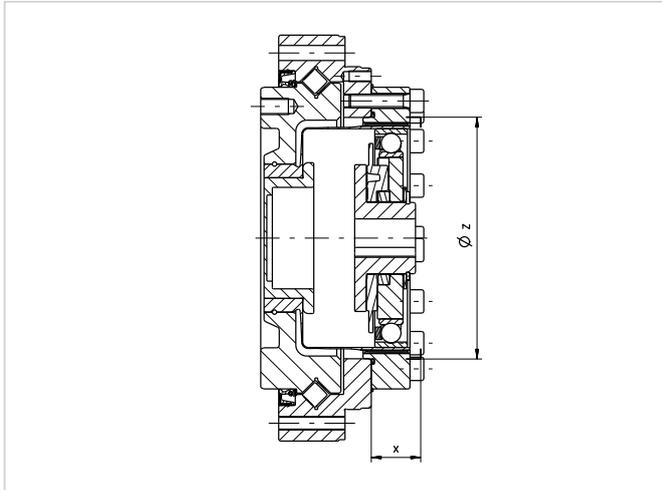
3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand

Tabelle 16.1

CobaltLine-CPM [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
∅Z	38	45	53	66	86	106
X	7,0	7,5	9,0	11,5	15,5	19,0

Abbildung 16.2



3.3.4 Genauigkeit

Tabelle 16.3

[arcmin]

Baugröße		14 - 17		20 - 32		40	
Untersetzung		50	>50	50	>50	50	>50
Übertragungsgenauigkeit ¹⁾	CPH CPS	< 1,2	< 1	< 1	< 0,8	< 0,7	< 0,5
	CPM mit Wave Generator mit Oldham Kupplung oder Solid Wave Generator mit Einstellmontage	< 1,2	< 1	< 1	< 0,8	< 0,7	< 0,5
	CPM mit Solid Wave Generator und Standard Montage	< 1,5	< 1,5	< 1	< 1	< 1	< 1
Hystereseverlust		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Lost Motion							
Wiederholgenauigkeit							

¹⁾ Höhere Genauigkeit auf Anfrage

3.3.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 16.4

Baugröße		14	17	20	25	32	40
T ₁ [Nm]		2,0	3,9	7,0	14	29	54
T ₂ [Nm]		6,9	12	25	48	108	196
i = 50	K ₃ [x10 ³ Nm/rad]	5,7	13	23	44	98	180
	K ₂ [x10 ³ Nm/rad]	4,7	11	18	34	78	140
	K ₁ [x10 ³ Nm/rad]	3,4	8,1	13	25	54	100
i > 50	K ₃ [x10 ³ Nm/rad]	7,1	16	29	57	12	230
	K ₂ [x10 ³ Nm/rad]	6,1	14	25	50	11	200
	K ₁ [x10 ³ Nm/rad]	4,7	10	16	31	67	130

3.3.6 Lagerung

Abtriebslagerung

Die CobaltLine® 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 17.1 angegeben.

Tabelle 17.1

Baugröße		14	17	20	25	32	40
Lagertyp ¹⁾		C	C	C	C	C	C
Teilkreis \varnothing	d_p [m]	0,0465	0,059	0,070	0,088	0,114	0,134
Abstand ²⁾	R [m]	0,014	0,014	0,016	0,018	0,020	0,026
Dynamische Tragzahl	C [N]	8250	10700	21000	21800	34500	43300
Statische Tragzahl	C_0 [N]	11400	14800	27000	35800	59000	81600
Zulässiges dynamisches Kippmoment ³⁾	M [Nm]	73	114	172	254	578	886
Zulässiges statisches Kippmoment ⁴⁾	M_0 [Nm]	155	276	603	1050	2242	3645
Kippsteifigkeit ⁵⁾	K_B [Nm/arcmin]	23	40	70	114	350	522
Zulässige Axiallast ⁵⁾	F_a [N]	2880	4600	15800	19200	22300	42000
Zulässige Radiallast ⁵⁾	F_r [N]	1450	2300	8600	12700	14600	27500

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. 17.2

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.

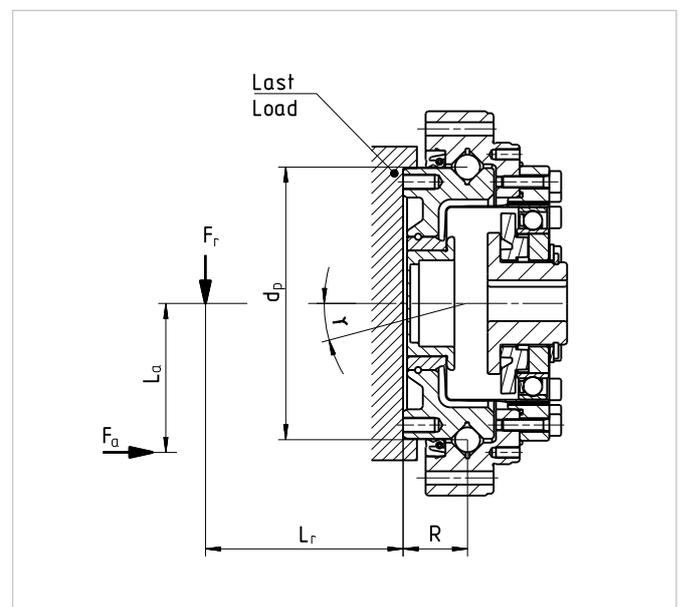
⁵⁾ Diese Daten gelten für $n = 15 \text{ min}^{-1}$ und $L_{10} = 15000 \text{ h}$

^{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 17.2



Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

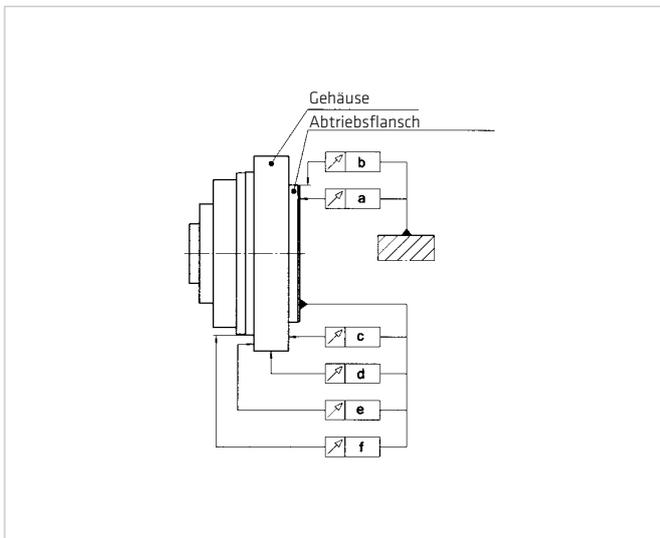
Folgende Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Tabelle 18.1

[mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
a	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,012
b	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
c	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,012
d	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
e	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
f	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015

Abbildung 18.2



Eingangslagerung CPH

Die Eingangswelle der CPH Unit ist mit zwei einreihigen Rillenkugellagern gelagert. Abb. 19.2 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tab. 19.1 und in Abb. 19.3 dargestellten Radial- und Axialkräfte.

Beispiel: Wenn die Eingangswelle einer CobaltLine-25-CPH Unit mit einer Axialkraft von 200 N vorgespannt ist, beträgt die max. zulässige Radialkraft 100 N, s. Abb. 19.3.

Die auf dieser Seite dargestellten technischen Daten gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lagerlebensdauer von $L_{50} = 35000 \text{ h}$.

Tabelle 19.1

Baugröße		14	17	20	25	32	40
Abstand	B [mm]	6,5	6,5	5	5	7	8
Maximal zulässige Radialkraft	F_r [N]	204	235	271	306	918	1113

Abbildung 19.2

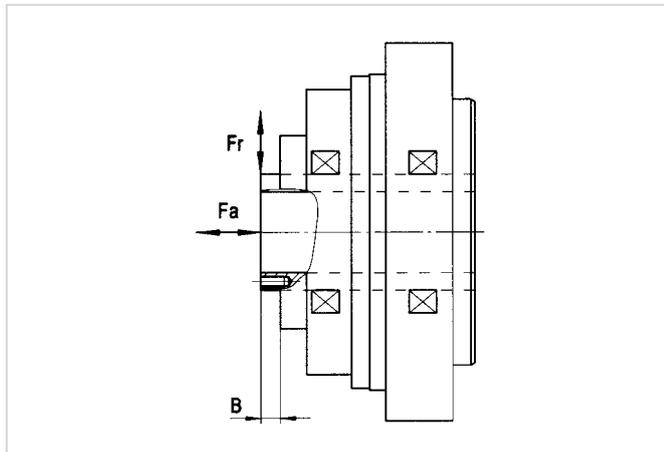
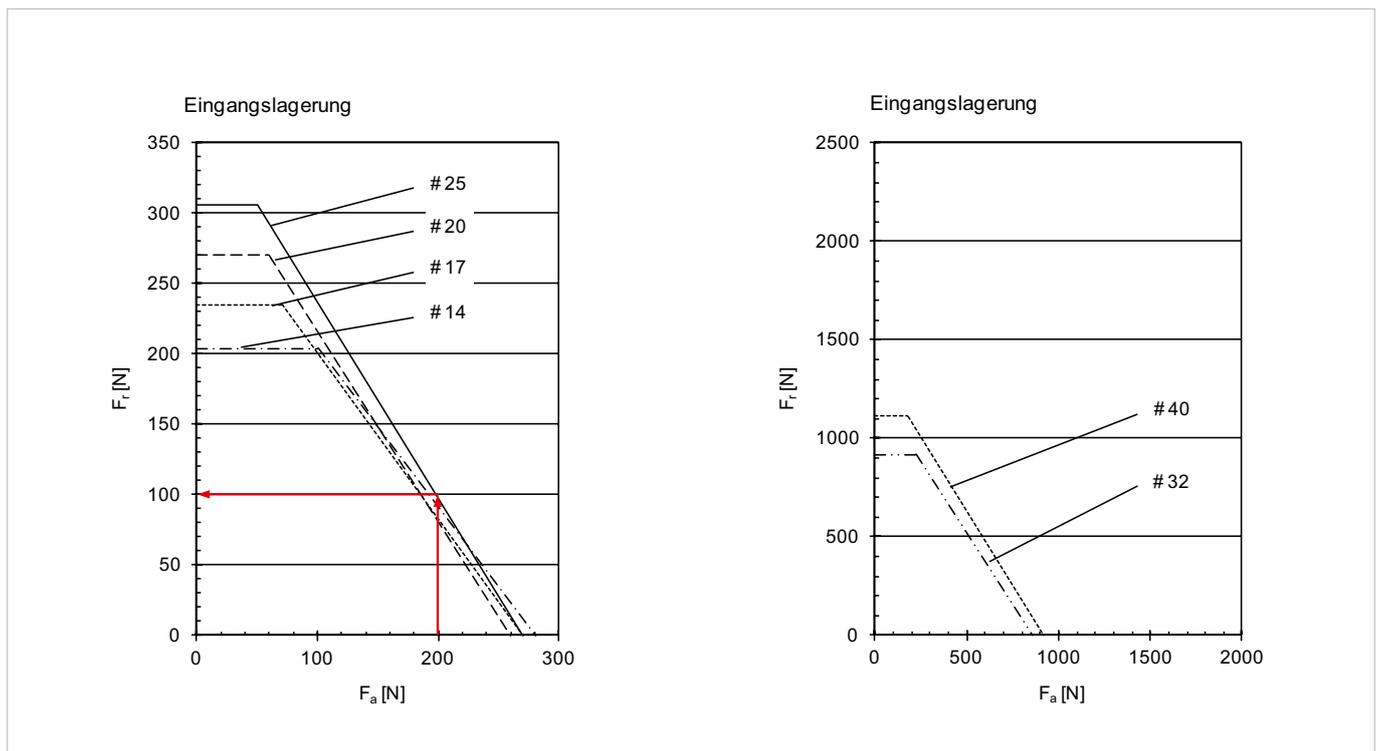


Abbildung 19.3



Eingangslagerung CPS

Die Eingangswelle der CPS Unit ist mit zwei einreihigen Rillenkugellagern gelagert. Abb. 20.2 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tab. 20.1 und in Abb. 20.3 dargestellten Radial- und Axialkräfte.

Beispiel: Wenn die Eingangswelle einer CobaltLine-20-CPS Unit mit einer Axialkraft von 200 N vorgespannt ist, beträgt die max. zulässige Radialkraft 100 N, s. Abb. 20.3.

Die auf dieser Seite dargestellten technischen Daten gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lagerlebensdauer von $L_{50} = 35000 \text{ h}$.

Tabelle 20.1

Baugröße		14	17	20	25	32	40
Abstand	B [mm]	7	8	10	12,5	12,5	15
Maximal zulässige Radialkraft	F_r [N]	118	145	232	342	567	825

Abbildung 20.2

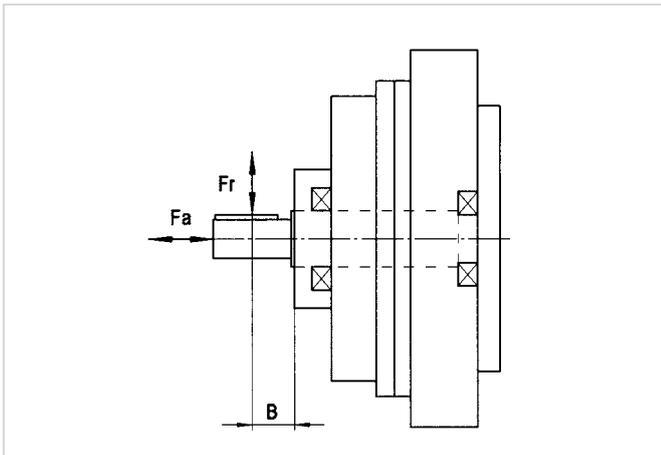
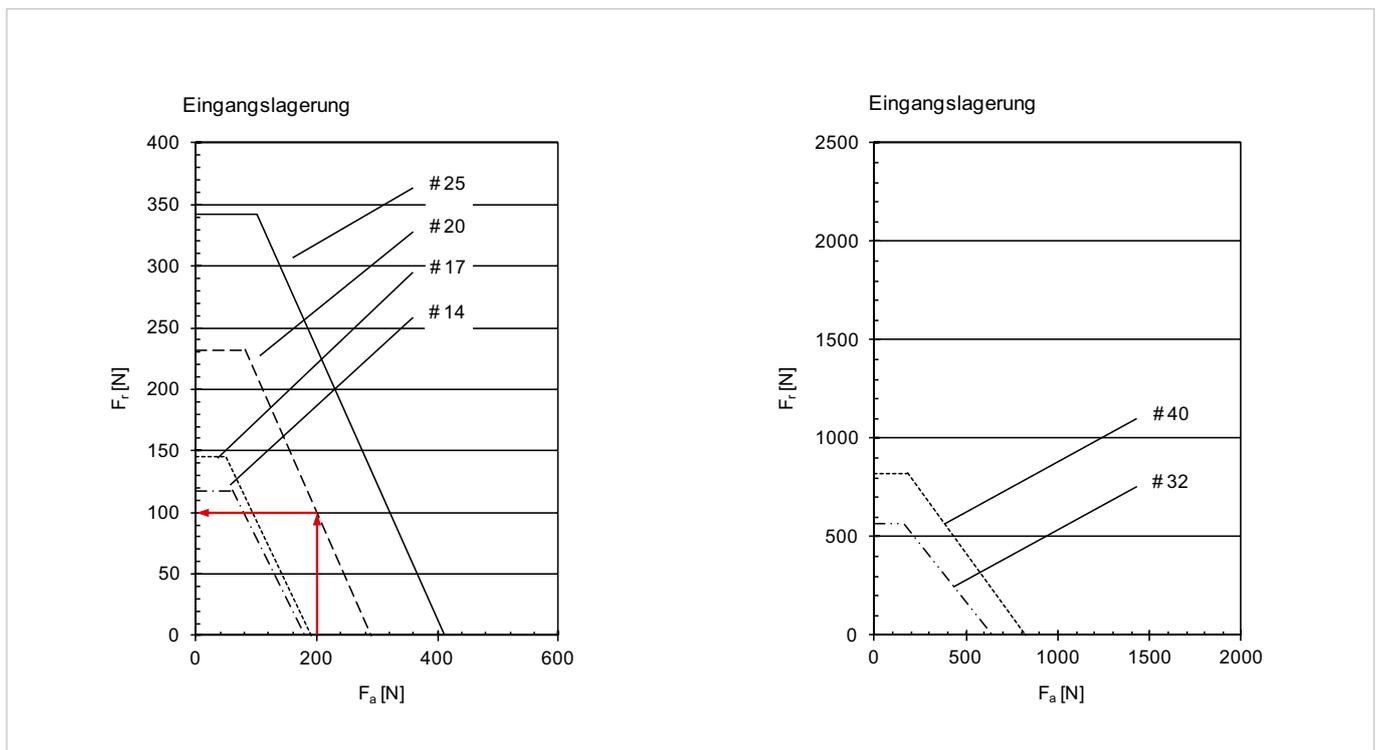


Abbildung 20.3



3.3.7 Verwendete Materialien

Das umgebende Medium sollte keine korrosive Wirkung auf den hier gelisteten Werkstoff haben.

