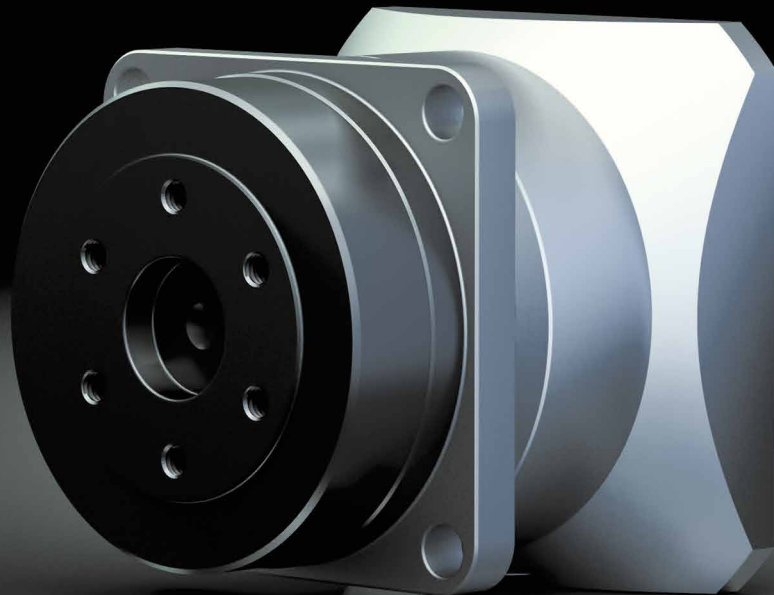


Projektierungsanleitung  
Harmonic Planetengetriebe HPGP



Harmonic  
Drive AG



QUICKLINK  
[www.harmonicdrive.de/2120](http://www.harmonicdrive.de/2120)

*...just move it!*

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>03</b>
1.1	Erläuterung der verwendeten Symbolik.....	04
1.2	Haftungsausschluss und Copyright.....	04
<b>2.</b>	<b>Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise .....</b>	<b>05</b>
2.1	Gefahren.....	05
2.2	Bestimmungsgemäße Verwendung .....	06
2.3	Nicht bestimmungsgemäße Verwendung.....	06
2.4	Konformitätserklärung.....	07
<b>3.</b>	<b>Technische Beschreibung .....</b>	<b>08</b>
3.1	Produktbeschreibung .....	08
3.2	Bestellbezeichnungen .....	09
3.3	Technische Daten.....	10
3.3.1	Allgemeine technische Daten.....	10
3.3.2	Abmessungen .....	11
3.3.3	Genauigkeit .....	14
3.3.4	Torsionssteifigkeit .....	14
3.3.5	Lagerung.....	14
3.3.6	Gehäusetoleranz HPG .....	16
3.3.7	Verwendete Materialien .....	16
<b>4.</b>	<b>Antriebsauslegung .....</b>	<b>17</b>
4.1	Auslegung von Harmonic Planetengetrieben .....	17
4.2	Berechnung des Torsionswinkels.....	19
4.3	Lastabhängiger Wirkungsgrad .....	20
4.3.1	Wirkungsgradberechnung .....	20
4.3.2	Wirkungsgrad Tabellen .....	21
4.4	Lastfreie Drehmomente.....	22
4.5	Abtriebslager – Lebensdauer.....	23
4.5.1	Abtriebslager bei Schwenkbewegungen .....	25
4.6	Zulässiges statisches Kippmoment .....	26
4.7	Kippwinkel.....	26
4.8	Schmierung.....	27
<b>5.</b>	<b>Installation und Betrieb .....</b>	<b>27</b>
5.1	Transport und Lagerung .....	27
5.2	Anlieferungszustand .....	27
5.3	Montagehinweise .....	27
5.4	Konstruktionshinweise .....	28
5.4.1	Vorbereitung.....	28
5.5	Montage.....	29
5.5.1	Motoranbau.....	29
5.5.2	Montage des Antriebsflansches .....	30
5.5.3	Montage des Gehäuseflansches .....	30
<b>6.</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>31</b>
6.1	Technische Daten.....	31
6.2	Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen.....	37

## 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](http://www.harmonicdrive.de)

### **Fremdsysteme**

Dokumentationen für externe, mit Harmonic Drive® Komponenten verbundene Systeme sind nicht Bestandteil des Lieferumfangs und müssen von diesen Herstellern direkt angefordert werden.











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

### **Ihr Feedback**

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

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

## 1.1 Erläuterung der verwendeten Symbolik

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

## 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

# Leistungsgesteigerte Permanent Precision®

Die Planetengetriebe der Baureihe HPGP sind erhältlich in sechs Baugrößen mit Untersetzungen von 4 bis 45 bei einem wiederholbaren Spitzendrehmoment zwischen 10 und 2920 Nm. Das kippsteife Abtriebslager ermöglicht die direkte Anbringung hoher Nutzlasten ohne weitere Abstützung und erlaubt so eine einfache und platzsparende Konstruktion.

Planetengetriebe der leistungsgesteigerten Baureihe HPGP gibt es in drei Versionen: mit Abtriebsflansch, mit glatter Abtriebswelle sowie mit Abtriebswelle und Passfeder.

Für den kompakten Anbau können Standardservomotoren genutzt werden. Unit und Motor bilden zusammen eine kompakte und leichte Einheit, die schnell hohe Lasten aufnehmen kann. Stabile Maschineneigenschaften mit kurzen Taktzeiten sind garantiert.



## 3.2 Bestellbezeichnungen

Tabelle 9.1

Baureihe	Baugröße	Untersetzung						Version	Motoradaptionscode	Spielklasse	Sonderausführung	
HPGP	11A		5			21	37	45	FO, J20, J60		BL3	Nach Kundenanforderung
	14A		5	11	15	21	33	45	Abhängig vom Motortyp	BL1 BL3		
	20A		5	11	15	21	33	45				
	32A		5	11	15	21	33	45				
	50A		5	11	15	21	33	45				
	65A	4	5	12	15	20	25					
Bestellbezeichnung												
<b>HPGP - 14A - 11 - FO - E14.20 - BL1 - SP</b>												

Tabelle 9.2

Abtrieb	
Bestellbezeichnung	Beschreibung
FO	Abtriebsflansch
J2/J20	Abtriebswelle ohne Passfeder
J6/J60	Abtriebswelle mit Passfeder

Tabelle 9.3

Spielklasse	
Bestellbezeichnung	Spiel
BL1	≤ 1 arcmin
BL3	≤ 3 arcmin

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

## 3.3 Technische Daten

### 3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 10.1

	Einheit	HPGP-11				HPGP-14					
		5	21	37	45	5	11	15	21	33	45
Untersetzung	$i$ [ ]	5	21	37	45	5	11	15	21	33	45
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	10	13	13	13	30	30	30	30	30	30
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	6,7	8,0	8,0	8,0	17	20	20	20	20	20
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	3,4	4,6	4,6	4,6	7,8	10	12	12	13	13
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	20	20	20	20	56	56	56	56	56	56
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	10000				6000					
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3000				3000					
Massenträgheitsmoment mit Abtriebsflansch (F0)	$J_{in}$ [x10 <sup>-6</sup> kgm <sup>2</sup> ]	0,24	0,18	0,07	0,05	1,7	1,8	1,6	0,90	0,29	0,27
Massenträgheitsmoment mit Abtriebswelle (Jx)	$J_{in}$ [x10 <sup>-6</sup> kgm <sup>2</sup> ]	0,40	0,19	0,07	0,05	2,3	1,9	1,7	0,93	0,30	0,28
Gewicht mit Abtriebsflansch (F0)	$m$ [kg]	0,14	0,20			0,42	0,51				
Gewicht mit Abtriebswelle (Jx)	$m$ [kg]	0,18	0,24			0,54	0,63				
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	< 5				< 4					
Wiederholgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,5				< ±0,35					
Spiel	[arcmin]	≤ 3				≤ 3 oder ≤ 1					
Torsionssteifigkeit	$K_3$ [x10 <sup>3</sup> Nm/rad]	2,2				4,7					
Umgebungstemperatur (Betrieb)	[°C]	0 ... 40				0 ... 40					
<b>Abtriebslager</b>											
Dynamische Radiallast	$F_{R dyn(max)}$ [N]	280	440	520	550	470	600	650	720	830	910
Dynamische Axiallast	$F_{A dyn(max)}$ [N]	430	660	780	830	700	890	980	1080	1240	1360
Dynamisches Kippmoment	$M_{dyn(max)}$ [Nm]	9,5				32,3					