CPH und CPS Units

Korrosiongeschützter Stahl, Edelstahl.

Abtriebslager: brüniert.

Schrauben gegen Korrosion beschichtet.

CPM Units

Bitte beachten Sie die oben angeführten Hinweise zu den CPH und CPS Units.

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

4. Antriebsauslegung

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

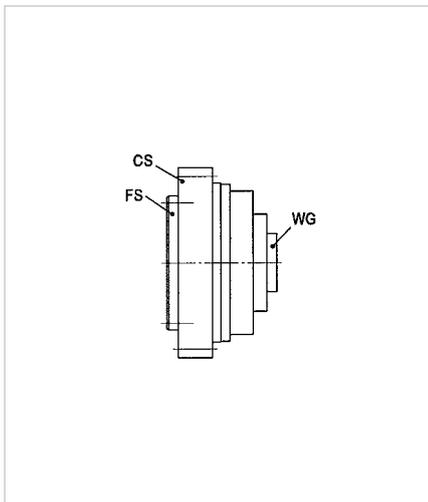
Gleichung 22.1

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

Überblick Harmonic Drive® Produkte

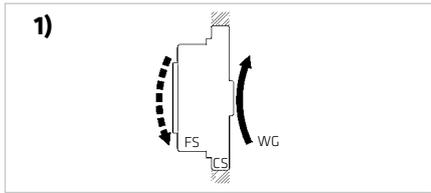
Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG) sind in der Abbildung 22.2 zu sehen.

Abbildung 22.2



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



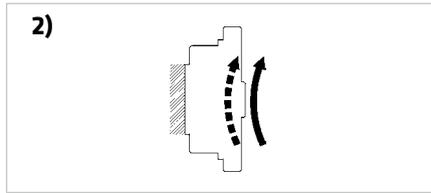
Untersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- WG Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 23.1

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



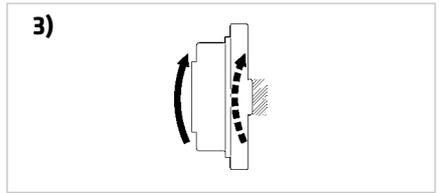
Untersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- WG Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 23.2

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



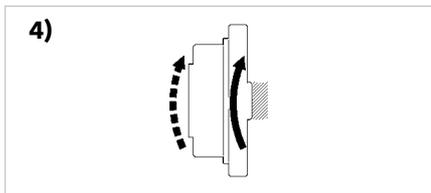
Untersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- FS Antrieb
- CS Abtrieb

Gleichung 23.3

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



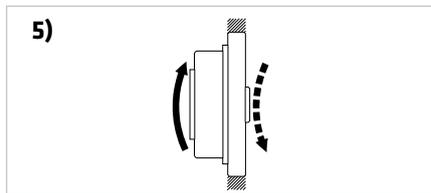
Übersetzungsgetriebe

- WG Fixiert
- CS Antrieb
- FS Abtrieb

Gleichung 23.4

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



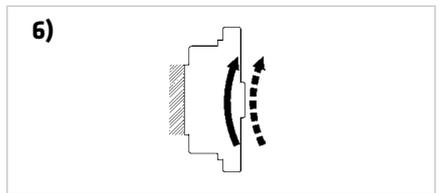
Übersetzungsgetriebe

- CS Fixiert
- FS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 23.5

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



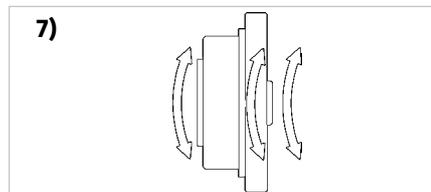
Übersetzungsgetriebe

- FS Fixiert
- CS Antrieb
- WG Abtrieb

Gleichung 23.6

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



Differenzialgetriebe

- WG Regelantrieb
- CS Hauptantrieb
- FS Hauptabtrieb

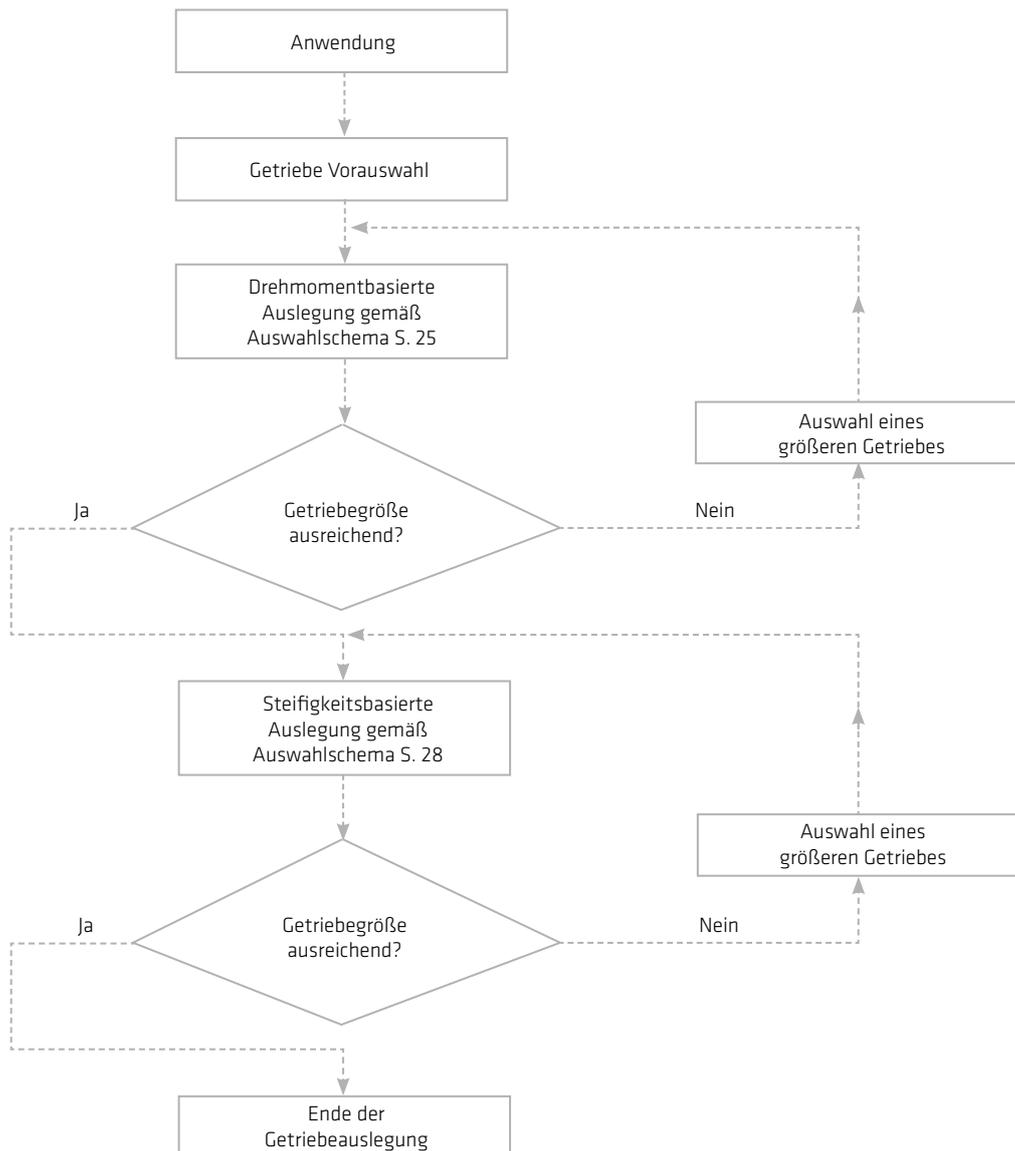
Zahlreiche Differenzialfunktionen können durch Kombination der Drehzahl und Drehrichtung der drei Bauteile erreicht werden. Wir beraten Sie gerne!

4.1 Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben

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

HINWEIS

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

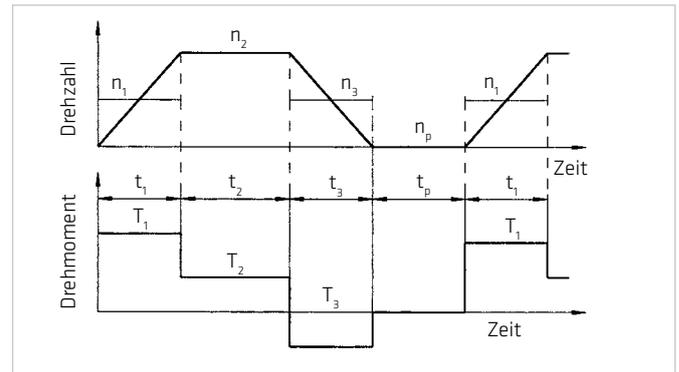


4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

Belastungsdaten des Abtriebes

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

Abbildung 25.1



Gleichung 25.2

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 25.3

Werte für T_A siehe technische Daten
 $T_{av} \leq T_A$ **Nein** Auswahl eines größeren Getriebes

Gleichung 25.4

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 25.5

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

Gleichung 25.6

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

Gleichung 25.7

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

Gleichung 25.8

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

Gleichung 25.9

Belastungsgrenze 3, T_M
 $T_k \leq T_M$

Gleichung 25.10

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

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

Gleichung 25.11

Lebensdauer

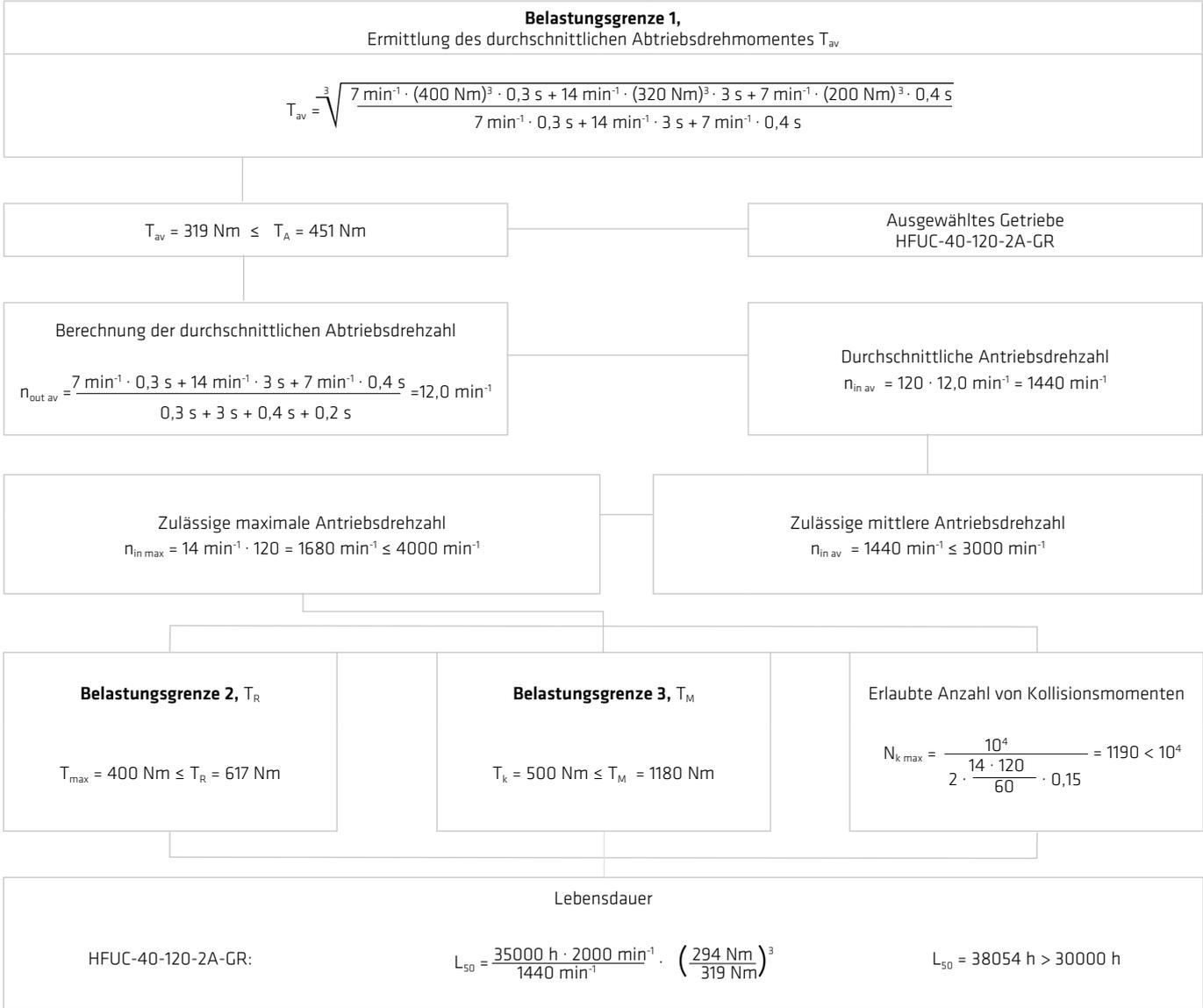
$$L_{50} = L_n \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{\text{Nennmoment } T_N}{T_{av}} \right)^3$$

Werte für L_n siehe Tabelle 27.1

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 27.2 ermittelt werden.