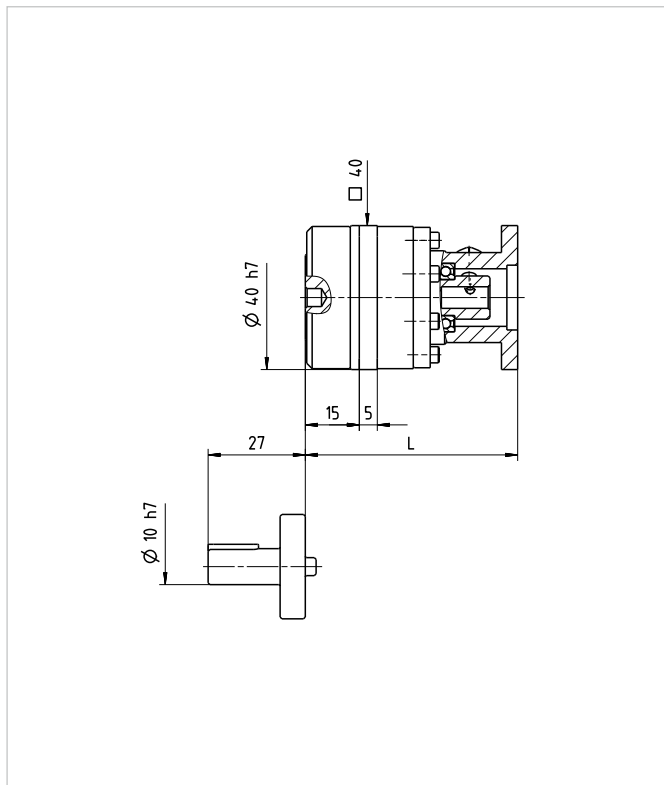
Tabelle 10.2

	Einheit	HPGP-20						HPGP-32					
		5	11	15	21	33	45	5	11	15	21	33	45
Untersetzung	$i$ [ ]	5	11	15	21	33	45	5	11	15	21	33	45
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	133	133	133	133	133	133	400	400	400	400	400	400
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	47	60	70	73	80	80	200	226	226	226	266	266
Nennendrehmoment	$T_N$ [Nm]	21	26	32	33	39	39	87	104	122	130	143	143
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	217	217	217	217	217	217	650	650	650	650	650	650
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	6000						6000					
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	3000						3000					
Massenträgheitsmoment mit Abtriebsflansch (F0)	$J_{in}$ [x10 <sup>-6</sup> kgm <sup>2</sup> ]	16	17	15	7,1	2,9	2,2	80	100	74	35	17	12
Massenträgheitsmoment mit Abtriebswelle (Jx)	$J_{in}$ [x10 <sup>-6</sup> kgm <sup>2</sup> ]	20	17	16	7,3	3,0	2,3	110	110	77	37	17	12
Gewicht mit Abtriebsflansch (F0)	$m$ [kg]	1,2	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	3,0	3,7	3,7	3,7	4,0	3,7
Gewicht mit Abtriebswelle (Jx)	$m$ [kg]	1,6	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	4,4	5,1	5,1	5,1	5,4	5,1
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	< 4						< 4					
Wiederholgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,25						< ±0,25					
Spiel	[arcmin]	≤ 3 oder ≤ 1						≤ 3 oder ≤ 1					
Torsionssteifigkeit	$K_3$ [x10 <sup>3</sup> Nm/rad]	18						74					
Umgebungstemperatur (Betrieb)	[°C]	0 ... 40						0 ... 40					
<b>Abtriebslager</b>													
Dynamische Radiallast	$F_{R dyn(max)}$ [N]	980	1240	1360	1510	1729	1890	1900	2410	2640	2920	3340	3670
Dynamische Axiallast	$F_{A dyn(max)}$ [N]	1460	1850	2030	2250	2580	2830	2830	3590	3940	4360	4990	5480
Dynamisches Kippmoment	$M_{dyn(max)}$ [Nm]	183						452					

### 3.3.2 Abmessungen

Abbildung 11.1

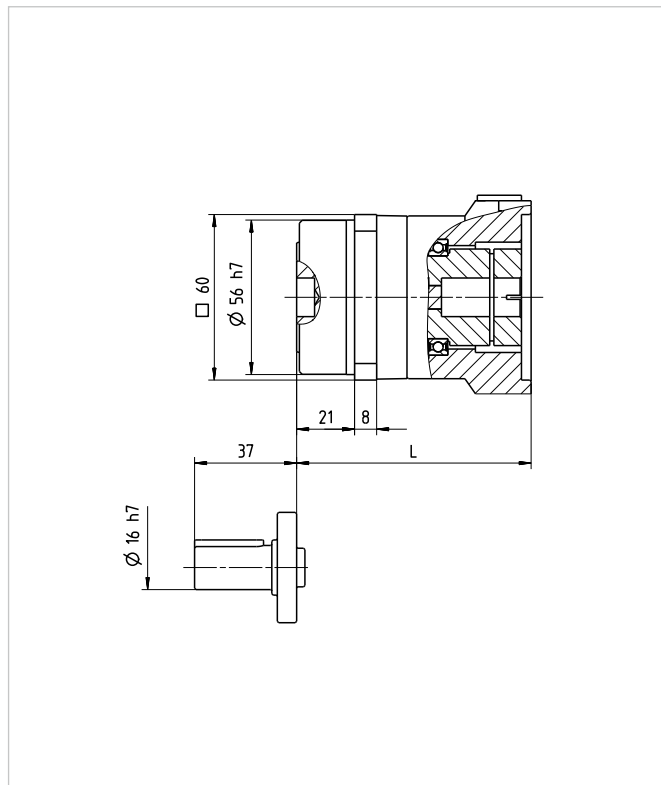
HPGP-11 [mm]



<sup>1)</sup> L = Abhängig vom Motortyp

Abbildung 11.2

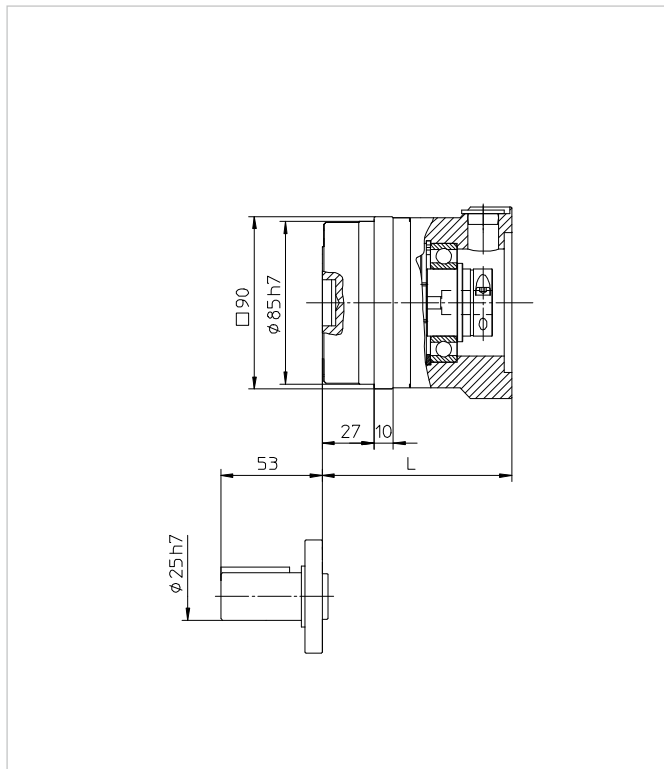
HPGP-14 [mm]



<sup>1)</sup> L = Abhängig vom Motortyp

Abbildung 11.3

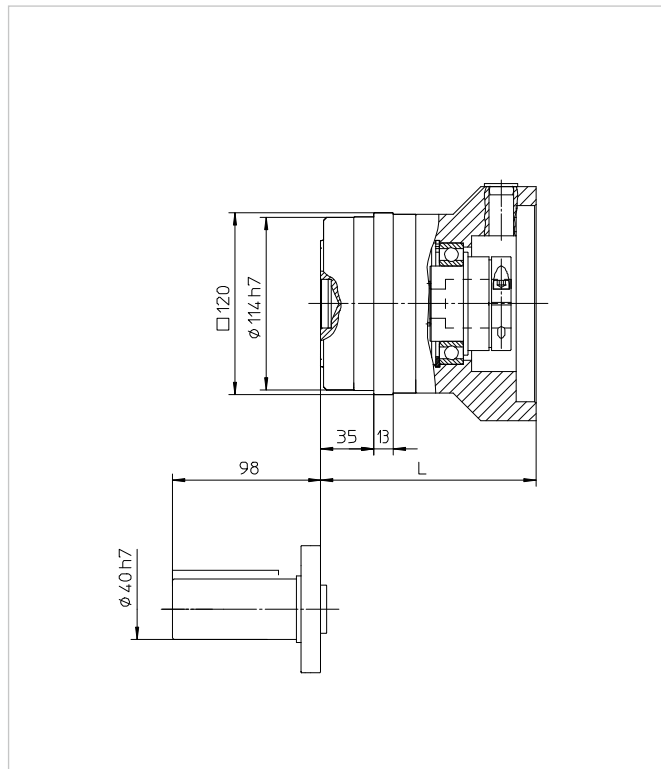
HPGP-20 [mm]



<sup>1)</sup> L = Abhängig vom Motortyp

Abbildung 11.4

HPGP-32 [mm]