Tabelle 27.1

[h]

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

Gleichung 27.2

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

Gleichung 27.3

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

- n_N = Nenndrehzahl am Antrieb [2000 min^{-1}]
- $n_{in\,av}$ = Durchschnittliche Antriebsdrehzahl [min^{-1}] (Gleichung 25.5)
- T_N = Nennabtriebsdrehmoment bei Nenndrehzahl [Nm]
- T_{av} = Durchschnittliches Abtriebsdrehmoment [Nm] (Gleichung 25.2)
- L_n = siehe Tabelle 27.1

4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

Zusätzlich zu dem auf Seite 25 angegebenen Auswahlschema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung. Dafür sollten die in Tabelle 28.1 angegebenen Kenngrößen für die anwendungsspezifisch empfohlenen Resonanzfrequenzen berücksichtigt werden.

Tabelle 28.1

[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 29.1

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

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 28.1 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 Auswahlchema: „Drehmomentbasierte Auslegung“ auf Seite 26.

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung

Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm²

Empfohlene Resonanzfrequenz aus Tabelle 28.1: ≥ 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 30.1

$$T \leq T_1$$

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

Gleichung 30.2

$$T_1 < T \leq T_2$$

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

Gleichung 30.3

$$T > T_2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Gleichung 30.4

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

4.3 Genauigkeit der Oldham Kupplung CPM

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 30.5.

Tabelle 30.5

[arcsec]

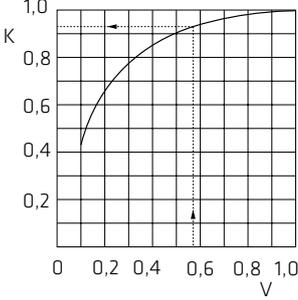
Baugröße		14	17	20	25	32	40
Untersetzung	30	60	33	28	28	23	-
	50	36	20	17	17	14	14
	80	23	13	11	11	9	9
	100	18	10	9	9	7	7
	120	-	8	8	8	6	6
	160	-	-	6	6	5	5

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.

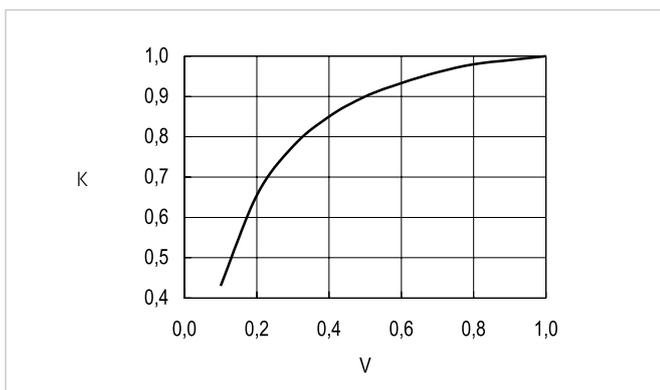
4.4.1 Wirkungsgradberechnung CPM Units

Tabelle 31.1

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. $V = \frac{T_{av}}{T_N} \quad \text{[Gleichung 31.2]}$ 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. 31.4.	
Wirkungsgrad $\eta_L = \eta \cdot K \quad \text{[Gleichung 31.3]}$	$\eta_L = 78 \cdot 0,93 = 73 \%$

Berechnungsfaktor K

Abbildung 31.4



4.4.2 Wirkungsgradberechnung CPH und CPS Units

Berechnung des Gesamtwirkungsgrades η_L

Gleichung 32.1

$$\eta_L = K \cdot (\eta_R + \eta_e)$$

mit:

K = Korrekturfaktor aus Abb. 32.3 bzw. 32.5

K = 1; für $T > T_N$

η_R = Wirkungsgrad bei Nenndrehmoment, siehe Abb. 36.1 bzw. 37.1

η_e = Korrekturwert zur Berücksichtigung des Einflusses der eingangsseitigen Radialwellendichtungen, siehe Abb. 32.4 bzw. 32.6

Berechnung des Drehmomentfaktors V

Gleichung 32.2

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

mit:

T = Anliegendes Drehmoment

T_N = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl

Korrekturfaktor / Korrekturwert CPH

Abbildung 32.3

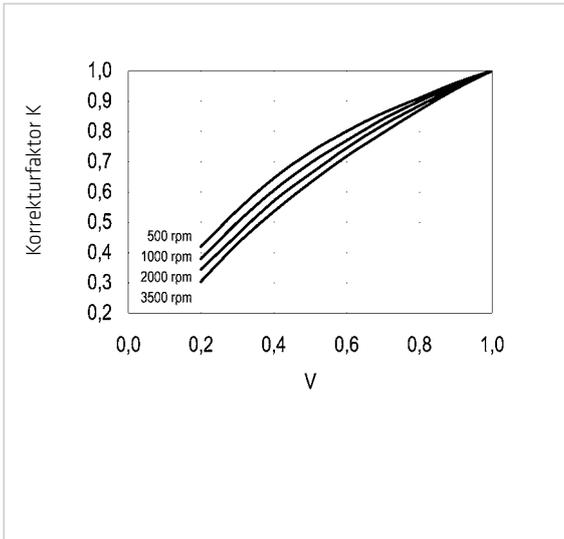
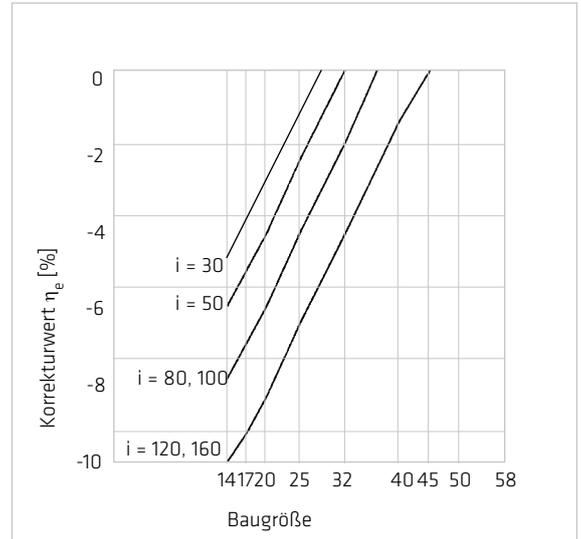


Abbildung 32.4



Korrekturfaktor / Korrekturwert CPS

Die Berechnung des Gesamtwirkungsgrades erfolgt bei der Baureihe CPS analog zur Baureihe CPH. Im Gegensatz zur Baureihe CPH gibt es bei der Baureihe CPS keine Einschränkungen im kontinuierlichen Betrieb.

Abbildung 32.5

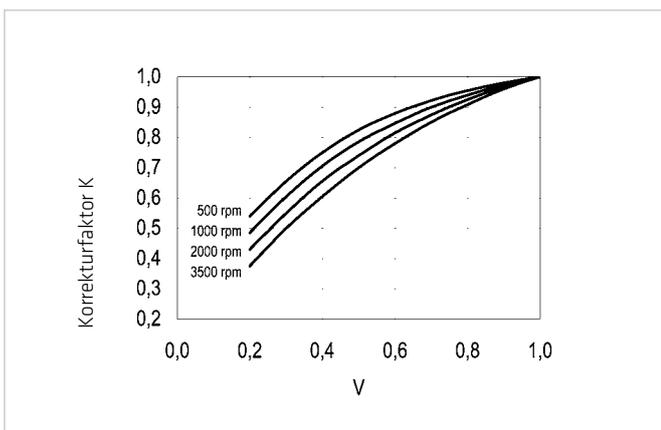
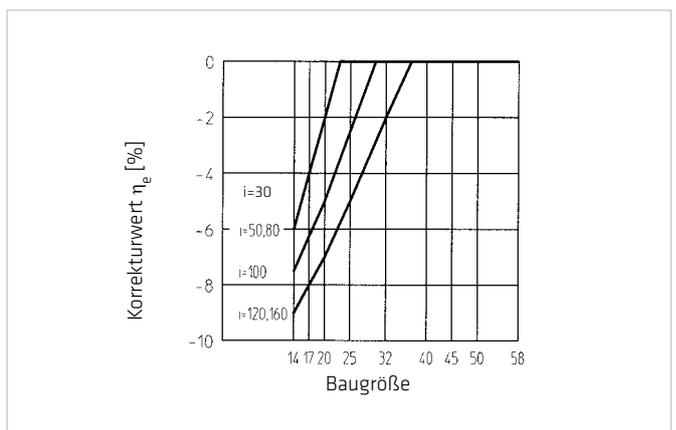


Abbildung 32.6



Beispiel: Wirkungsgradberechnung CPH und CPS

Die Berechnung des Gesamtwirkungsgrades erfolgt bei der Baureihe CPS analog zur Baureihe CPH. Im Gegensatz zur Baureihe CPH gibt es bei der Baureihe CPS keine Einschränkungen im kontinuierlichen Betrieb.

Tabelle 33.1

Berechnungsschema	Beispiel
CPU-25-100-H Eingangsdrehzahl $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ Abtriebsdrehmoment $T = 60 \text{ Nm}$ Umgebungstemperatur = $20 \text{ }^\circ\text{C}$	
1. Wirkungsgrad aus einem Diagramm der Abb. 37.1 entnehmen	$\eta_R = 65 \%$
2. Berechnung des Drehmomentfaktors V	$V = \frac{T}{T_N} = \frac{60}{67} = 0,9$ Gleichung 33.2
3. Korrekturfaktor K aus Abb. 32.5 entnehmen	$K = 0,95$
4. Korrekturfaktor η_e aus Abb. 32.6 entnehmen	$\eta_e = -5 \%$
5. Gesamt-Wirkungsgrad	$\eta_L = K \cdot (\eta_R + \eta_e)$ $= 0,95 \cdot (65 \% - 5 \%)$ $= 57 \%$ Gleichung 33.3

4.4.3 Wirkungsgradtabellen

Der Wirkungsgrad von Harmonic Drive® Getrieben hängt in starkem Maße vom Drehmoment ab. Die Wirkungsgrad-Diagramme basieren auf einer Belastung mit Nenndrehmoment. Der Wirkungsgrad bei einer Belastung unterhalb des Nenndrehmomentes kann mit dem Berechnungsschema auf den Seiten 31 bis 32 bestimmt werden.

CobaltLine-CPM

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett.