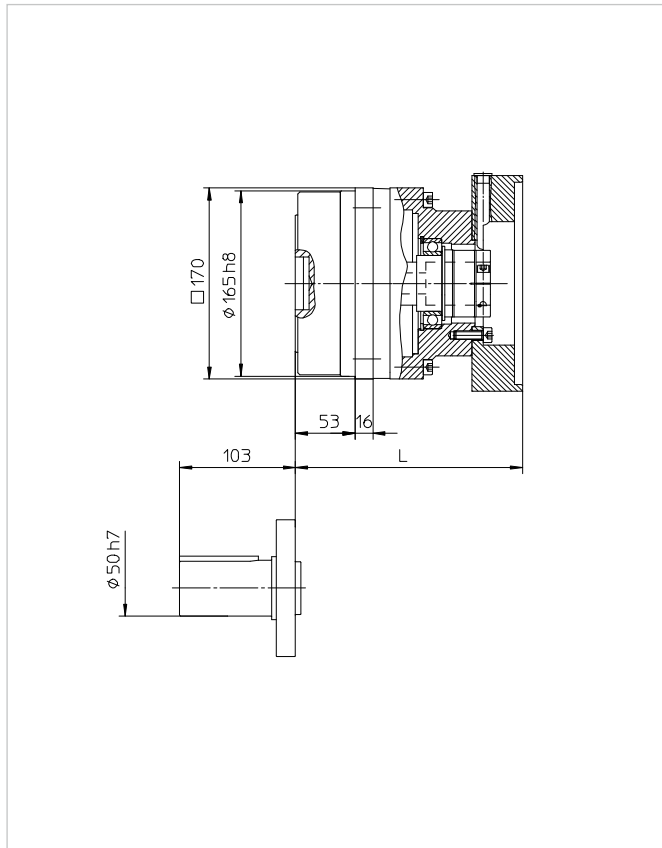
<sup>1)</sup> L = Abhängig vom Motortyp

Tabelle 12.1

	Einheit	HPGP-50						HPGP-65					
		5	11	15	21	33	45	4	5	12	15	20	25
Untersetzung	$i$ [ ]	5	11	15	21	33	45	4	5	12	15	20	25
Wiederholbares Spitzendrehmoment	$T_R$ [Nm]	1130	1130	1130	1130	1130	1130	2920	2920	2920	2920	2920	2920
Durchschnittsdrehmoment	$T_A$ [Nm]	452	532	600	665	665	665	1200	1330	1460	1730	2000	2000
Nenn Drehmoment	$T_N$ [Nm]	226	266	306	346	359	359	605	705	798	971	1060	1130
Kollisionsdrehmoment	$T_M$ [Nm]	1850	1850	1850	1850	1850	1850	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Max. Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{in(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	4500						2500	3000				
Mittlere Antriebsdrehzahl (Fettschmierung)	$n_{av(max)}$ [min <sup>-1</sup> ]	2000						2000					
Massenträgheitsmoment mit Abtriebsflansch (F0)	$J_{in}$ [x10 <sup>-6</sup> kgm <sup>2</sup> ]	490	400	350	160	72	50	3100	2100	2000	1900	730	680
Massenträgheitsmoment mit Abtriebswelle (Jx)	$J_{in}$ [x10 <sup>-6</sup> kgm <sup>2</sup> ]	620	420	370	170	75	52	4600	3000	2200	2000	780	720
Gewicht mit Abtriebsflansch (F0)	$m$ [kg]	10	12					22	37				
Gewicht mit Abtriebswelle (Jx)	$m$ [kg]	13	15					32	47				
Übertragungsgenauigkeit	[arcmin]	< 3						< 3					
Wiederholungsgenauigkeit	[arcmin]	< ±0,25						< ±0,25					
Spiel	[arcmin]	≤ 3 oder ≤ 1						≤ 3 oder ≤ 1					
Torsionssteifigkeit	$K_3$ [x10 <sup>3</sup> Nm/rad]	470						1300					
Umgebungstemperatur (Betrieb)	[°C]	0 ... 40						0 ... 40					
<b>Abtriebslager</b>													
Dynamische Radiallast	$F_{R\ dyn(max)}$ [N]	4350	5500	6050	6690	7660	8400	8860	9470	12300	13100	14300	15300
Dynamische Axiallast	$F_{A\ dyn(max)}$ [N]	6490	8220	9030	9980	11400	12500	13200	14100	18300	19600	21400	22900
Dynamisches Kippmoment	$M_{dyn(max)}$ [Nm]	1076						3900					

Abbildung 13.1

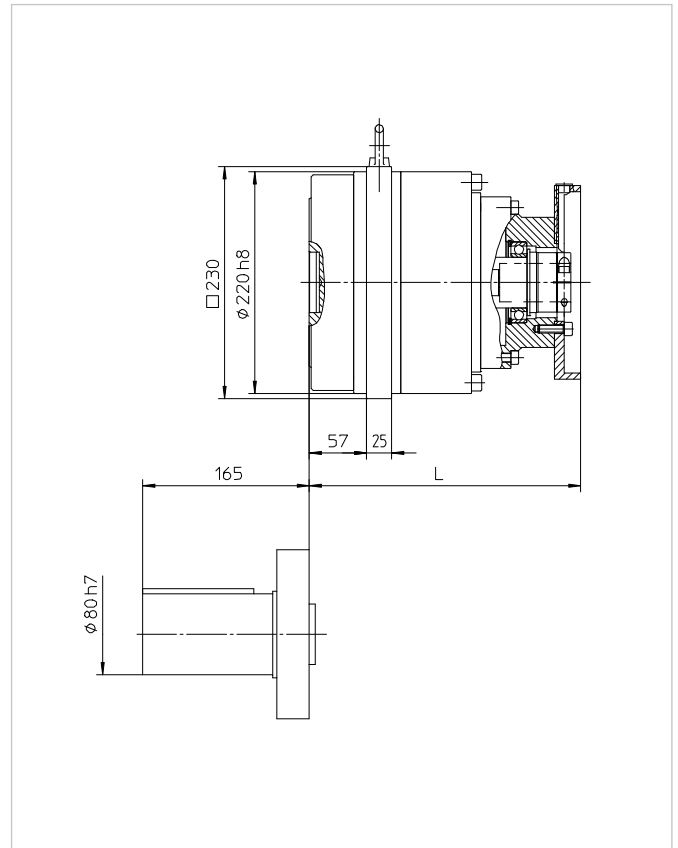
HPGP-50 [mm]



<sup>1)</sup> L = Abhängig vom Motortyp

Abbildung 13.2

HPGP-65 [mm]



<sup>1)</sup> L = Abhängig vom Motortyp

### 3.3.3 Genauigkeit

Tabelle 14.1

Baugröße			11	14	20	32	50	65
Spiel	Standard BL3	[arcmin]	≤ 3					
	Reduziert BL1	[arcmin]	-	≤ 1				
Wiederholgenauigkeit		[arcsec]	< ± 30	< ± 20	< ± 15	< ± 15	< ± 15	< ± 15
Übertragungsgenauigkeit		[arcmin]	< 5	< 4	< 4	< 4	< 3	< 3

### 3.3.4 Torsionssteifigkeit

Tabelle 14.2

Baugröße		11	14	20	32	50	65
Torsionssteifigkeit	[Nm/arcmin]	0,64	1,40	5,24	21,5	136,7	378,2
	[x10 <sup>3</sup> Nm/rad]	2,2	4,7	18	74	470	1300

### 3.3.5 Lagerung

#### Leistungsdaten der Abtriebslagerung

Die Planetengetriebe der Baureihe HPGP sind abtriebsseitig mit einem hoch belastbaren Kreuzrollenlager ausgestattet. Dieses Lager ermöglicht die Aufnahme hoher Axial- und Radialkräfte sowie großer Kippmomente. Dadurch wird das Getriebe von äußeren Momenten frei gehalten, wodurch eine lange Lebensdauer und gleichbleibende Genauigkeit erreicht werden. Für den Anwender bedeutet die Integration dieses Abtriebslagers eine im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen bemerkenswerte Reduzierung der Konstruktions- und Fertigungskosten, da zusätzliche Lagerstellen entfallen können. Auch die Montage des Getriebes und der Einbau werden stark vereinfacht. Die Leistungsdaten des Abtriebslagers sind in Tabelle 14.3 und Tabelle 15.1 angegeben.

#### Abtriebslager

Tabelle 14.3

Baugröße		11	14	20	32	50	65
Teilkreis ø	$d_p$ [m]	0,0275	0,0405	0,0640	0,0850	0,1230	0,1700
Abstand	R [m]	6	11	11,5	14	19	23
Dynamische Tragzahl	C [N]	3116	5110	10600	20500	41600	90600
Statische Tragzahl	$C_0$ [N]	4087	7060	17300	32800	76000	148000
Zulässiges dynamisches Kippmoment <sup>1)</sup>	M [Nm]	9,5	32,3	183	452	1076	3900
Zulässiges statisches Kippmoment <sup>2)</sup>	$M_0$ [Nm]	37	95	369	929	3116	8387
Kippsteifigkeit	$K_B$ [Nm/arcmin]	2,55	8,8	49	123	291	1060
Zulässige Axiallast <sup>3)</sup>	$F_a$ [N]	6192	10697	26212	49697	115152	224242
Zulässige Radiallast <sup>3)</sup>	$F_r$ [N]	2725	4707	11533	21867	50667	98667

Tabelle 15.1

Untersetzung	Zulässige dynamische Kraft		Baugröße					
			11	14	20	32	50	65
3	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	600	1250	2430	5570	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	400	840	1630	3700	-
4	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	-	-	-	-	13200
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	-	-	-	-	8860
5	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	430	700	1410	2830	6490	14100
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	280	470	980	1900	4350	9470
9	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	510	-	-	-	-	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	340	-	-	-	-	-
11	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	890	1850	3590	8220	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	600	1240	2410	5500	-
12	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	-	-	-	-	18300
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	-	-	-	-	12300
15	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	980	2030	3940	9030	19600
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	650	1360	2640	6050	13100
20	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	-	-	-	-	21400
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	-	-	-	-	14300
21	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	660	1080	2250	4360	9980	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	440	720	1510	2920	6690	-
25	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	-	-	-	-	22900
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	-	-	-	-	15300
33	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	1240	2580	4990	11400	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	830	1729	3340	7660	-
37	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	780	-	-	-	-	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	520	-	-	-	-	-
40	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	-	-	-	-	26300
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	-	-	-	-	17600
45	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	830	1360	2830	5480	12500	-
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	550	910	1890	3670	8400	-
50	Axialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>a</sub> [N]	-	-	-	-	-	28200
	Radialkraft <sup>1)</sup>	F <sub>r</sub> [N]	-	-	-	-	-	18900

<sup>1)</sup> Die Daten gelten bei folgenden Bedingungen für:

$$M : F_a = 0 \quad F_r = 0$$

$$F_a : M = 0; \quad F_r = 0$$

$$F_r : M = 0; \quad F_a = 0$$

$$n_{\text{Antrieb}} = 3000 \text{ min}^{-1}$$

$$L_{10} = 20000 \text{ h}$$

$$f_w = 1,5$$

<sup>2)3)</sup> Diese Werte gelten für einen statischen Sicherheitsfaktor  $f_s=1,5$ .  
Für andere  $f_s$  siehe Tabelle 26.3.

### 3.3.6 Gehäusetoleranz HPGP

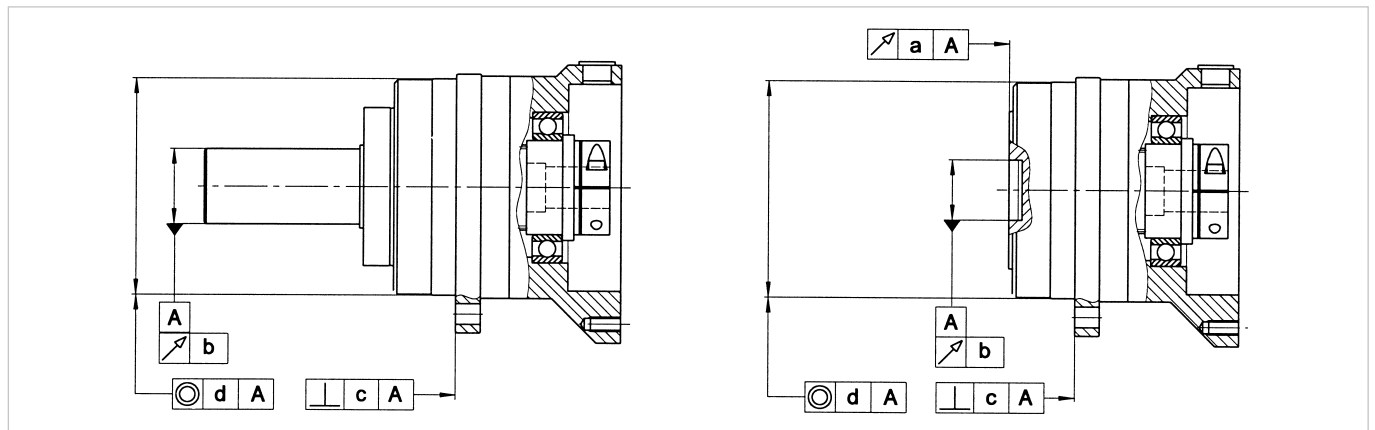
#### Toleranzen des Abtriebslagers

Tabelle 16.1

[mm]

Baugröße	11	14	20	32	50	65
a	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04
b	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06
c	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09
d	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08

Abbildung 16.2



### 3.3.7 Verwendete Materialien

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

Blankes Aluminium, korrosionsgeschützter Wälzlerstahl, blanker Stahl (Abtriebswelle). Adapterflansch, falls von der Harmonic Drive AG mitgeliefert: Hochfestes Aluminium oder blanker Stahl  
 Schrauben: Schwarz phosphatiert.