Baugröße 14

Abbildung 34.1

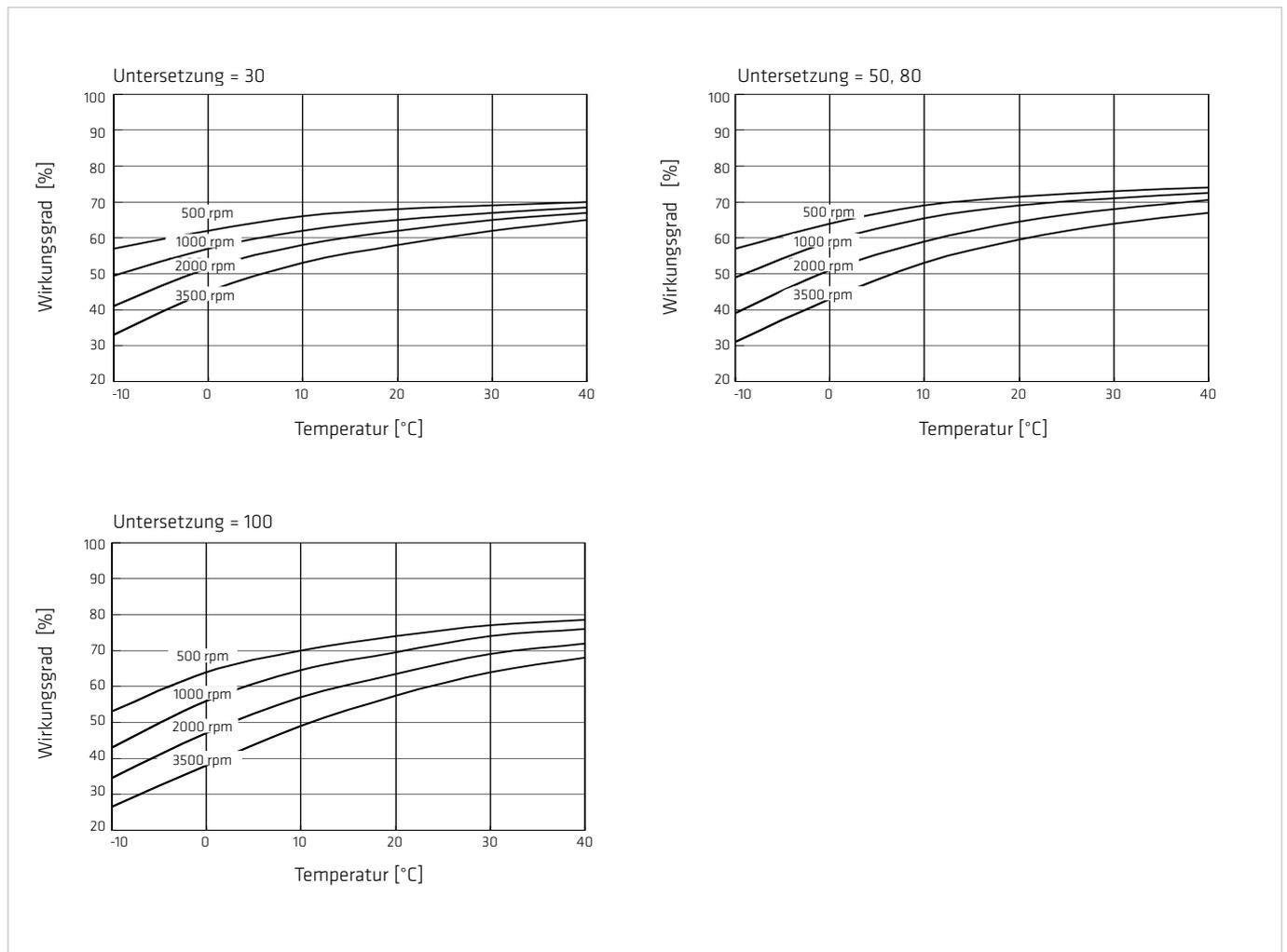
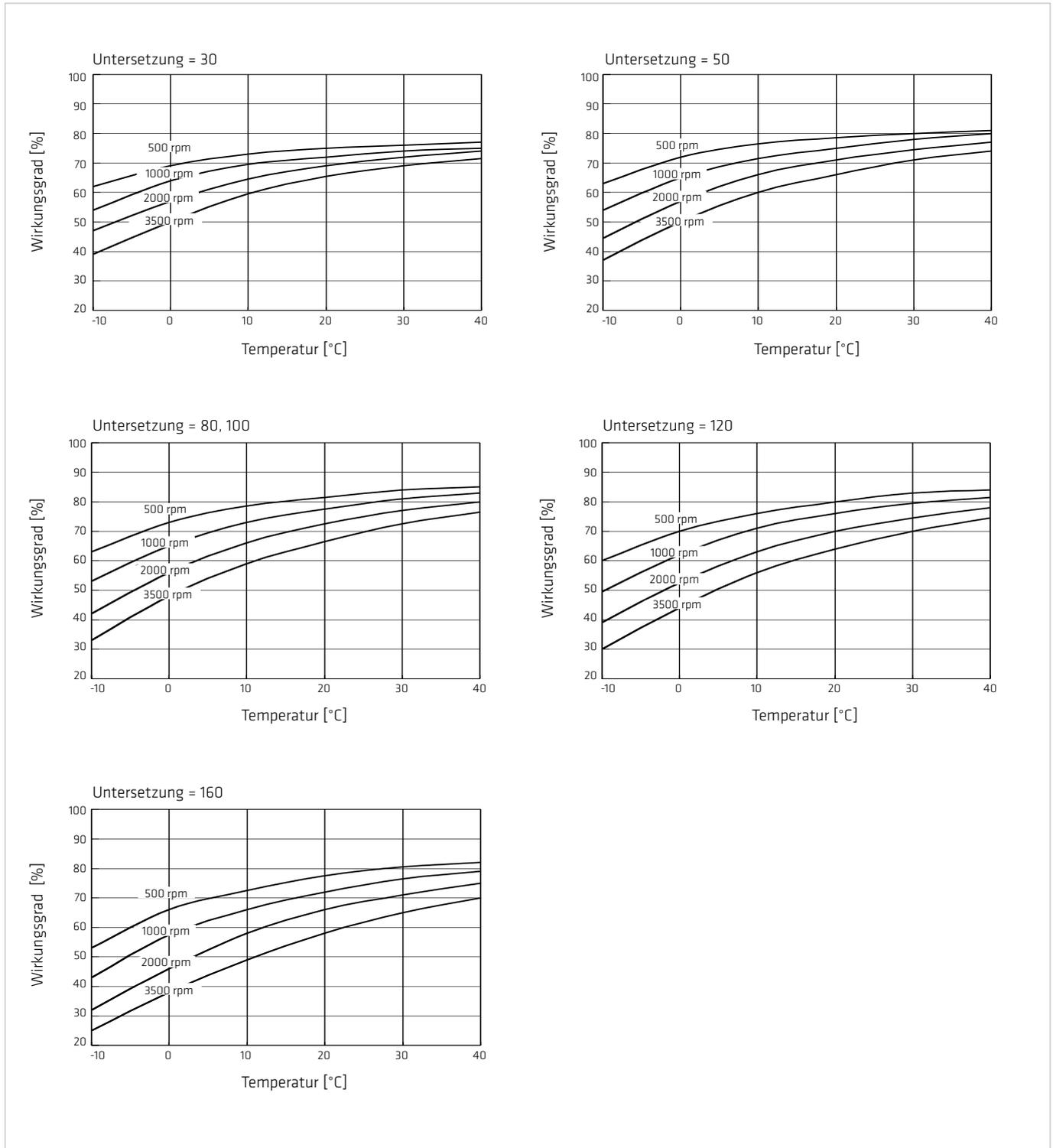
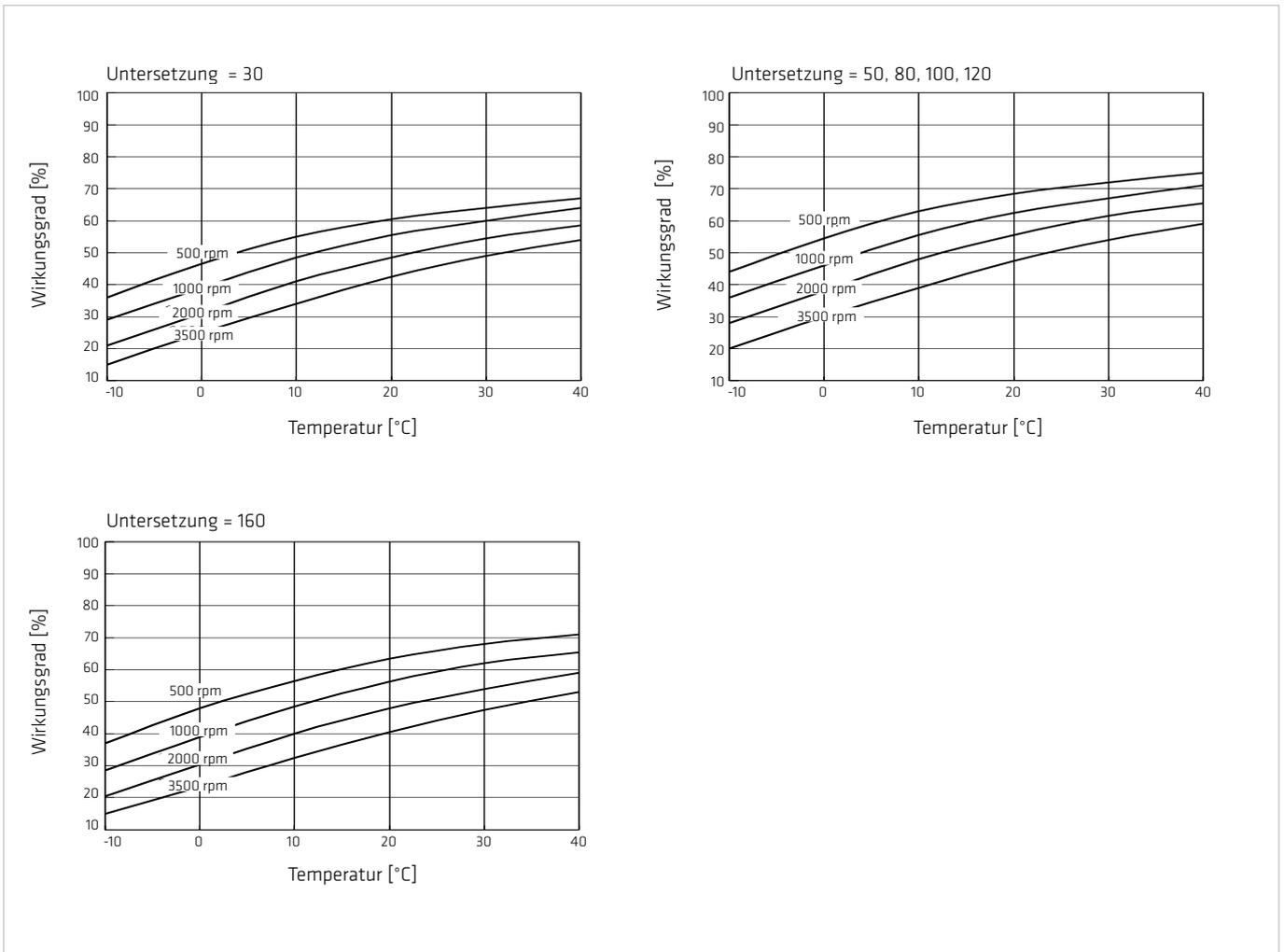


Abbildung 35.1



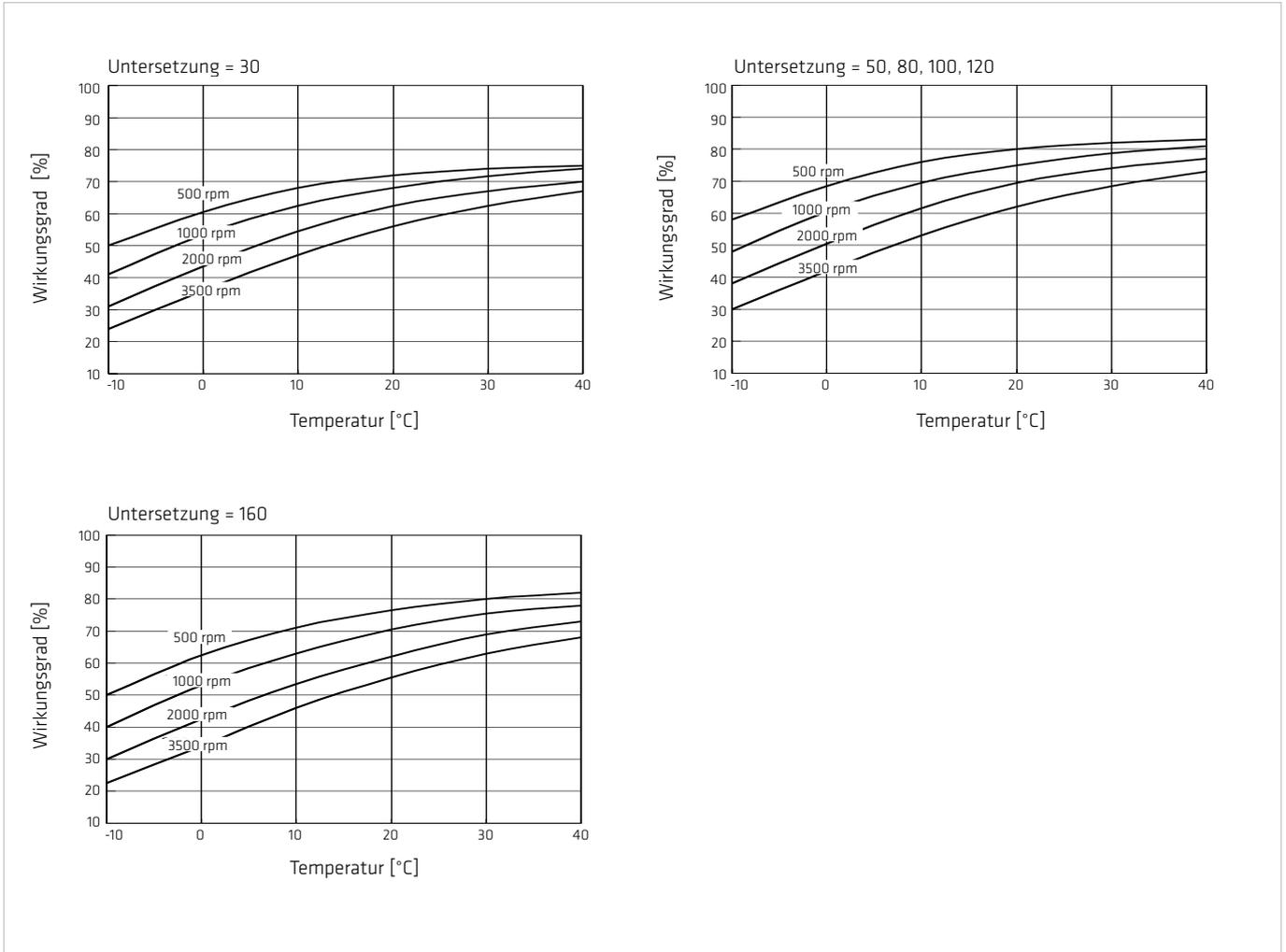
Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett.

Abbildung 36.1



Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett.

Abbildung 37.1



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

Lastfreies Rückdrehmoment

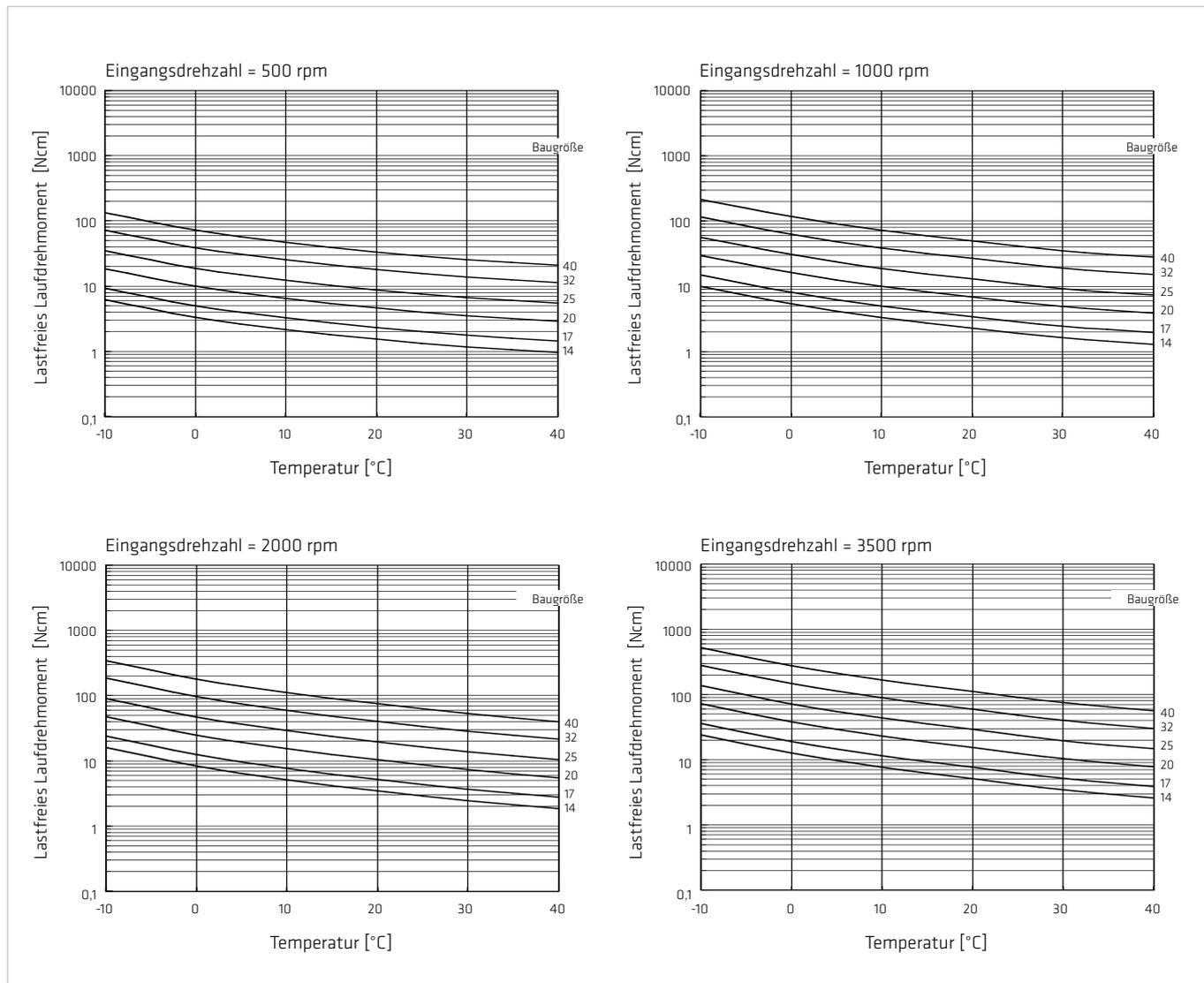
Das Rückdrehmoment wird benötigt, um das Abtriebsselement (langsame Seite) bei unbelastetem Antriebselement (schnelle Seite) in Bewegung zu bringen. Die zugehörigen Tabellen zeigen den experimentell ermittelten, ungefähren Bereich des lastfreien Rückdrehmomentes. Die angegebenen Werte dürfen keinesfalls 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 mit 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