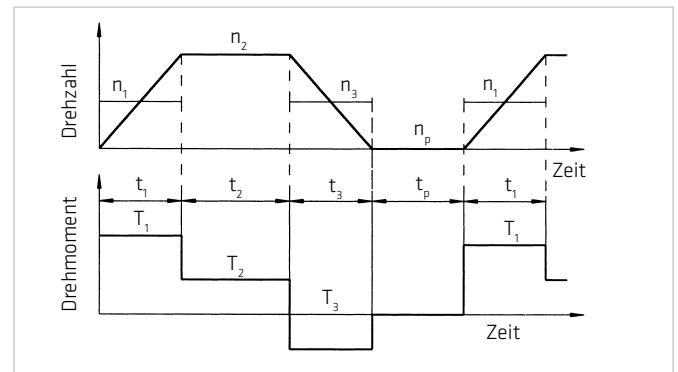


## 4. Antriebsauslegung

### 4.1 Auslegung von Harmonic Planetengetrieben

Drehmomente	$T_1 \dots T_n$	[Nm]
während der Belastungszeit	$t_1 \dots t_n$	[s]
während der Pausenzeit	$t_p$	[s]
und Abtriebsdrehzahl	$n_1 \dots n_n$	[min <sup>-1</sup> ]
Not-Stopp / Kollisionsmoment	$T_k$	[Nm]

Abbildung 17.1



Gleichung 17.2

**Belastungsgrenze 1,**  
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes  $T_{av}$

$$T_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{|n_1 \cdot t_1| \cdot T_1^{10/3} + |n_2 \cdot t_2| \cdot T_2^{10/3} + \dots + |n_n \cdot t_n| \cdot T_n^{10/3}}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n}}$$

Gleichung 17.3



Gleichung 17.4

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 17.5

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 17.6

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 17.7

**Belastungsgrenze 2,  $T_R$**

$$T_{max} \leq T_R$$

Gleichung 17.8

**Belastungsgrenze 3,  $T_M$**

$$T_k \leq T_M$$

Gleichung 17.9

Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten

$$N_{k\ max} = 10^x$$

$$x = 8,5 - 1,5 \cdot \frac{T_k}{T_R}$$

$$T_k > T_R$$

Gleichung 17.10

Lebensdauer

$$L_{10} = 20000\ h \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{T_N}{T_{av}}\right)^{10/3}$$

## Belastungsdaten am Abtrieb

$T_1 = 40 \text{ Nm}$	$t_1 = 0,3 \text{ s}$	$n_1 = 125 \text{ min}^{-1}$
$T_2 = 32 \text{ Nm}$	$t_2 = 3,0 \text{ s}$	$n_2 = 250 \text{ min}^{-1}$
$T_3 = 20 \text{ Nm}$	$t_3 = 0,4 \text{ s}$	$n_3 = 125 \text{ min}^{-1}$
	$t_p = 4,0 \text{ s}$	
$T_k = 200 \text{ Nm}$		
Untersetzung $i=11$		

Gleichung 18.1

Belastungsgrenze 1, Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes $T_{av}$
$T_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} (40 \text{ Nm})^{10/3} + 250 \text{ min}^{-1} \cdot 3 \text{ s} \cdot (32 \text{ Nm})^{10/3} + 125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,4 \cdot (20 \text{ Nm})^{10/3}}{125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} + 250 \text{ min}^{-1} \cdot 3 \text{ s} + 125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,4 \text{ s}}}$

Gleichung 18.2

$T_{av} = 32 \text{ Nm} \leq T_A = 45 \text{ Nm}$
---

Ausgewähltes Getriebe
HPG-20-11

Gleichung 18.3

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl
$n_{out\ av} = \frac{125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} + 250 \text{ min}^{-1} \cdot 3 \text{ s} + 125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,4 \text{ s}}{0,3 \text{ s} + 3 \text{ s} + 0,4 \text{ s} + 4 \text{ s}} = 109 \text{ min}^{-1}$

Gleichung 18.4

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl
$n_{in\ av} = 11 \cdot 109 \text{ min}^{-1} = 1199 \text{ min}^{-1}$

Gleichung 18.5

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl
$n_{in\ max} = 250 \text{ min}^{-1} \cdot 11 = 2750 \text{ min}^{-1} \leq 6000 \text{ min}^{-1}$

Gleichung 18.6

Belastungsgrenze 2, $T_R$
$T_{max} = 40 \text{ Nm} \leq T_R = 100 \text{ Nm}$

Gleichung 18.7

Belastungsgrenze 3, $T_M$
$T_k = 200 \text{ Nm} \leq T_M = 217 \text{ Nm}$

Gleichung 18.8

Zulässige Anzahl von Kollisionsmomenten
$N_{k\ max} = 10^x$ $x = 8,5 - 1,5 \cdot \frac{200 \text{ Nm}}{100 \text{ Nm}} = 5,5$ $N_{k\ max} = 10^{5,5} = 316227$

Gleichung 18.9

Lebensdauer
$L_{10} = 20000 \text{ h} \cdot \frac{3000 \text{ min}^{-1}}{1199 \text{ min}^{-1}} \cdot \left( \frac{20 \text{ Nm}}{32 \text{ Nm}} \right)^{10/3} = 10445 \text{ h}$

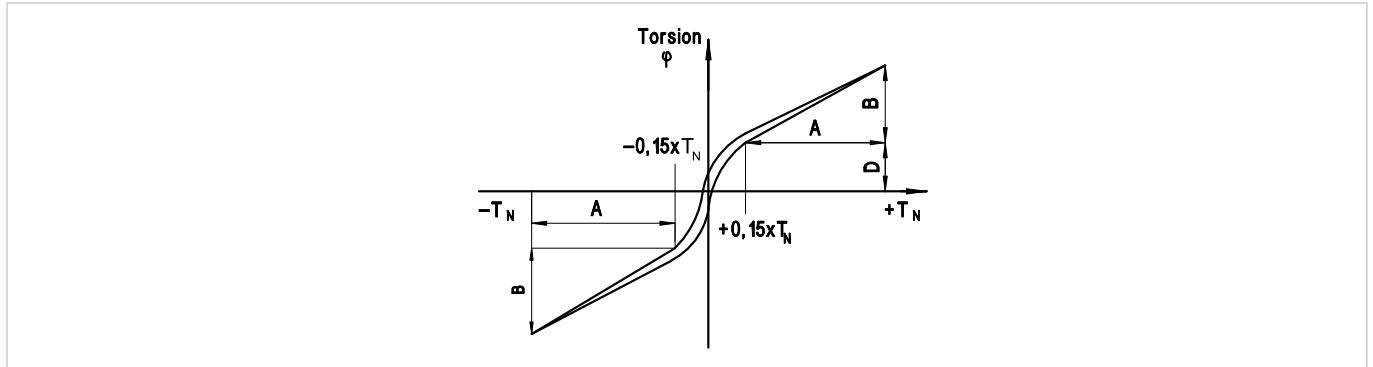
$\text{min}^{-1} \hat{=} \text{rpm}$

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

## 4.2 Berechnung des Torsionswinkels

Für die Ermittlung der abtriebsseitigen Torsionssteifigkeit wird die Drehmoment-Torsions-Kurve entsprechend Abb. 15.1 genutzt. Die in den Tabellen angegebenen Werte sind Durchschnittswerte.

Abbildung 19.1



### Berechnung des Torsionswinkels $\varphi$ bei einem Lastdrehmoment $T$

Gleichung 19.2

$$\varphi = D + \frac{(T - T_L)}{\left(\frac{A}{B}\right)}$$

$\frac{A}{B}$  : Torsionssteifigkeit [Nm/arcmin]

$T_N$  : Nenndrehmoment [Nm]

$D$  : Mittlerer Verdrehwinkel bei  $0,15 \times T_N$  [arcmin]

$\varphi$  : Abtriebsdrehwinkel [arcmin]

$T$  : Lastdrehmoment [Nm]

$T_L = T_n * 0,15$  [Nm]

Tabelle 19.3

Baugröße				11	14	20	32	50	65
Mittlerer Verdrehwinkel (D)	BL3	$i < 11$	[arcmin]	2,5	2,2	1,5	1,3	1,3	1,3
		$i \geq 11$	[arcmin]	3,0	2,7	2,0	1,7	1,7	1,7
	BL1	$i < 11$	[arcmin]	-	1,1	0,6	0,5	0,5	0,5
		$i \geq 11$	[arcmin]	-	1,7	1,1	1,0	1,0	1,0

## 4.3 Lastabhängiger Wirkungsgrad

### 4.3.1 Wirkungsgradberechnung

Die Wirkungsgradkurven sind Mittelwerte, die bei folgenden Bedingungen gelten:

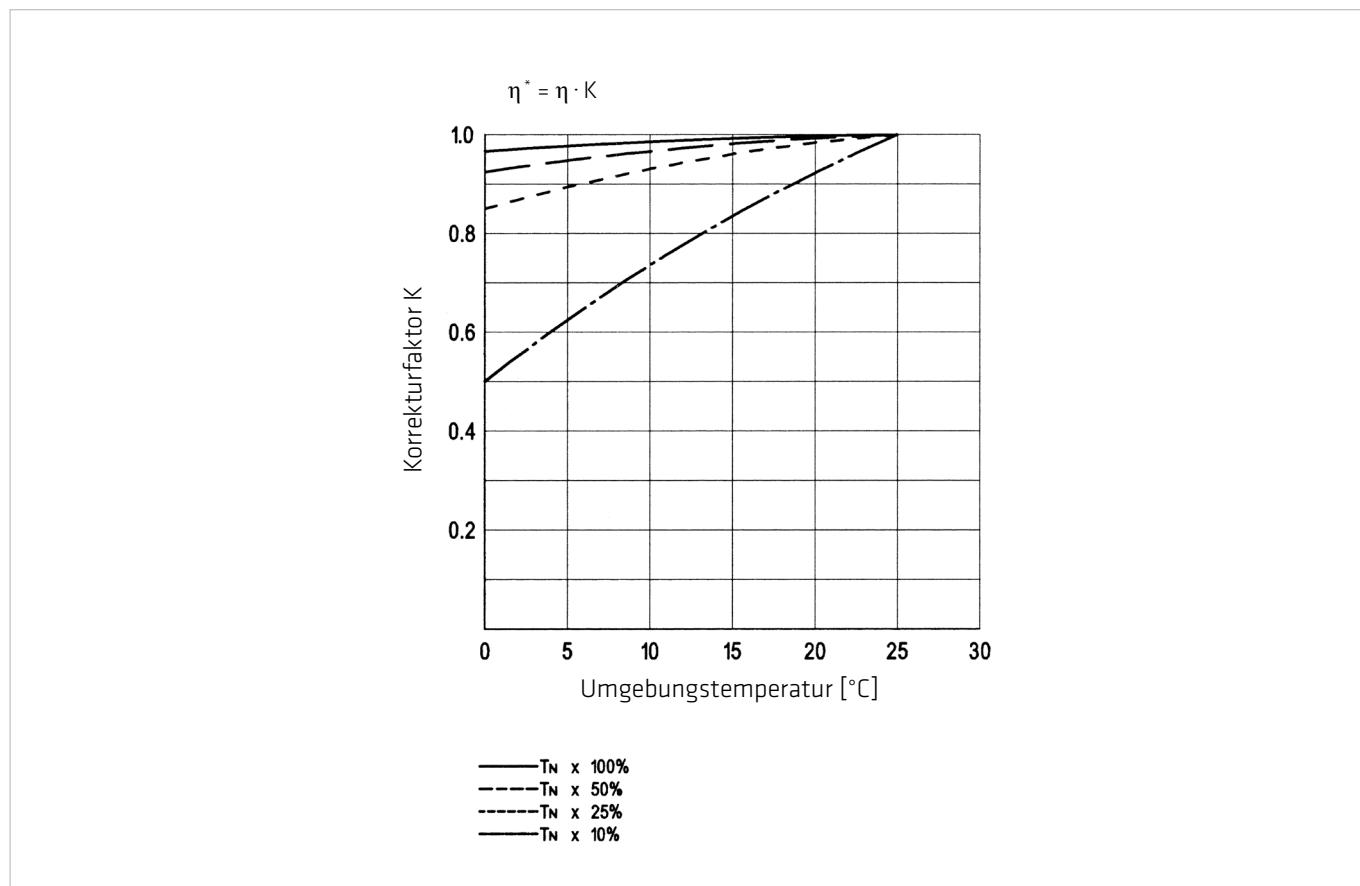
Antriebsdrehzahl:  $n = 3000 \text{ min}^{-1}$   
Umgebungstemperatur:  $25^\circ\text{C}$   
Schmiermittel: Fett SK-2 (Baugröße 14, 20, 32)  
Fett Epnoc Grease AP(N)2  
(Baugröße 11, 50, 65)  
Spielklasse: BL3 (bei BL1 ca. 2% niedrigere Wirkungsgrade)

Bei Umgebungstemperaturen kleiner  $25^\circ\text{C}$  wird der entsprechende Wirkungsgrad  $\eta_T$  mit Gleichung 20.1 bestimmt.

Gleichung 20.1

$$\eta_T = \eta \cdot K$$

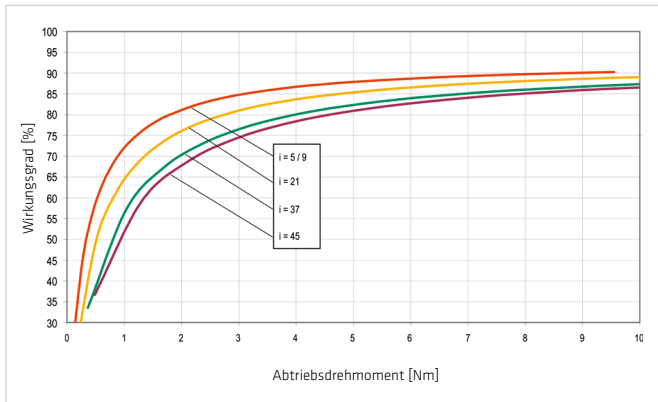
Abbildung 20.2



## 4.3.2 Wirkungsgrad Tabellen

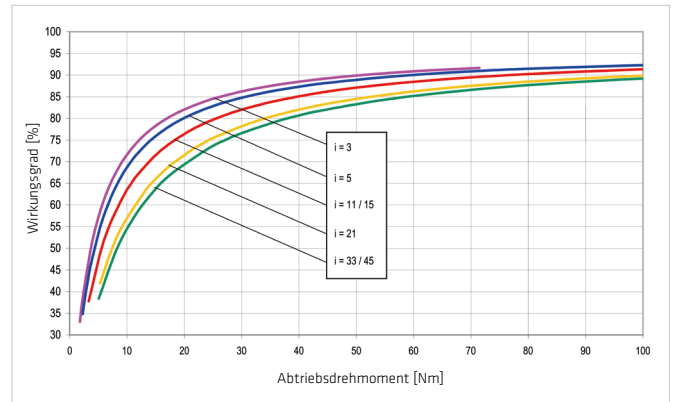
### Baugröße 11

Abbildung 21.1



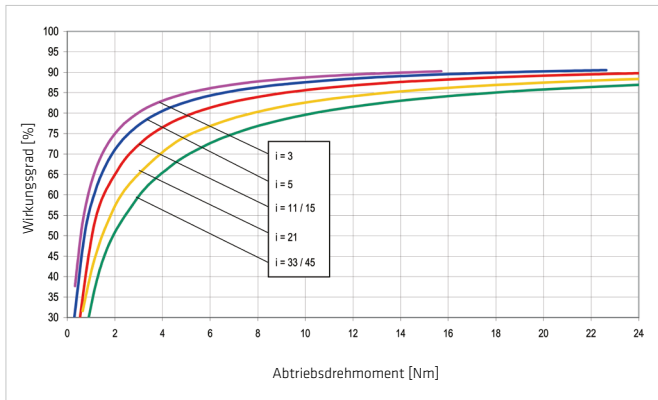
### Baugröße 32

Abbildung 21.4



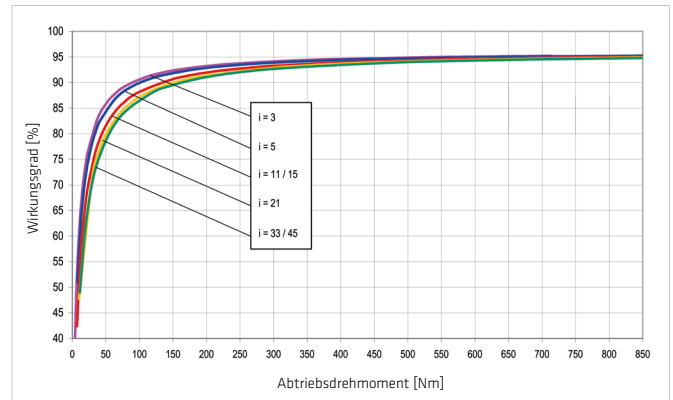
### Baugröße 14

Abbildung 21.2



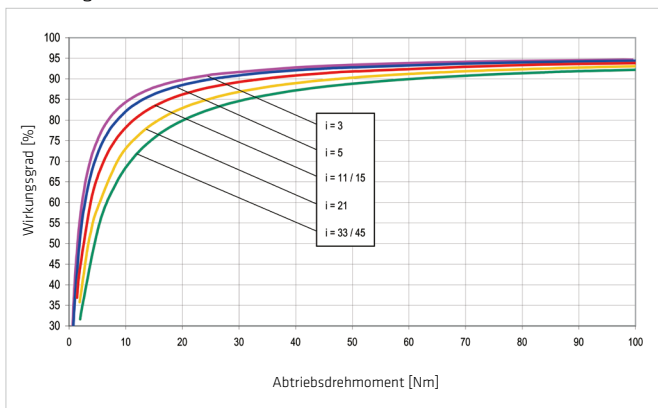
### Baugröße 50

Abbildung 21.5



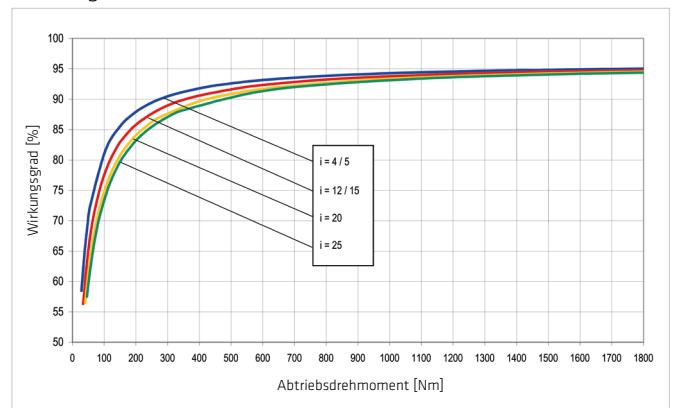
### Baugröße 20

Abbildung 21.3



### Baugröße 65

Abbildung 21.6



## 4.4 Lastfreie Drehmomente

### 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 Tabelle 22.2 zeigt 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.

### 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.

Die Tabellen gelten für: Harmonic Drive® Schmierfett, Standard Schmierstoffmenge  
Bei Ölschmierung bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

### Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 22.1

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße					
	11	14	20	32	50	65
3	-	13,3	29	53	127	-
4	-	-	-	-	-	290
5	4,0	8,6	19	33	80	240
9	3,7	-	-	-	-	-
11	-	8,0	15	27	45	-
12	-	-	-	-	-	125
15	-	7,4	12	25	40	110
20	-	-	-	-	-	95
21	2,9	6,1	9,3	22	38	-
25	-	-	-	-	-	84
33	-	4,4	7,2	17	30	-
37	2,0	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	75
45	1,8	3,9	6,6	16	28	-
50	-	-	-	-	-	70

### Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 22.2

[Nm]

Untersetzung	Baugröße					
	11	14	20	32	50	65
3	-	0,4	0,9	1,6	4,0	-
4	-	-	-	-	-	12
5	0,2	0,4	0,9	1,7	4,0	12
9	0,3	-	-	-	-	-
11	-	0,9	1,7	2,9	5,0	-
12	-	-	-	-	-	15
15	-	1,1	1,8	3,7	6,0	17
20	-	-	-	-	-	19
21	0,6	1,3	2,0	4,7	8,0	-
25	-	-	-	-	-	21
33	-	1,5	2,4	5,7	10	-
37	0,8	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	30
45	0,8	1,8	2,9	7,3	13	-
50	-	-	-	-	-	35

## Lastfreies Laufdrehmoment bei 3000 min<sup>-1</sup>

Tabelle 23.1

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße					
	11	14	20	32	50	65
3	-	14	41	110	200	-
4	-	-	-	-	-	420
5	5,0	10	28	72	130	360
9	2,5	-	-	-	-	-
11	-	5,0	15	38	60	-
12	-	-	-	-	-	190
15	-	3,0	11	29	47	160
20	-	-	-	-	-	130
21	2,0	3,0	9,0	23	40	-
25	-	-	-	-	-	110
33	-	2,0	6,0	14	24	-
37	1,0	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	76
45	1,0	2,0	5,0	14	20	-
50	-	-	-	-	-	64

## 4.5 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 23.2 bestimmt werden.

Gleichung 23.2

$$L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot n_{av}} \cdot \left( \frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^{10/3}$$

mit:

$L_{10}$  [h] = Lebensdauer

$n_{av}$  [min<sup>-1</sup>] = durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 17.4)

$C$  [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 14.3 „Leistungsdaten der Abtriebslagerung“

$P_c$  [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 24.1)

$f_w$  = Betriebsfaktor (Tabelle 19.4)

## Betriebsfaktor

Tabelle 23.3

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

# Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 24.1

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

mit:

$F_{rav}$  [N] = Radialkraft (Gleichung 24.2)

$x$  = Radialkraftfaktor (Tabelle 24.4)

$F_{aav}$  [N] = Axialkraft (Gleichung 24.3)

$y$  = Axialkraftfaktor (Tabelle 24.4)

$d_p$  [m] = Teilkreis (Tabelle 18.3)

$M$  = Kippmoment (Abb. 28.5)

Gleichung 24.2

$$F_{rav} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (|F_{r1}|)^{10/3} + |n_2| \cdot t_2 \cdot (|F_{r2}|)^{10/3} + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (|F_{rn}|)^{10/3}}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{3/10}$$

Gleichung 24.3

$$F_{aav} = \left( \frac{|n_1| \cdot t_1 \cdot (|F_{a1}|)^{10/3} + |n_2| \cdot t_2 \cdot (|F_{a2}|)^{10/3} + \dots + |n_n| \cdot t_n \cdot (|F_{an}|)^{10/3}}{|n_1| \cdot t_1 + |n_2| \cdot t_2 + \dots + |n_n| \cdot t_n} \right)^{3/10}$$

Tabelle 24.4

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

Abbildung 24.5

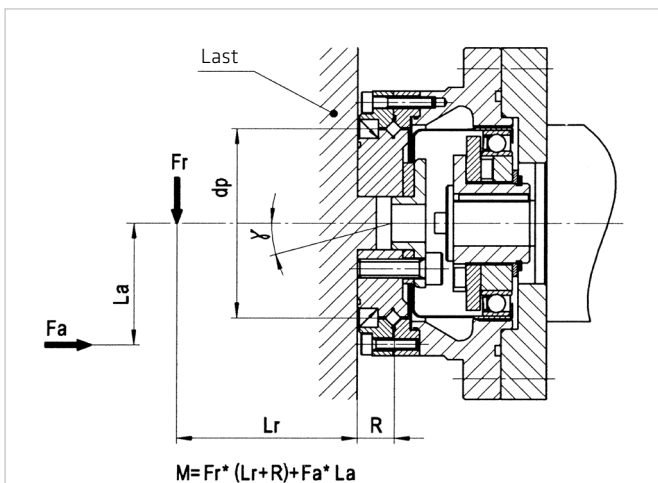
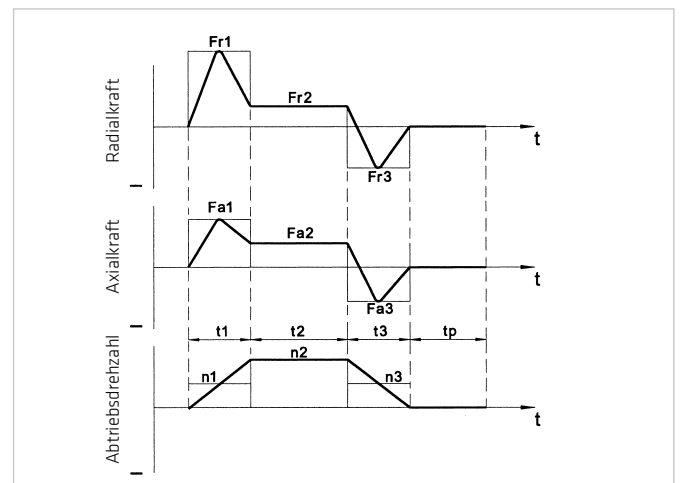


Abbildung 24.6



Hinweis:

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

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

$t_p$  stellt die Pausenzeit dar.



## 4.5.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

### Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 25.1 berechnet.

Gleichung 25.1

$$L_{OC} = \frac{10^6}{60 \cdot n_1} \cdot \frac{180}{\varphi} \cdot \left( \frac{C}{f_w \cdot P_c} \right)^{10/3}$$

mit:

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

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

$C$  [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 14.3

$P_c$  [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 24.1)

$\varphi$  [Grad] = Schwenkwinkel

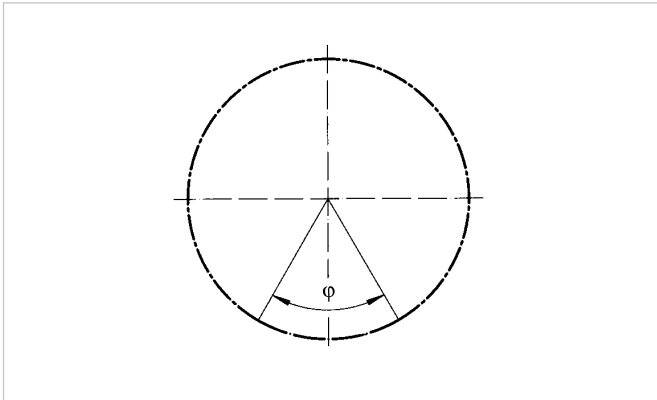
$f_w$  = Betriebsfaktor (Tabelle 23.3)

\* eine Schwingung entspricht  $2\varphi$

### Schwenkwinkel

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

Abbildung 25.2



## 4.6 Zulässiges statisches Kippmoment

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

Gleichung 26.1

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

und so

Gleichung 26.2

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

$f_s$  = Statischer Sicherheitsfaktor  
( $f_s = 1,5 \dots 3$ ) (Tabelle 26.3)

$C_0$  = Statische Tragzahl

$F_r$  =  $F_a = 0$

$x_0$  = 1

$y_0$  = 0,44

$P_0$  = Statische Äquivalentlast (Gleichung 26.1)

$d_p$  = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers (Tabelle 14.3)

$M_0$  = Zulässiges statisches Kippmoment

Tabelle 26.3

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

## 4.7 Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 26.4 berechnet werden:

Gleichung 26.4

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

mit:

$\gamma$  [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

$M$  [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager

$K_B$  [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers

## 4.8 Schmierung

Die HPGP-Planetengetriebe werden mit Fettschmierung ausgeliefert. Es ist keine weitere Schmiermittelzugabe bei der Montage oder während des Betriebes notwendig.

Verwendetes Schmiermittel:

Harmonic Drive® Fett SK-2 für Baugrößen 14, 20, 32 und

Fett Epnoc Grease AP(N)2 für Baugröße 11, 50, 65.

Das Abtriebslager ist ebenfalls Lebensdauer geschmiert.

Schmiermittel: Multitemp HL-D Fett

Umgebungstemperatur: -10 °C bis +40 °C

Maximale Betriebstemperatur: + 80 °C

## 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 Getriebe werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert.

### 5.3 Montagehinweise

#### **HINWEIS**

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

## 5.4 Konstruktionshinweise

Generell sollten Motorwellen ohne Passfedernut verwendet werden. Falls dennoch eine Passfedernut in der Motorwelle vorhanden sein sollte, muss in jedem Fall die Passfedernut mit einer halben Passfeder geschlossen werden, um Unwuchten zu vermeiden.

Scharfkantige oder abrasiv wirkende Teile (Späne, Splitter, Staub aus Metall, Mineralien usw.) dürfen nicht mit Radialwellendichtungen in Kontakt kommen.

Ein permanent auf einer Radialwellendichtung stehender Flüssigkeitsfilm sollte verhindert werden. Hintergrund: Infolge wechselnder Betriebstemperaturen entstehenden Druckdifferenzen im Getriebe, die zum Einsaugen der auf einer Wellendichtung stehenden Flüssigkeit führen können. Gegenmaßnahme: ggf. eine zusätzliche kundenseitige Wellendichtung oder Sperrluftanschluss (konstanter Überdruck im Antrieb mit getrockneter, gefilterter Luft, max. 104 Pa). Ggf. bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive AG

### 5.4.1 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.

## 5.5 Montage

Vom Getriebehersteller angezogene Schrauben dürfen nicht gelöst werden.