Lastfreies Laufdrehmoment CPM

Abbildung 38.1



Korrekturwerte Lastfreies Laufdrehmoment CPM

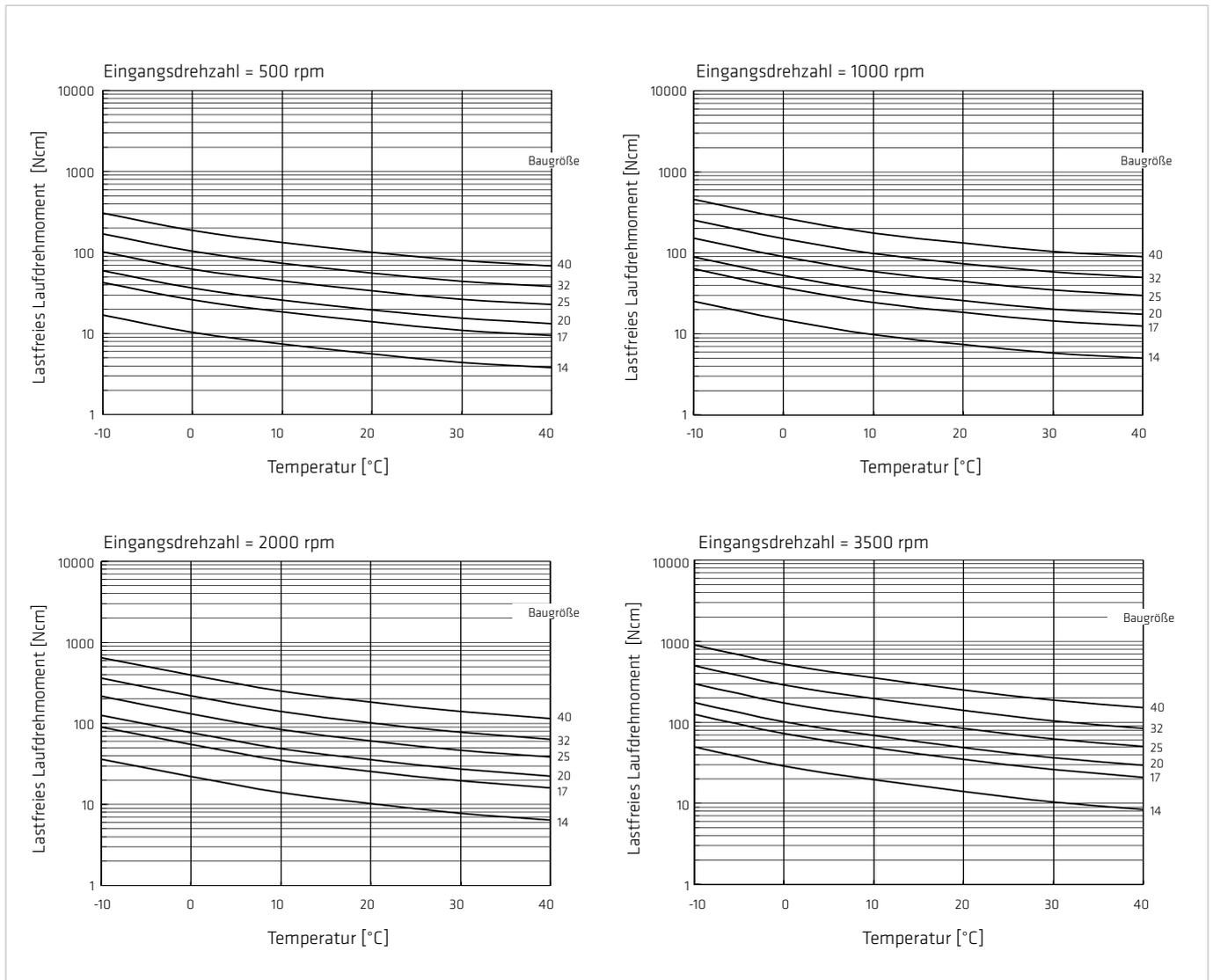
Beim Einsatz von Getrieben mit Untersetzungen $i \neq 100$ sind die aus den Kurven abgelesenen Daten um die folgenden Werte zu korrigieren.

Tabelle 38.2

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	1,1	1,6	2,3	3,8	7,1	12
80	0,2	0,3	0,5	0,7	1,3	2,1
120	-	-0,2	-0,3	-0,5	-0,9	-1,5
160	-	-	-0,8	-1,2	-2,2	-3,5

Lastfreies Laufdrehmoment CPH

Abbildung 39.1



Korrekturwerte Lastfreies Laufdrehmoment CPH

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

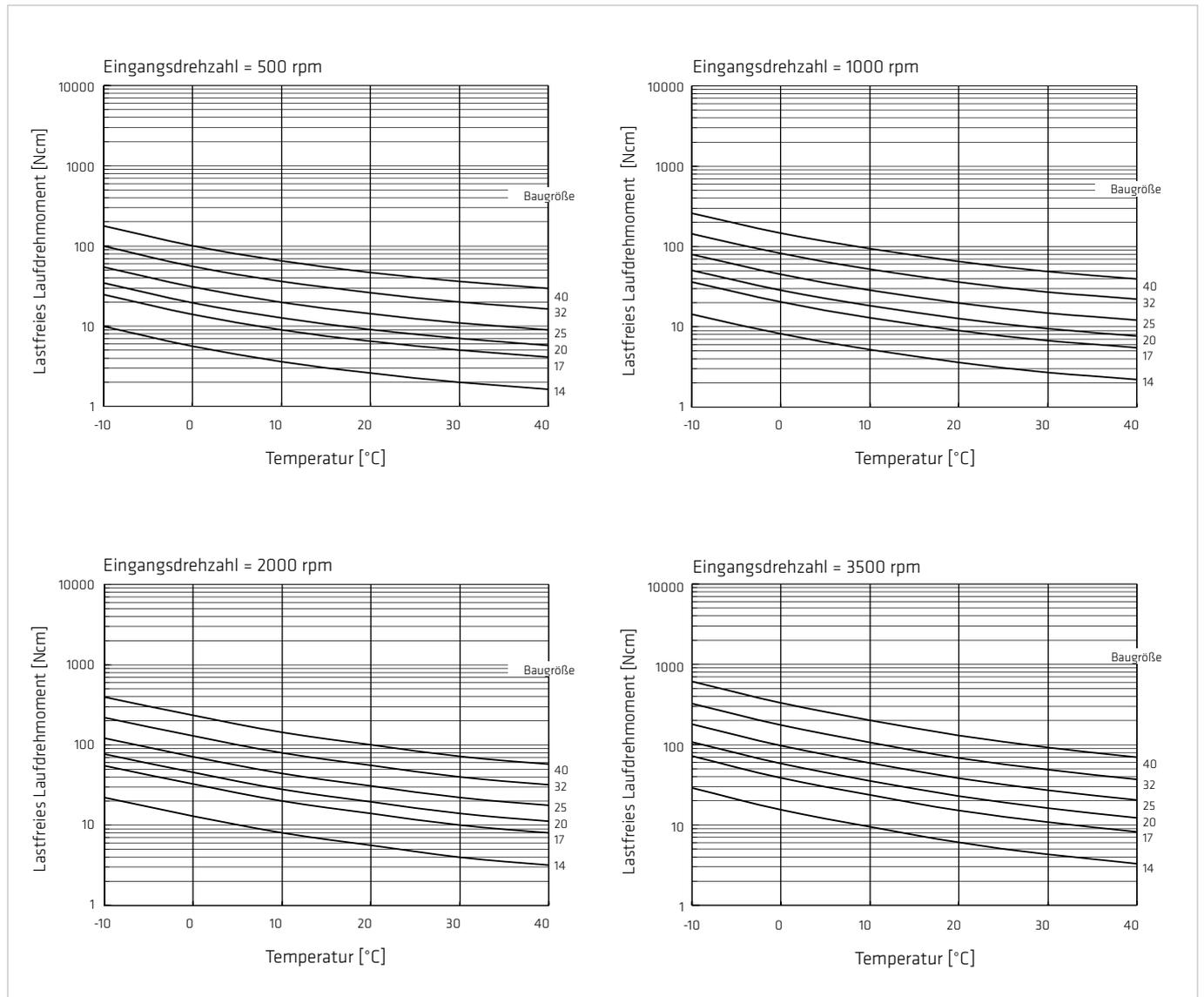
Tabelle 39.2

[Ncm]

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

Lastfreies Laufdrehmoment CPS

Abbildung 40.1



Korrekturwerte Lastfreies Laufdrehmoment CPS

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

Tabelle 40.2

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

4.5.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment

Lastfreies Anlaufdrehmoment CPM

Tabelle 41.1

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	4,1	6,1	7,8	15	31	55
80	2,8	4,0	4,9	9,2	19	35
100	2,5	3,4	4,3	8,0	18	31
120	-	3,1	3,8	7,3	15	28
160	-	-	3,3	6,3	14	24

[Ncm]

Lastfreies Anlaufdrehmoment CPH

Tabelle 41.2

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	8,8	27	36	56	85	136
80	7,5	25	33	50	74	117
100	6,9	24	32	49	72	112
120	-	24	31	48	68	110
160	-	-	31	47	67	105

[Ncm]

Lastfreies Anlaufdrehmoment CPS

Tabelle 41.3

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	5,7	9,7	14	22	41	72
80	4,4	7,2	11	15	29	52
100	3,7	6,5	9,9	14	27	47
120	-	6,2	9,3	13	24	44
160	-	-	8,6	12	23	39

4.5.3 Lastfreies Rückdrehmoment

Lastfreies Rückdrehmoment CPM

Tabelle 42.1

[Nm]

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	1,6	3,0	4,7	9,0	18	33
80	1,6	3,0	4,8	9,1	19	33
100	1,8	3,3	5,1	9,8	20	36
120	-	3,5	5,5	11	22	39
160	-	-	6,4	13	26	46

Lastfreies Rückdrehmoment CPH

Tabelle 42.2

[Nm]

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	5,3	16	22	34	51	82
80	7,2	24	31	48	70	112
100	8,2	29	38	59	86	134
120	-	34	45	69	97	158
160	-	-	59	90	128	201

Lastfreies Rückdrehmoment CPS

Tabelle 42.3

[Nm]

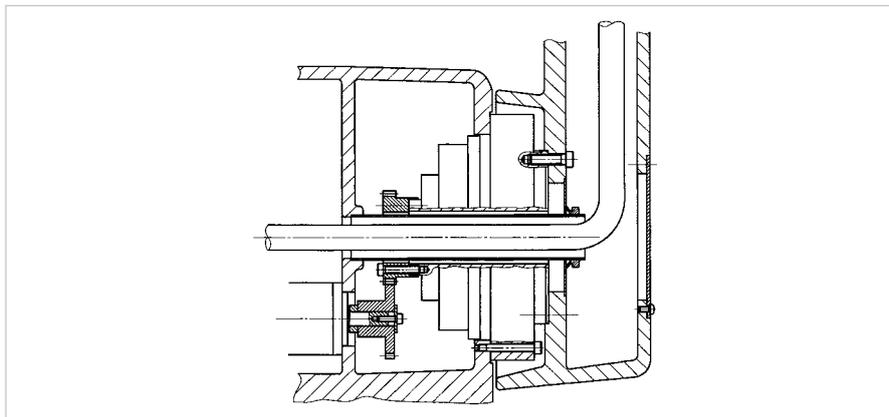
Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	3,4	5,8	8,4	13	25	43
80	4,2	6,9	10	15	28	50
100	4,5	7,8	12	17	33	56
120	-	8,9	13	19	34	63
160	-	-	17	23	43	75

4.6 Kontinuierlicher Betrieb CPH

Die Reibung der eingangsseitigen Radialwellendichtungen kann bei den Hohlwellenunits während des Betriebes zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung führen. Daher gilt für diese Units eine reduzierte „Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl“. Für den kontinuierlichen Betrieb bei Nenndrehzahl sollten die in Tabelle 43.2 genannten max. Betriebszeiten nicht überschritten werden.

Alternativ kann eine Konstruktion gemäß Abbildung 43.1 eingesetzt werden. Bei diesem Einsatzbeispiel wurden die eingangsseitigen (schnelllaufenden) Radialwellendichtungen entfernt. Einschränkungen bei der Einschaltdauer bestehen bei dieser Konstruktion nicht. Die Entfernung einer oder beider eingangsseitigen Radialwellendichtungen sollte nur dann vorgenommen werden, wenn Fett- bzw. Grundölaustritt erlaubt ist, oder wenn dies durch die Einbaulage ausgeschlossen wird.

Abbildung 43.1



Maximal zulässige Betriebszeit bei kontinuierlichem Betrieb

Tabelle 43.2

[min]

Betriebszeit	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
bei Betrieb ohne Last	90	90	90	60	45	40
bei Nenndrehmoment	60	60	60	45	35	30

Die in Tabelle 43.2 genannten Daten gelten für:

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

4.7 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 44.1 bestimmt werden.

Gleichung 44.1

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

mit:

L_{10} [h] = Lebensdauer

n_{av} [min⁻¹] = durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 44.2)

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

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 45.1)

f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 44.3)

B = Lagertyp (Tabelle 44.4)

Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit

Gleichung 44.2

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

Tabelle 44.3

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

Tabelle 44.4

Lagertyp	B
Kreuzrollenlager	10/3
Vierpunktlager	3

Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 45.1

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

mit:

- | | |
|---|--|
| F_{rav} [N] = Radialkraft (Gleichung 45.2) | x = Radialkraftfaktor (Tabelle 45.4) |
| F_{aav} [N] = Axialkraft (Gleichung 45.3) | y = Axialkraftfaktor (Tabelle 45.4) |
| d_p [m] = Teilkreis (s. Kapitel 3.3.5 Abtriebslagerung) | M = Kippmoment (Abb. 17.2) |

Gleichung 45.2

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

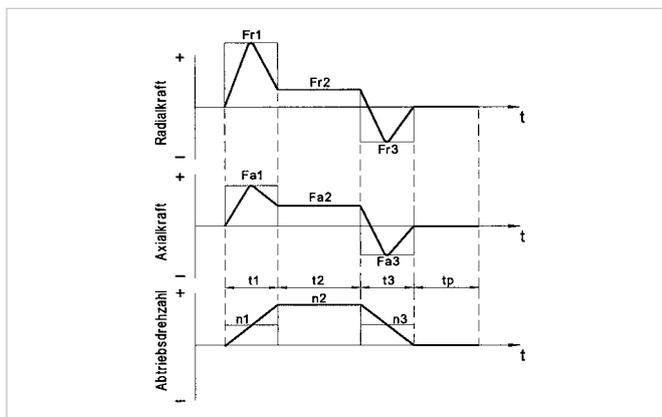
Gleichung 45.3

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

Tabelle 45.4

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 45.5



Hinweis:

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

4.7.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 46.1 berechnet.

Gleichung 46.1

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

mit:

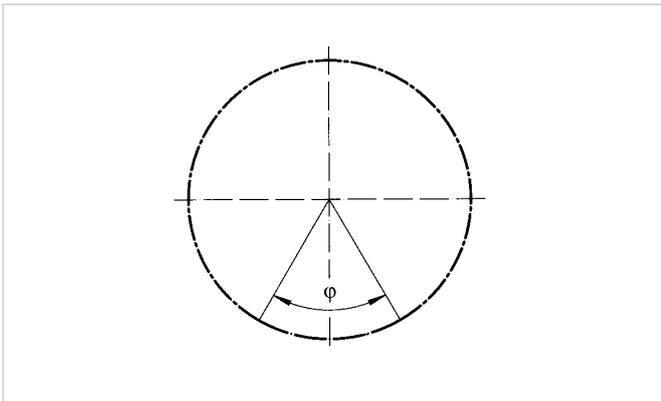
- L_{oc} [h] = Lebensdauer bei reiner Schwenkbewegung
- n_1 [cpm] = Anzahl Schwingungen/Minute*
- C [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle „Abtriebslagerung“ im entsprechenden Produktkapitel
- P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 45.1)
- φ [Grad] = Schwenkwinkel
- f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 44.3)

* eine Schwingung entspricht 2φ

Schwenkwinkel

Bei Schwenkwinkeln $< 5^\circ$ kann infolge Mangelschmierung Reibkorrosion auftreten. Wir bitten ggf. um Rücksprache. Lagertyp des gewählten Produkts siehe „Abtriebslagerung“ im entsprechenden Produktkapitel.