### 5.5.1 Motoranbau

Bitte beachten Sie beim Anbau des Motors an das HPGP-Getriebe folgende Hinweise :

- Drehen Sie die Kupplung auf der Antriebsseite so, dass der Schraubenkopf auf die Bohrung des Gummideckels ausgerichtet ist.
- Setzen Sie den Motor immer in senkrechter Lage vorsichtig in das Getriebe ein
- Fixieren Sie Motor und Getriebe durch Anziehen der Schrauben auf dem Flansch (Tabelle 29.1)
- Ziehen Sie die Schraube auf der antriebsseitigen Kupplung mit dem in Tabelle 29.2 angegebenen Drehmoment an.
- Befestigen Sie zum Schluss den mitgelieferten Gummideckel.

Tabelle 29.1

[Nm]

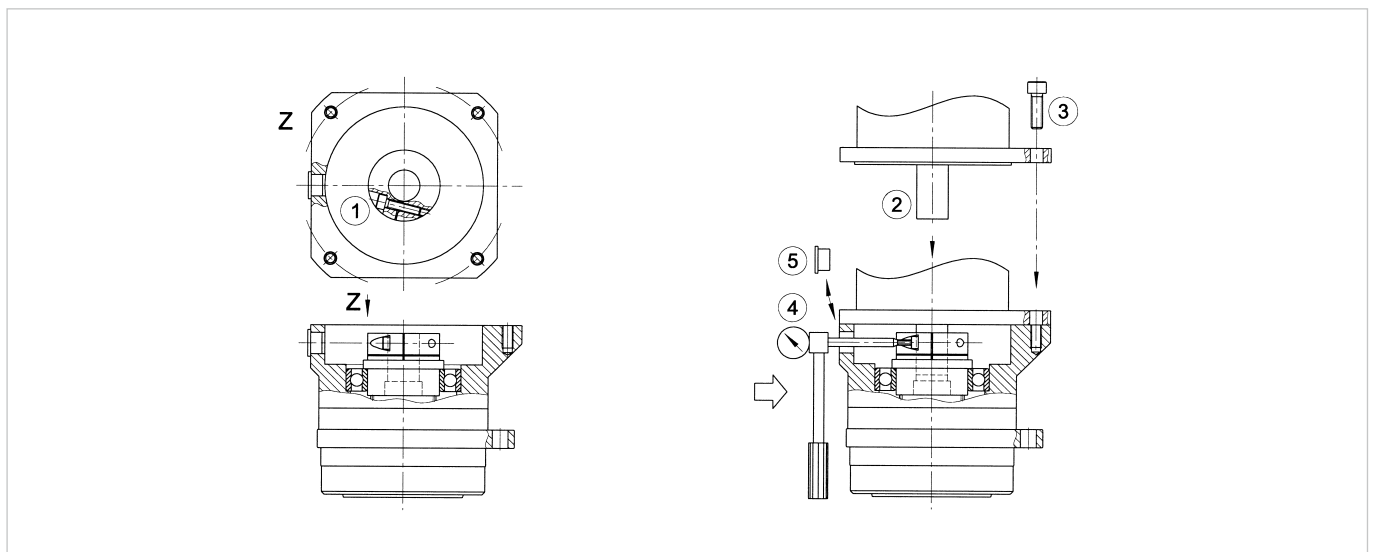
Schraubengröße	M2,3	M3	M4	M5	M6h	M8	M10	M12	M14	M16
Anzugsmoment	0,73	1,28	3,0	5,9	10,1	24,6	48,0	84,0	133,0	206,0

Tabelle 29.2

[Nm]

Schraubengröße	M3 HPGP-11	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
Anzugsmoment	0,69	1,8	4,6	8,6	14,9	36,1	71,0	123

Abbildung 29.3



## 5.5.2 Montage des Antriebsflansches

Grundsätzlich sollte zuerst das Gehäuse des Getriebes mit dem Maschinengestell verschraubt werden. Erst danach sollte die Last mit dem Abtriebsflansch oder der Abtriebswelle verbunden werden. Diese Reihenfolge ist besonders dann zu beachten, wenn große Kippmomente, Radial- oder Axialkräfte vom Abtriebslager aufzunehmen sind.

Achten Sie bei der Montage des HPGP-Getriebes auf ebene Montageflächen und darauf, dass kein Grat an den Gewindebohrungen vorhanden ist. Befestigen Sie den Gehäuseflansch, indem Sie die Schrauben des Flanschteiles anziehen. Bei der Baugröße HPGP-50 müssen die beigelegten Spezialscheiben zwischen Schraubenkopf und Getriebegehäuse montiert werden.

Tabelle 30.1

Baugröße		11	14	20	32	50	65
Anzahl der Schrauben		4	4	4	4	4	4
Größe der Schrauben		M3	M5	M8	M10	M12	M16
Teilkreisdurchmesser	[mm]	46	70	105	135	190	260
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	1,4	6,3	26,1	51,5	123	255
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	26,3	110	428	868	2030	5180

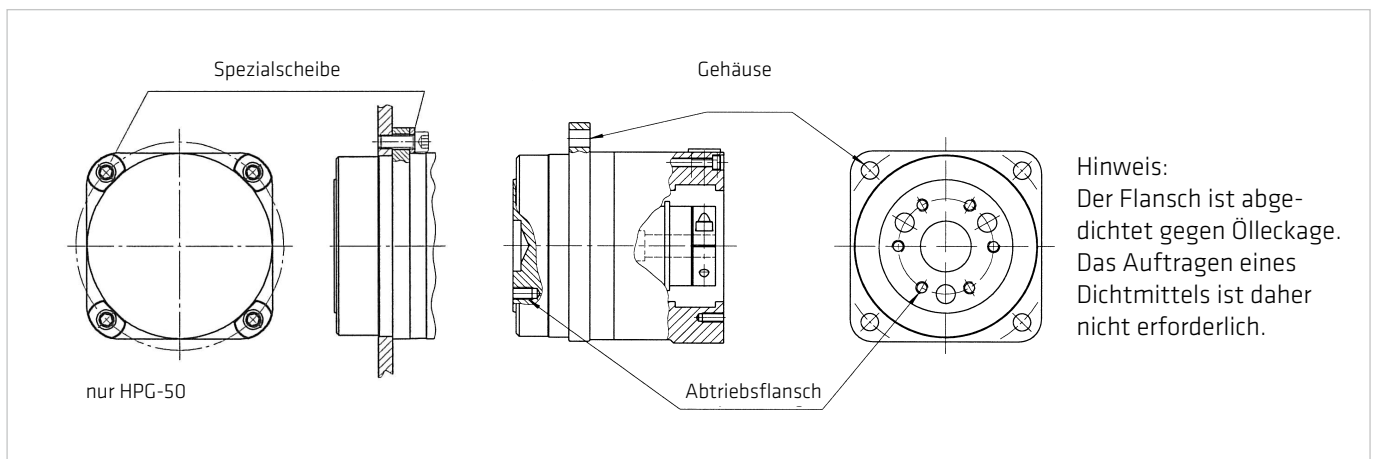
## 5.5.3 Montage des Gehäuseflansches

Beachten Sie bei der Montage des Abtriebsflansches die Spezifikation des Abtriebslagers (siehe Abbildung 30.3).

Tabelle 30.2

Baugröße		11	14	20	32	50	65
Anzahl der Schrauben		4	8	8	8	8	8
Größe der Schrauben		M4	M4	M6	M8	M12	M16
Teilkreisdurchmesser	[mm]	18	30	45	60	90	120
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	4,5	15,3	37,2	128,4	319
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	25,3	84	286	697	2407	5972

Abbildung 30.3



## 6. Glossar

### 6.1 Technische Daten

#### Abstand R [mm]

Distanz zwischen Abtriebslager und Angriffspunkt der Last.

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

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

#### Baugröße

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

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

##### 2) Servomotor CHM

Die Baugröße 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 Nenn Drehmoment  $T_N$  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 $U_N$ [ $V_{eff}$ ]

Anschluss spannung 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]

Anschluss spannung der Haltebremse.

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

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom unter Berücksichtigung der Getriebeverluste.

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

Quotient aus Stillstands Drehmoment und Stillstandsstrom.

### Durchschnittsdrehmoment $T_A$ [Nm]

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

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

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

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

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

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

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

### Dynamische Tragzahl $C$ [N]

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

### Elektrische Zeitkonstante $\tau_e$ [s]

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

### Entmagnetisierungsstrom $I_E$ [ $A_{\text{eff}}$ ]

Beginn der Entmagnetisierung der Rotormagnete.

### Gewicht $m$ [kg]

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

### Haltemoment der Bremse $T_H$ [Nm]

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

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

Strom zum Halten der Bremse.

### Hohlwellendurchmesser $d_H$ [mm]

Freier Innendurchmesser der axialen durchgängigen Hohlwelle.

### Induktivität (L-L) $L_{L-L}$ [mH]

Berechnete Anschlussinduktivität ohne Berücksichtigung der magnetischen Sättigung der Motoraktivteile.

### Kippsteifigkeit $K_B$ [Nm/arcmin]

Gibt die Verkipfung des Abtriebslagers bei anliegendem Kippmoment an.

### Kollisionsdrehmoment $T_M$ [Nm]

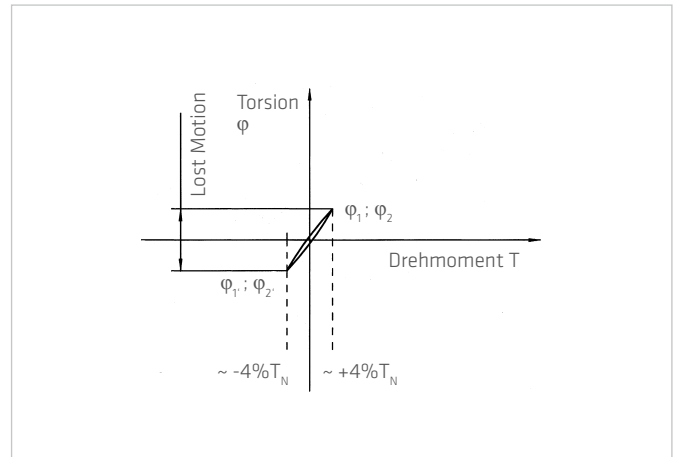
Im Falle einer Not-Ausschaltung oder einer Kollision kann das Harmonic Drive® Getriebe mit einem kurzzeitigen Kollisionsdrehmoment beaufschlagt werden. Die Anzahl und die Höhe dieses Kollisionsdrehmomentes sollten möglichst gering sein. Unter keinen Umständen sollte das Kollisionsdrehmoment während des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



## Lost Motion (Harmonic Drive® Getriebe) [arcmin]

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

Das Bild zeigt den Verdrehwinkel  $\varphi$  in Abhängigkeit des anliegenden Abtriebsdrehmomentes als Hysteresekurve bei fixiertem Wave Generator. Die Lost Motion Messung wird mit einem Abtriebsdrehmoment von ca.  $\pm 4\%$  des Nenn Drehmomentes des Getriebes durchgeführt.



## Massenträgheitsmoment J [kgm<sup>2</sup>]

Massenträgheitsmoment des Rotors.

## Massenträgheitsmoment J<sub>in</sub> [kgm<sup>2</sup>]

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

## Massenträgheitsmoment J<sub>out</sub> [kgm<sup>2</sup>]

Massenträgheitsmoment bezogen auf den Abtrieb.

## Maximale Antriebsdrehzahl (Fettschmierung) n<sub>in(max)</sub> [min<sup>-1</sup>]

Maximal zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung.

## Maximale Antriebsdrehzahl (Ölschmierung) n<sub>in(max)</sub> [min<sup>-1</sup>]

Maximal zulässige Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung.

## Maximale Drehzahl n<sub>max</sub> [min<sup>-1</sup>]

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

## Maximales Drehmoment T<sub>max</sub> [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<sub>H(max)</sub> [mm]

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

## Maximale Leistung P<sub>max</sub> [W]

Maximale abgegebene Leistung.

## Maximale stationäre Zwischenkreisspannung U<sub>DC(max)</sub> [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 $\tau_m$ [s]

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

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

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Fettschmierung.

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

Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl bei Ölschmierung.

### Motor Bemessungsdrehzahl $n_N$ [ $\text{min}^{-1}$ ]

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) $U_M$ [ $V_{\text{eff}}$ ]

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

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

Die maximal zulässige Motordrehzahl.

### Nenndrehmoment $T_N$ [Nm]

Das Nenndrehmoment ist ein Referenzdrehmoment für die Berechnung der Getriebelebensdauer.

Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Getriebe die mittlere Lebensdauer  $L_{50}$ . Das Nenndrehmoment  $T_N$  wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

### Öffnungsstrom der Bremse $I_{\text{OBr}}$ [ $A_{\text{DC}}$ ]

Strom zum Öffnen der Bremse.

### Öffnungszeit der Bremse $t_o$ [ms]

Verzögerungszeit zum Öffnen der Bremse.

### Polpaarzahl $p$ [ ]

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

### Schließzeit der Bremse $t_c$ [ms]

Verzögerungszeit zum Schließen der Bremse.

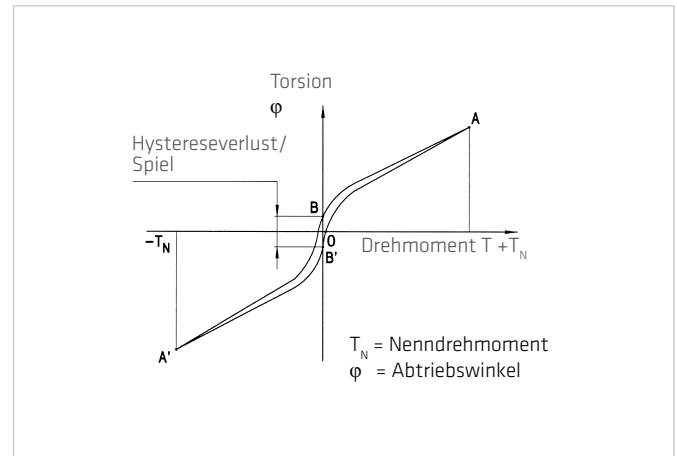
### Schutzart IP

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

## Spiel (Beschreibung mittels Hysteresekurve) [arcmin]

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

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



## Statische Tragzahl C<sub>0</sub> [N]

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

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

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

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

Zulässiges Drehmoment bei stillstehendem Antrieb.

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

Effektivwert des Motorstroms zur Erzeugung des Stillstands Drehmomentes.

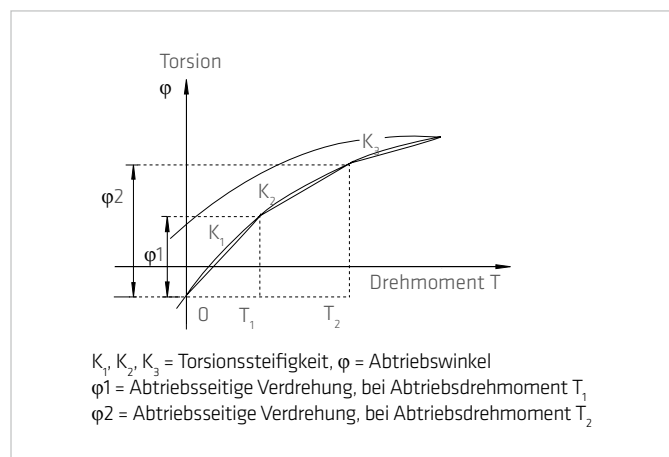
## Teilkreisdurchmesser d<sub>p</sub> [mm]

Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers.

## Torsionssteifigkeit (Harmonic Drive® Getriebe) K<sub>3</sub> [Nm/rad]

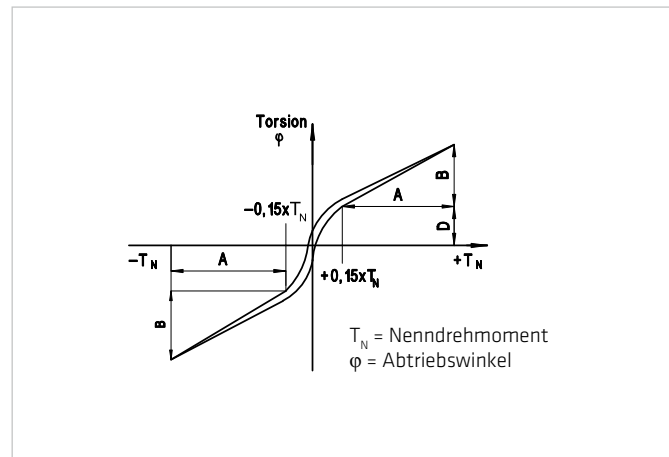
Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Die Torsionssteifigkeit K<sub>3</sub> beschreibt die Steifigkeit oberhalb eines definierten Referenzdrehmomentes. In diesem Bereich ist die Steifigkeit nahezu linear. Werte unterhalb dieses Drehmomentes sind auf Anfrage bzw. unserer Website verfügbar.

Der angegebene Wert für die Torsionssteifigkeit K<sub>3</sub> ist ein Durchschnittswert, der während zahlreicher Tests ermittelt wurde. Die Grenzdrehmomente T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub> sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in den weiterführenden technischen Unterlagen zu finden.



## Torsionssteifigkeit (Harmonic Planetengetriebe) $K_3$ [Nm/rad]

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



## Umgebungstemperatur (Betrieb) [°C]

Gibt den für den bestimmungsgemäßen Betrieb zulässigen Temperaturbereich an.

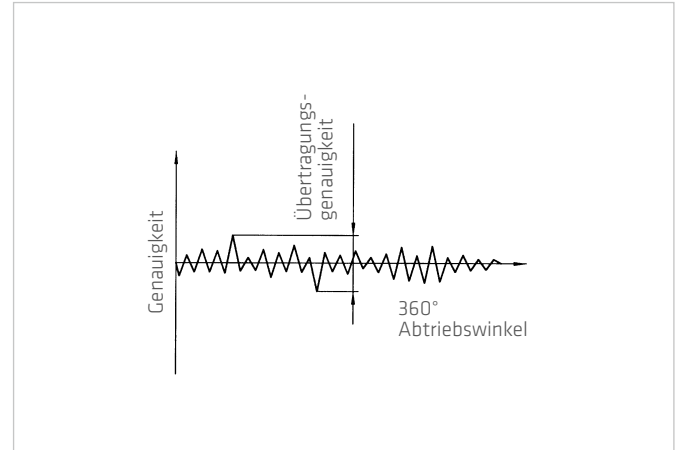
## Untersetzung $i$ [ ]

Die Untersetzung ist das Verhältnis von Antriebsdrehzahl zu Abtriebsdrehzahl.

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

## Übertragungsgenauigkeit [arcmin]

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

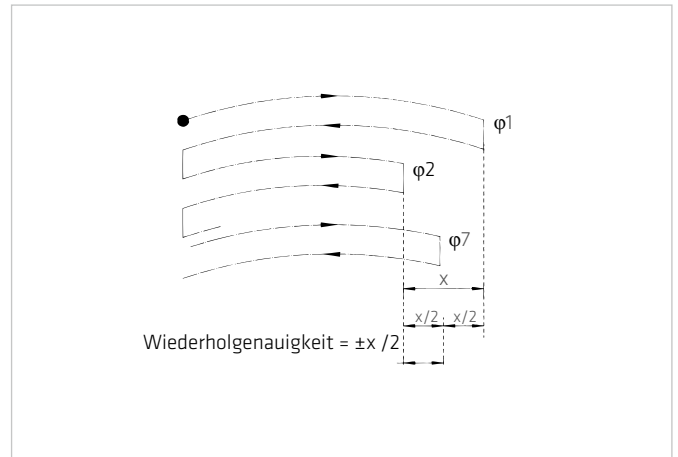


## Wiederholbares Spitzendrehmoment $T_R$ [Nm]

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

## Wiederholgenauigkeit [arcmin]

Die Wiederholgenauigkeit eines Getriebes beschreibt die Positionsabweichung, die beim wiederholten Anfahren eines Sollwertes aus jeweils der gleichen Drehrichtung auftritt. Die Wiederholgenauigkeit ist definiert als die Hälfte der maximalen Abweichung, versehen mit einem  $\pm$  Zeichen.



## Widerstand (L-L, 20 °C) $R_{LL}$ [ $\Omega$ ]

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

## 6.2 Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen

### CE-Kennzeichnung

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



### REACH-Verordnung

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



### RoHS EG-Richtlinie

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



*...just move it!*



Deutschland  
Harmonic Drive AG  
Hoenbergstraße 14  
65555 Limburg/Lahn

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

info@harmonicdrive.de  
www.harmonicdrive.de



Technische Änderungen vorbehalten.