Abbildung 46.2



4.8 Zulässiges statisches Kippmoment

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

Gleichung 47.1

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

und so

Gleichung 47.2

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

f_s = Statischer Sicherheitsfaktor
($f_s = 1,5 \dots 3$) (Tabelle 47.3)

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 (Abb. 17.2)

M_0 = Zulässiges statisches Kippmoment (Tabelle 17.1)

Tabelle 47.3

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

4.9 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 47.4 berechnet werden:

Gleichung 47.4

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

mit:

γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager

K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers

4.10 Schmierung

Leistungsdaten und Schmierstoffe

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

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

4.10.1 Fettschmierung

Einsatz der Harmonic Drive® Schmierfette

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

Achtung!

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 48.1

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 48.2

Fett	Untersetzung = 30						
	Baugröße						
	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 49.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Schmierfetten.

Tabelle 49.1

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 50.1 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 50.1

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.

4.10.2 Ölschmierung

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

Tabelle 50.2

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

Bitte Hinweise aus 5.5.5 beachten.

4.11 Axialkräfte am Wave Generator CPM

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. 51.1. 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 51.1

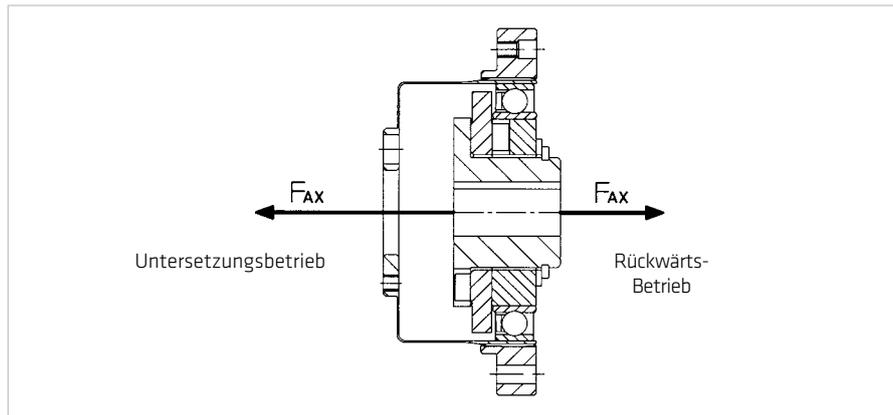


Tabelle 51.2

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32^\circ$	[Gleichung 51.3]
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 51.4]
80...160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20^\circ + 2\mu PF$	[Gleichung 51.5]

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 = 200 Nm
 Reibungskoeffizient $\mu = 0,07$

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

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

Tabelle 51.6

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 CPM

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Units sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 53.2 eingehalten werden.

Abbildung 53.1

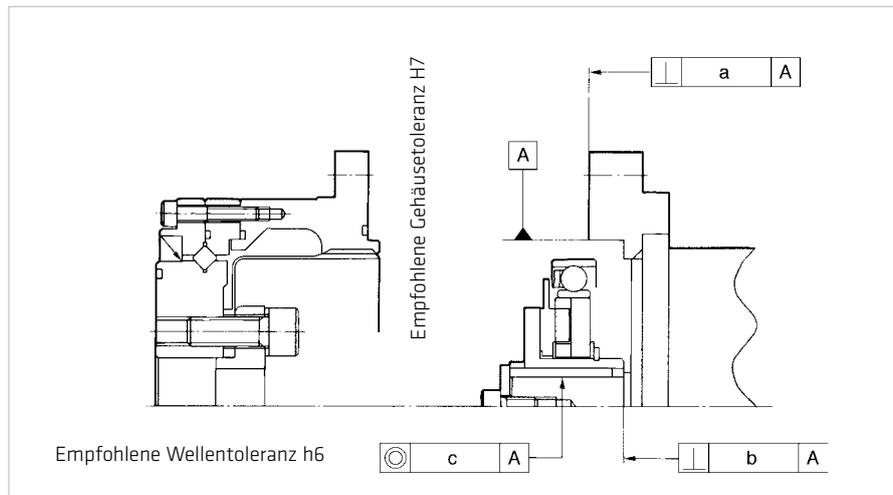


Tabelle 53.2

[mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
a	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026
b	0,017 (0,008)	0,020 (0,010)	0,020 (0,010)	0,024 (0,012)	0,024 (0,012)	0,032 (0,012)
c	0,030 (0,016)	0,034 (0,018)	0,044 (0,019)	0,047 (0,022)	0,050 (0,022)	0,063 (0,024)

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

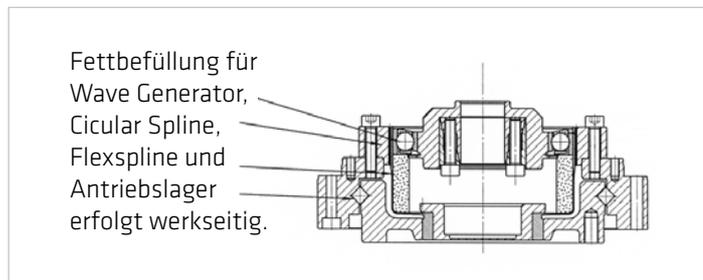
Harmonic Drive® Units werden einbaufertig geliefert. Sie sind werksseitig mit einer Lebensdauer-Fettschmierung versehen. Das eingesetzte Harmonic Drive® Hochleistungsfett ist auf die speziellen Anforderungen der Harmonic Drive® Getriebe abgestimmt. Es gewährleistet konstante Genauigkeit der Getriebe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

5.5.1 Fettschmierung CPM

Für die Schmierung der Getriebe empfehlen wir das speziell entwickelte Harmonic Drive® Fett Flexolub®-A1.

Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert. Abb. 54.1 zeigt die bei Anlieferung von Standardgetrieben fertig geschmierten Bereiche. Wenn nichts anderes vereinbart wurde, sind die Units mit dem Fett Flexolub®-A1 gefettet. Beim Einsatz eines anderen Fettes ist der Fett-Typ auf der Kundenzeichnung vermerkt.

Abbildung 54.1



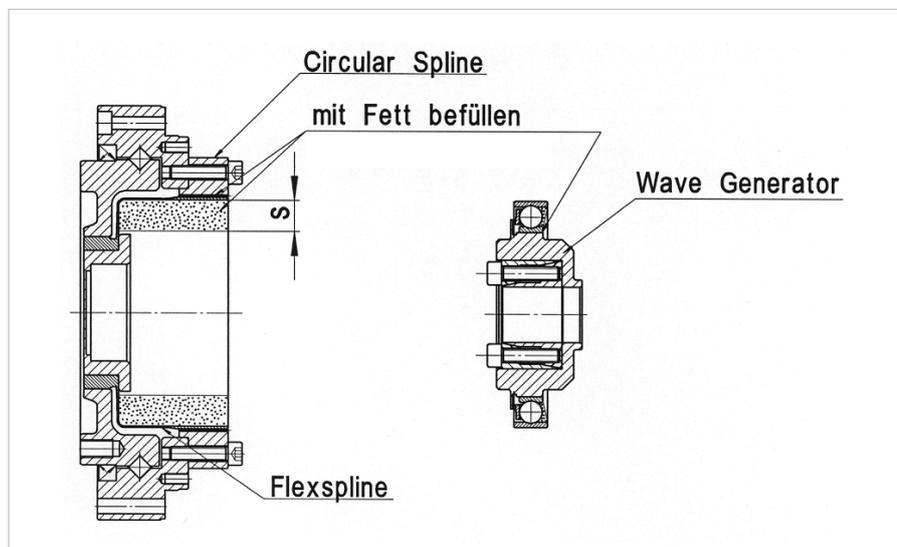
5.5.2 Fettmenge CPM

Tabelle 54.2

[mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
s	3	4	5	6	8	10

Abbildung 54.3



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 Getriebe Lebensdauer empfehlen wir, bei der Montage der Unit eine zusätzliche Fettmenge im Fettreservoir zwischen Wave Generator und Lagerschild des Motors zu platzieren, s. Abb. 55.3. Diese zusätzliche Fettmenge wird in separater Verpackung mitgeliefert.

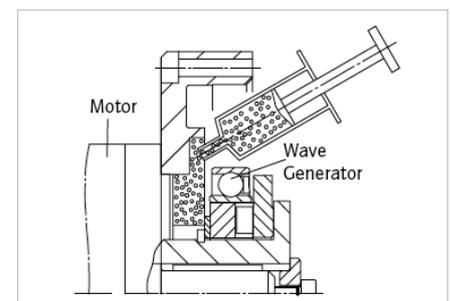
Tabelle 55.1

Baugröße		14	17	20	25	32	40
Standard Fettmenge (in Getriebe der Unit bei Anlieferung enthalten)	ca. [g]	5,5	10	16	40	60	130
	ca. [cm ³]	6	11	18	44	66	143
Empfohlene zusätzliche Fettmenge für Fettreservoir (wird in separater Verpackung mitgeliefert)	ca. [g]	2	3	4	6	14	27
	ca. [cm ³]	2	3	4	7	16	30

Tabelle 55.2

Bestellbezeichnung für Schmierfett	Verfügbare Gebinde
Spezialfett Flexolub®-A1	1,0; 25

Abbildung 55.3

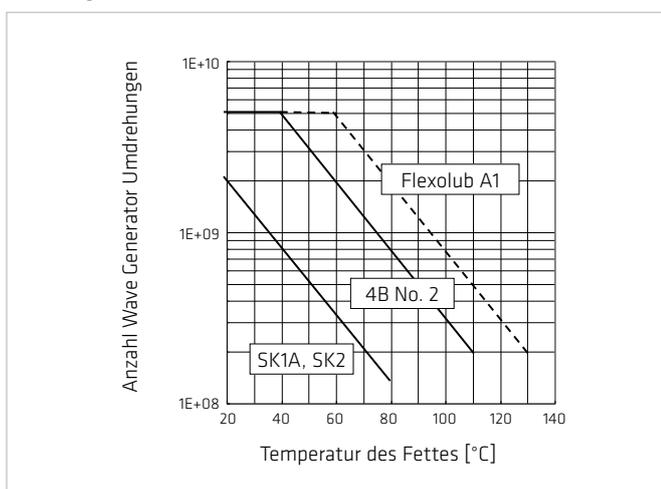


5.5.4 Fettwechsel

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. 55.4 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 Antriebseslementes kann ermittelt werden. Zum Beispiel bei Einsatz von SK-1A oder SK-2 Fett sollte gemäß dem Beispiel bei einer Temperatur von 40 °C ein Fettwechsel nach etwa 8,5 x 10⁸ Umdrehungen des Antriebseslementes stattfinden.

Abbildung 55.4



Gleichung 55.5

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

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

L_{CTn} = 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 auf Seite 50. 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 50.2 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 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 CPM

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 42955 R einzuhalten.

Zwischenflansch CPM

Die Eigenschaften der CPM Units werden bei Beachtung der Abmessungen und Toleranzen der Tabelle 57.1 und Abb. 58.1 optimal genutzt.

Tabelle 57.1

Baugröße	14	17	20	25	32	40
$\varnothing D$	16	26	30	37	37	45
$\varnothing F$	36,5	47	53	66	86	106
$\varnothing G_{-0,1}$	37,5	48	55,5	69	90,5	110
$H^{+0,1}$	6,5	7	8	10,5	14,5	18
$J^{+0,1}$	9,5	10	11	14,5	19,5	24
N	1	1,5	1,5	1,5	2	2
$\varnothing P H7$	60	72	82	96	125	154
$\varnothing R$	50 ^{+0,027}	60 ^{+0,034}	70 ^{+0,036}	85 ^{+0,050}	110 ^{+0,055}	135 ^{+0,065}
S	2,5	3	3	5	6,5	11
$T^{+0,1}$	4,3	6,3	6,9	7,8	9,8	10,3
$U^{+0,1}$	10,5	13	14,6	18	24	28
$V^{+0,1}$	13,5	16	17,6	22	29	34
$\varnothing W^{+0,1}$	50,4	60,4	70,4	85,4	110,4	135,4
$\varnothing b$	68	78	88	105	135	165
$\varnothing c$	2,9	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5
$\varnothing d$	55	66	76	91	118	144
e	M2,5	M2,5	M2,5	M3	M4	M5
$f_{-0,1}$	1	1,3	1,3	1,3	1,3	2
$g_{-0,1}$	0,7	1	1	1	1	1,7
x	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063
y	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050
z	0,030 (0,016)	0,034 (0,018)	0,044 (0,019)	0,047 (0,022)	0,050 (0,022)	0,063 (0,024)

Alle Tabellenwerte gelten für an den Motor montierte Zwischenflansche. 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 Verbindung des Wave Generators mit der Motorwelle ohne Oldham Kupplung (Option) sollten die Motorwellentoleranzen der DIN 42955 R entsprechen.

Abbildung 58.1

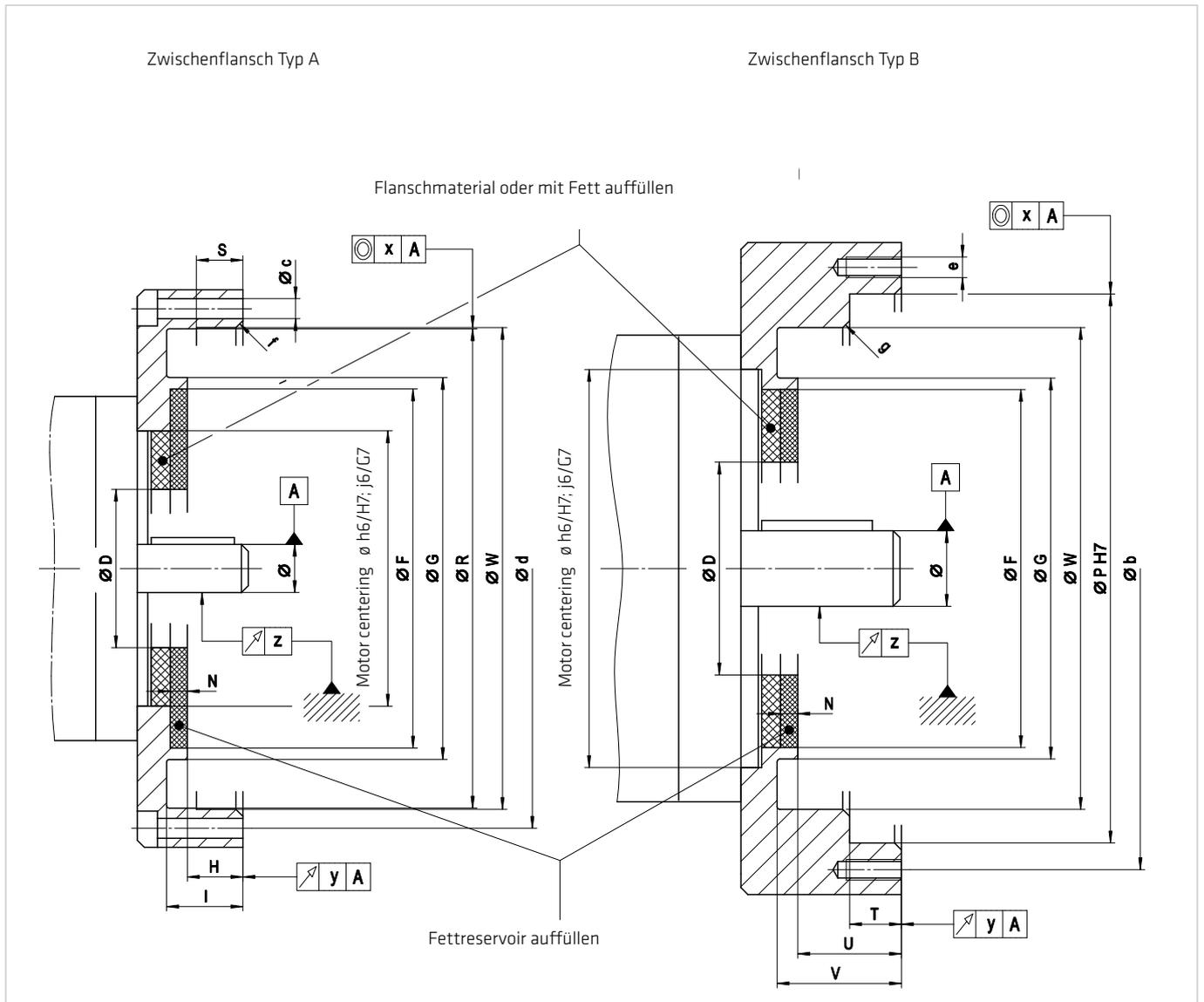
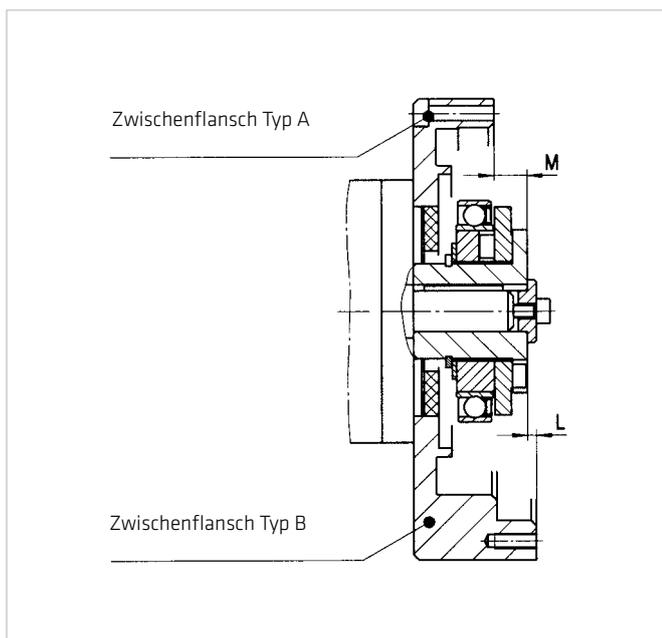


Abbildung 58.2



Die vorgeschriebene axiale Position des Standard Wave Generators ist in der Kundenbestätigungszeichnung vorgegeben. Beim Einsatz eines Solid Wave Generators (Option) gelten die in der spezifischen Bestätigungszeichnung angegebenen Daten.

Montage Units CPM

Bei der Montage sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen möglich, siehe Abb. 59.3 und 59.4.

Abbildung 59.1 **Zwischenflansch Typ A**

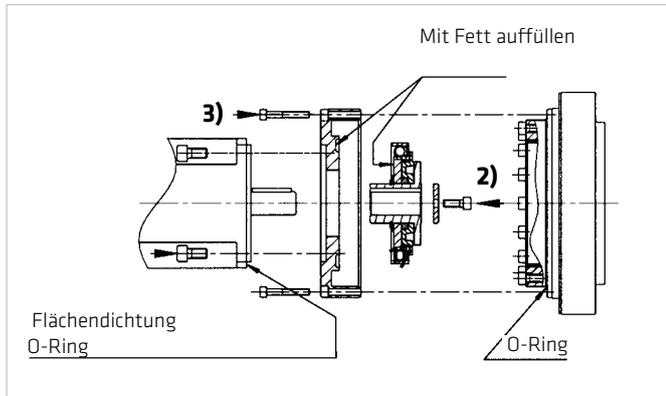


Abbildung 59.2 **Zwischenflansch Typ B**

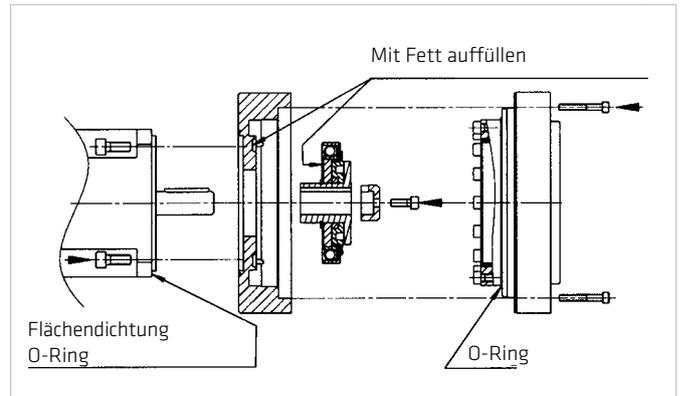
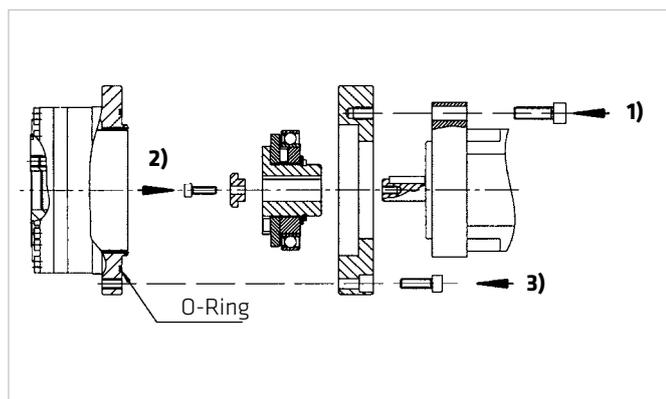


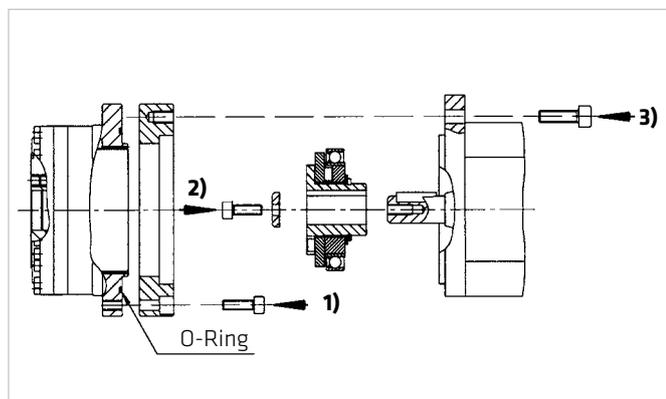
Abbildung 59.3



Montageschritte gemäß Abb. 59.1:

- 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 59.4



Montageschritte gemäß Abb. 59.2:

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

Adaptionsbeispiele Units CPM

Gehäuse

Abbildung 60.1

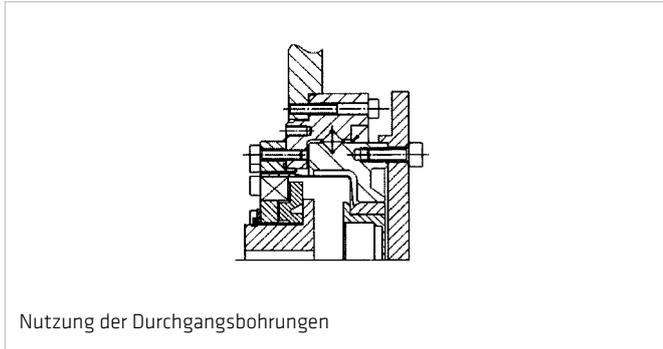


Abbildung 60.2

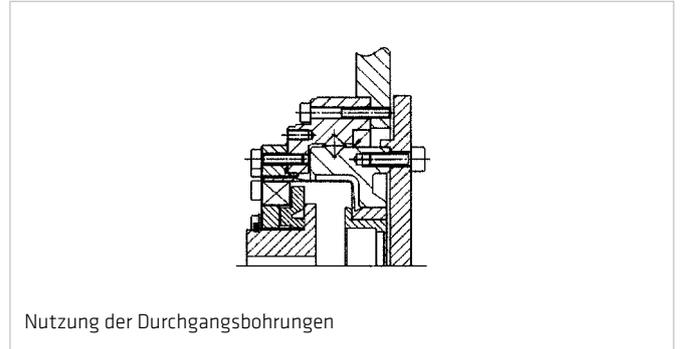
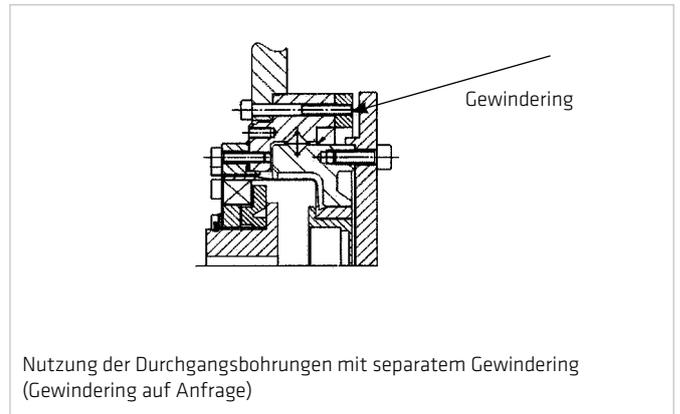


Abbildung 60.3



Abbildung 60.4



Motor

Abbildung 60.5

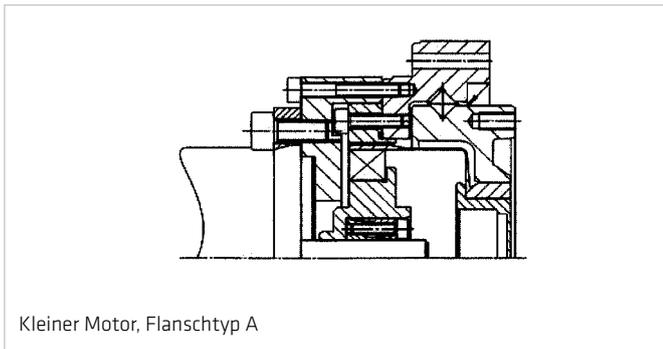
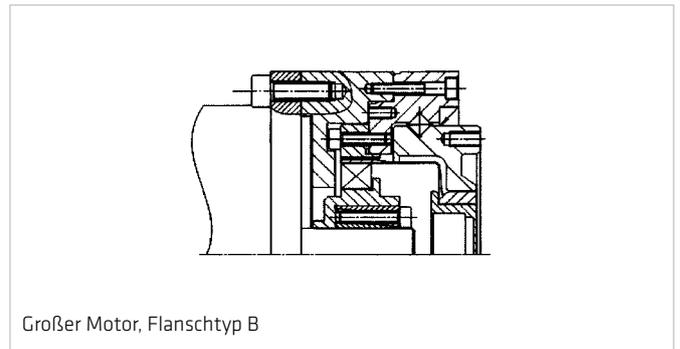
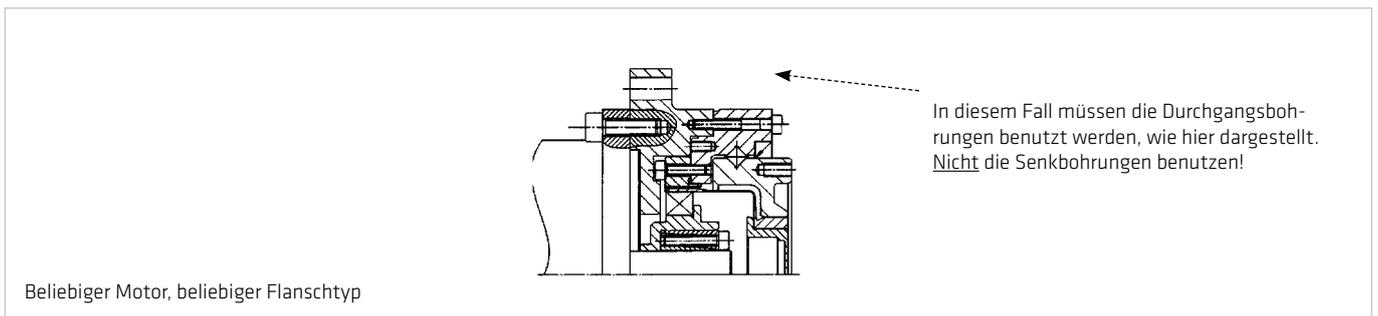


Abbildung 60.6



Individuelle Adaption für Gehäuse und Motor

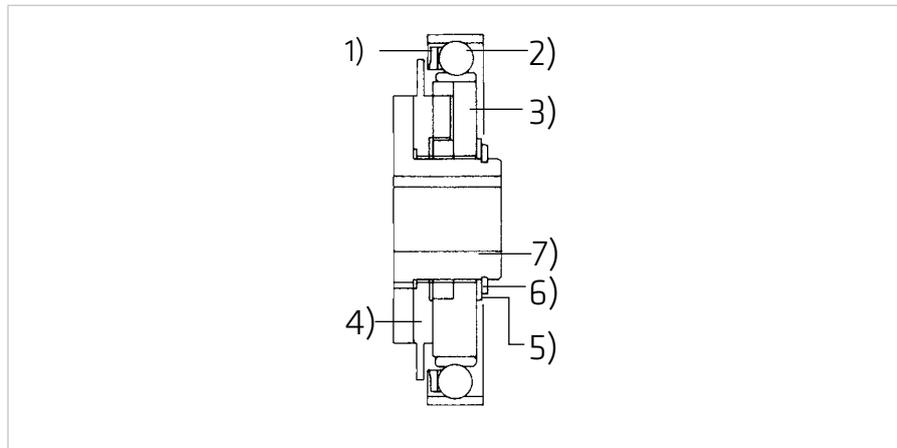
Abbildung 60.7



5.7.2 Montage Wave Generator Komponenten CPM

Abb. 61.1 zeigt einen Standard Wave Generator mit Oldham Kupplung.

Abbildung 61.1



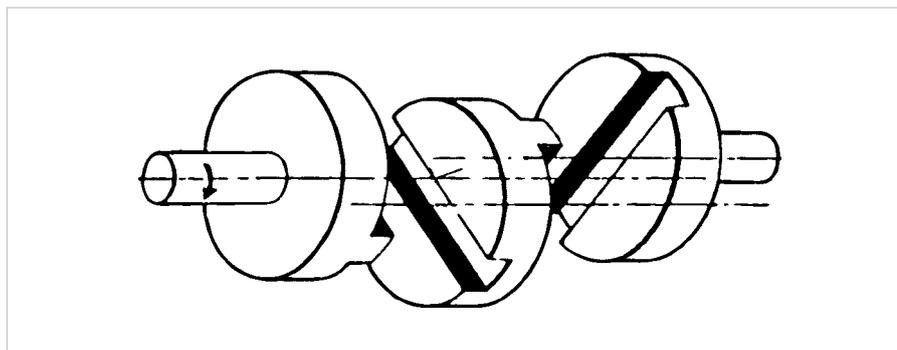
- 1) Lagerkäfig
- 2) Wave Generator Lager
- 3) Wave Generator Plug
- 4) Insert
- 5) Distanzscheibe
- 6) Sicherungsring
- 7) Wave Generator Hub

Modifikationen des Wave Generators

CPM Units haben zur Kompensation von Rundlauffehlern der Motorwelle standardmäßig eine Oldham Kupplung, siehe Abb. 61.2.

Prinzip der Oldham Kupplung

Abbildung 61.2



Maximaler Bohrungsdurchmesser für CPM

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 62.2 angegeben. Beim Einsatz eines Solid Wave Generators werden erhöhte Anforderungen an die Gehäuse- und Wellentoleranzen gestellt, siehe Kapitel „Montagetoleranzen“.

Abbildung 62.1

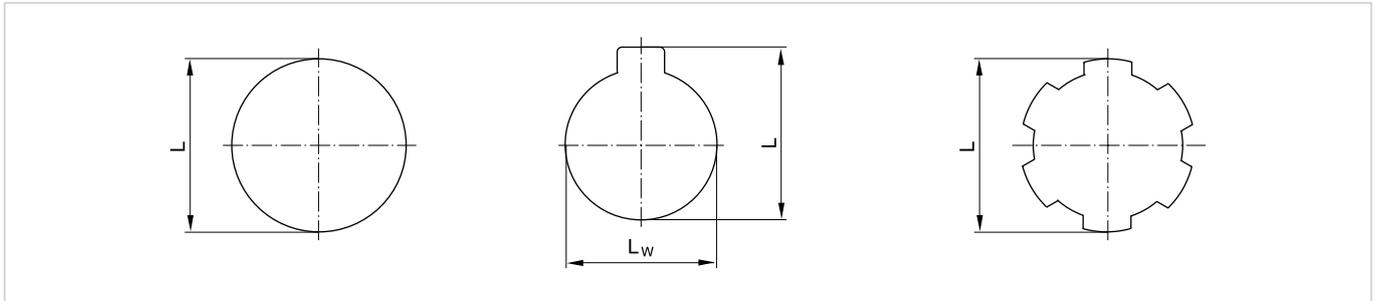


Tabelle 62.2

[mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
L_w für Passfeder DIN 6885 T1	12	13	17	22	28	34
L	17	20	23	28	36	42

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

Die Units CPM 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 63.1

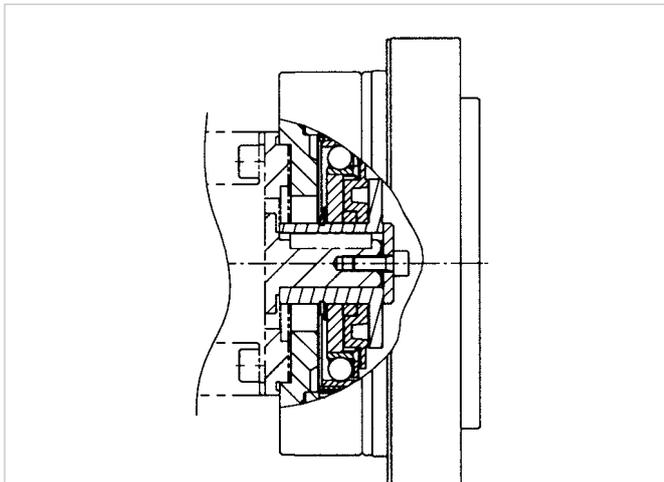
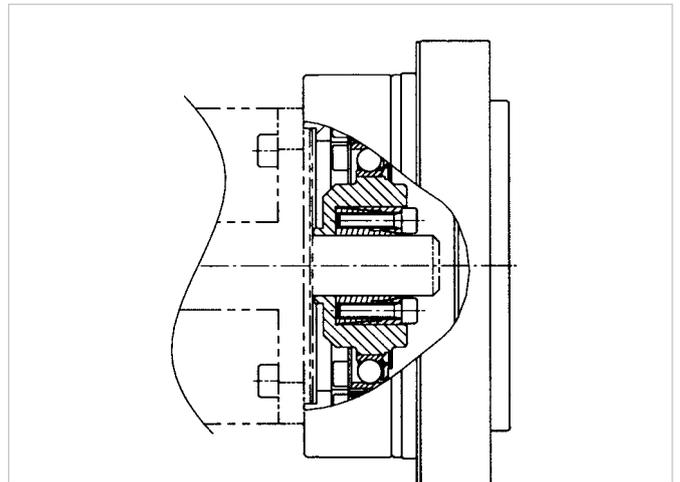


Abbildung 63.2



Beim Einsatz von Schrittmotoren und bei größeren Wellendurchmessern empfehlen wir einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung zu verwenden. Abb. 63.1 zeigt die Standardvariante mit Oldham-Kupplung und Passfeder.

Abb. 63.2 zeigt einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung (Solid Wave Generator), der mittels Spannsatz auf der Motorwelle montiert ist.

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

5.7.4 Prüfung von dem Fügen des Wave Generator CPM

- 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. 54.3 geschmiert sind. Bei Ölschmierung die in der Maschinenzeichnung vorgeschriebene Ölmenge einfüllen.

5.7.5 Fügen des Wave Generators in den Flexspline CPM

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

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

Montage der Baugruppe Motor/ Adapterflansch an die Unit

O-ring montieren. Eventuell mit Montagepaste oder Fett fixieren. Die vormontierte Baugruppe, bestehend aus Motor/Wave Generator/ Zwischenflansch, mit der Unit zusammenfügen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Komponenten während des Fügens nicht verkantet sind. Durch paralleles Fügen wird sichergestellt, dass die Verzahnungen von Flexspline und Circular Spline in symmetrischen Eingriff kommen.

Die Montage muss grundsätzlich ohne Gewalteinwirkung erfolgen.

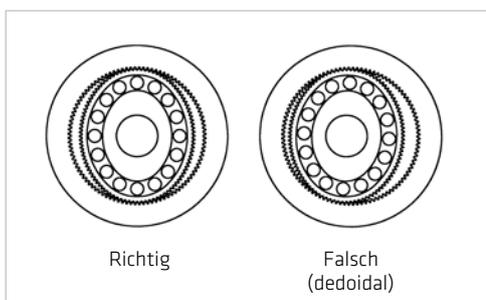
5.7.6 Überprüfen der richtigen Montage CPM

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 64.1



5.7.7 Montage des Abtriebsflansches

Tabelle 65.1

Baugröße	14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben	12	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben	M3	M4	M4	M5	M6	M8
Teilkreisdurchmesser [mm]	43	52	62	76	96	118
Anzugsmoment der Schraube [Nm]	2,3	5,1	5,1	10	17,4	42,2
Übertragbares Drehmoment ¹⁾ [Nm]	85	188	228	463	847	1964

5.7.8 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 65.2

Baugröße	14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben	8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben	M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser [mm]	68	80	89	105	135	168
Anzugsmoment der Schraube [Nm]	2,3	2,3	2,3	5,1	10	17,4
Übertragbares Drehmoment ¹⁾ [Nm]	89	158	177	378	805	1482

¹⁾ Die Tabellen sind gültig für vollständig entfettete Anschlussflächen (Reibungskoeffizient $\mu_k = 0,15$) und metrischem Zylinderschrauben nach EN ISO 4762 in Qualität 12.9, unbehandelt, geölt, mit $\mu_{ges} = 0,12$.

Gehäuse und Abtriebsflansch wie Tab. 65.1 und 65.2 montieren. Antrieb ist kundenseitig unter Berücksichtigung der Antriebslagerung auszulegen.

5.7.9 Montage der Eingangswelle CPH

Tabelle 65.3

Baugröße	14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben	3	3	6	6	6	6
Größe der Schrauben	M3	M3	M3	M3	M3	M4
Anzugsmoment der Schraube [Nm]	3	3	3	3	3	5,1

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 $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

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 Nennmoment 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) $k_{T_{out}}$ [Nm/A_{eff}]

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

Drehmomentkonstante (Motor) k_{T_M} [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_{Br} [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]

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

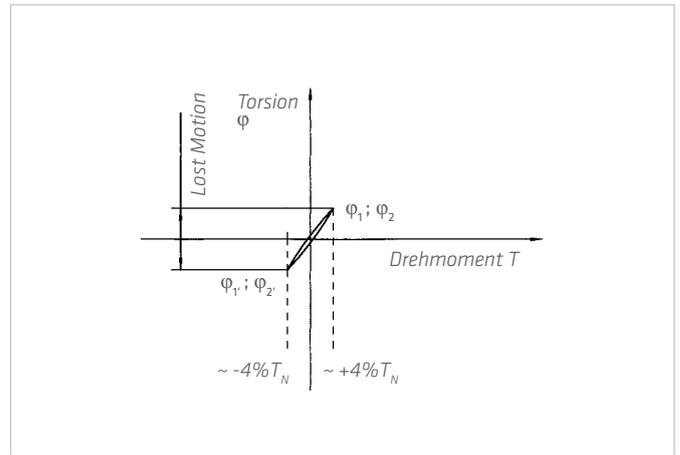
Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]

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. $\pm 4\%$ des Nenndrehmomentes des Getriebes durchgeführt.



Massenträgheitsmoment J [kgm²]

Massenträgheitsmoment des Rotors.

Massenträgheitsmoment J_{in} [kgm²]

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

Massenträgheitsmoment J_{out} [kgm²]

Massenträgheitsmoment bezogen auf den Abtrieb.

Maximale Antriebsdrehzahl (Fettschmierung) n_{in(max)} [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 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 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
HPC, HPCP, HPN	3000

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.

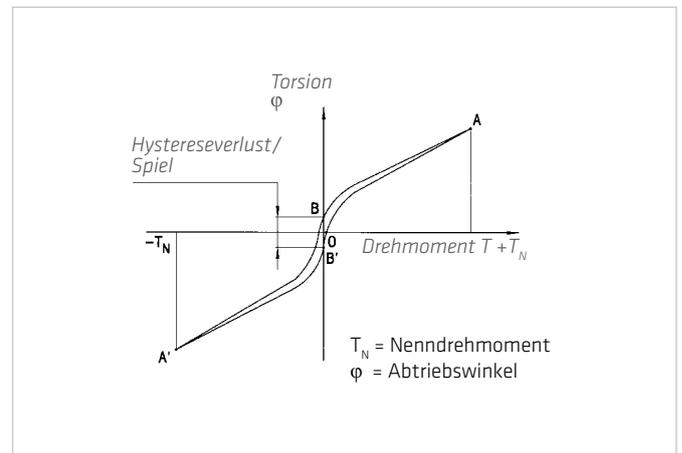
Schutzart IP

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 Nenn Drehmoment 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 Motorstroms zur Erzeugung des Stillstands Drehmomentes.

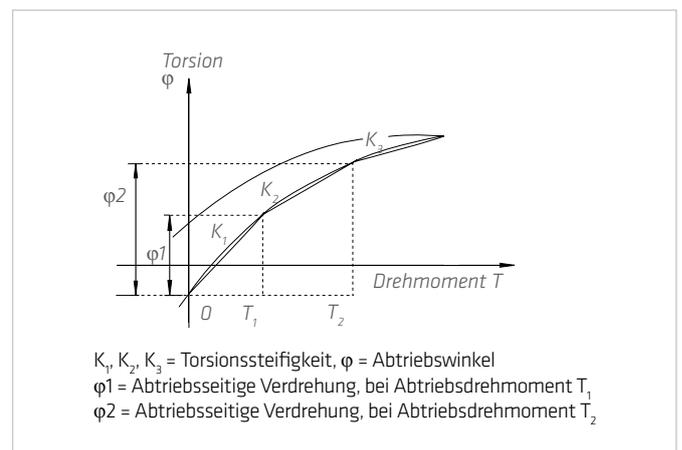
Teilkreisdurchmesser d_p [mm]

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.

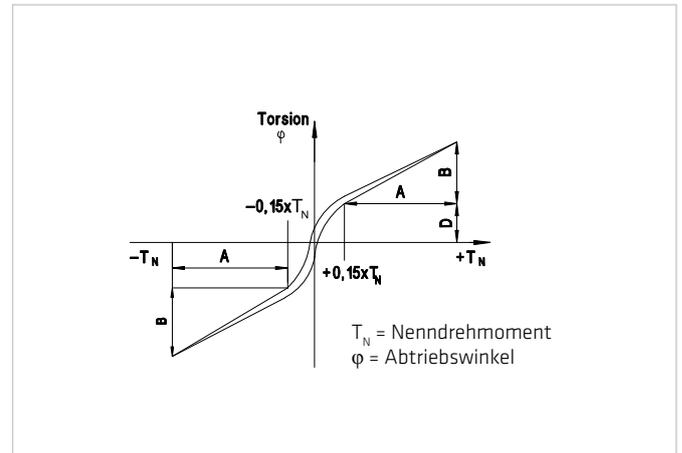
Der angegebene Wert für die Torsionssteifigkeit K_3 ist ein Durchschnittswert, der während zahlreicher Tests ermittelt wurde. Die Grenzdrehmomente T_1 und T_2 sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in Kapitel 3 und 4 dieser Dokumentation zu finden.



K_1, K_2, K_3 = Torsionssteifigkeit, φ = Abtriebswinkel
 φ_1 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T_1
 φ_2 = 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.

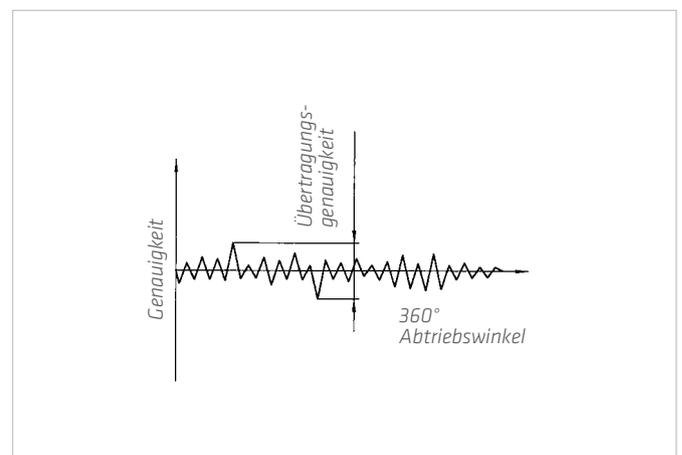
Untersetzung i []

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.

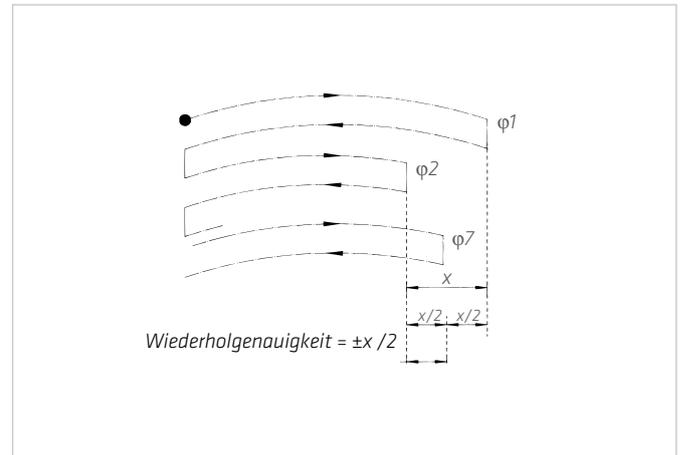


Wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]

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 \pm Zeichen.



Widerstand (L-L, 20 °C) R_{L-L} [Ω]

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

7.2 Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen

CE-Kennzeichnung

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



REACH-Verordnung

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



RoHS EG-Richtlinie

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





Deutschland
Harmonic Drive AG
Hoenbergstraße 14
65555 Limburg/Lahn

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

info@harmonicdrive.de
www.harmonicdrive.de



Technische Änderungen vorbehalten.