

Projektierungsanleitung
Units CobaltLine®-2UH



Harmonic
Drive AG



QUICKLINK

www.harmonicdrive.de/2020

Inhalt

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Allgemeines | 03 |
| 1.1 | Erläuterung der verwendeten Symbolik..... | 04 |
| 1.2 | Haftungsausschluss und Copyright..... | 04 |
| 2. | Sicherheits- und Inbetriebnahmehinweise | 05 |
| 2.1 | Gefahren..... | 05 |
| 2.2 | Bestimmungsgemäße Verwendung | 06 |
| 2.3 | Nicht bestimmungsgemäße Verwendung..... | 06 |
| 2.4 | Konformitätserklärung..... | 07 |
| 3. | Technische Beschreibung | 08 |
| 3.1 | Produktbeschreibung | 08 |
| 3.2 | Bestellbezeichnungen | 09 |
| 3.3 | Technische Daten..... | 10 |
| 3.3.1 | Allgemeine technische Daten..... | 10 |
| 3.3.2 | Abmessungen | 11 |
| 3.3.3 | Minimaler Gehäuseabstand | 13 |
| 3.3.4 | Genauigkeit | 13 |
| 3.3.5 | Torsionssteifigkeit | 13 |
| 3.3.6 | Lagerung..... | 14 |
| 3.3.7 | Verwendete Materialien | 15 |
| 4. | Antriebsauslegung | 16 |
| 4.1 | Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben | 18 |
| 4.1.1 | Drehmomentbasierte Auslegung..... | 19 |
| 4.1.2 | Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers..... | 21 |
| 4.1.3 | Steifigkeitsbasierte Auslegung..... | 22 |
| 4.2 | Berechnung des Torsionswinkels..... | 24 |
| 4.3 | Genauigkeit der Oldham Kupplung..... | 24 |
| 4.4 | Lastabhängiger Wirkungsgrad | 25 |
| 4.4.1 | Wirkungsgradberechnung | 25 |
| 4.4.2 | Wirkungsgradtabellen | 26 |
| 4.5 | Lastfreie Drehmomente | 28 |
| 4.5.1 | Lastfreies Laufdrehmoment | 28 |
| 4.5.2 | Lastfreies Anlaufdrehmoment | 29 |
| 4.5.3 | Lastfreies Rückdrehmoment | 29 |
| 4.6 | Abtriebslager - Lebensdauer | 30 |
| 4.6.1 | Abtriebslager bei Schwenkbewegungen | 32 |
| 4.7 | Zulässiges statisches Kippmoment | 33 |
| 4.8 | Kippwinkel | 33 |
| 4.9 | Schmierung | 34 |
| 4.9.1 | Fettschmierung..... | 34 |
| 4.9.2 | Ölschmierung | 36 |
| 4.10 | Axialkräfte am Wave Generator Lager | 37 |
| 5. | Installation und Betrieb | 38 |
| 5.1 | Transport und Lagerung..... | 38 |
| 5.2 | Anlieferungszustand..... | 38 |
| 5.3 | Montagehinweise | 38 |
| 5.4 | Montagetoleranzen | 39 |
| 5.5 | Schmierung..... | 39 |
| 5.5.1 | Fettschmierung..... | 39 |
| 5.5.2 | Fettmenge..... | 40 |
| 5.5.3 | Fettreservoir..... | 41 |
| 5.5.4 | Fettwechsel..... | 42 |
| 5.5.5 | Ölschmierung | 42 |

| | | |
|-------|--|-----------|
| 5.6 | Vorbereitung | 43 |
| 5.7 | Montage | 44 |
| 5.7.1 | Motoranbau | 44 |
| 5.7.2 | Wave Generatoren Komponenten | 46 |
| 5.7.3 | Montage des Wave Generators (WG) auf die Antriebswelle | 48 |
| 5.7.4 | Prüfung von dem Fügen des Wave Generators | 48 |
| 5.7.5 | Überprüfen der Montage | 49 |
| 5.7.6 | Montage des Abtriebsflansches | 50 |
| 5.7.7 | Montage des Gehäuseflansches | 50 |
| 6. | Außerbetriebnahme und Entsorgung | 51 |
| 7. | Glossar | 53 |
| 7.1 | Technische Daten | 53 |
| 7.2 | Kennzeichnung, Richtlinien und Verordnungen | 59 |

1. Allgemeines

Über diese Dokumentation

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

Die Dokumentation wendet sich an Planer, Projekteure, Maschinenhersteller und Inbetriebnehmer. Sie unterstützt bei Auswahl und Berechnung der Servoantriebe und Servomotoren sowie des Zubehörs.

Hinweise zur Aufbewahrung

Bitte bewahren Sie diese Dokumentation während der gesamten Einsatz- bzw. Lebensdauer bis zur Entsorgung des Produktes auf. Geben Sie bei Verkauf diese Dokumentation weiter.

Weiterführende Dokumentation

Zur Projektierung von Antriebssystemen mit Antrieben und Motoren der Harmonic Drive AG benötigen Sie nach Bedarf weitere Dokumentationen, entsprechend der eingesetzten Geräte.

www.harmonicdrive.de

Fremdsysteme

Dokumentationen für externe, mit Harmonic Drive® Komponenten verbundene Systeme sind nicht Bestandteil des 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 anlagenspezifischen 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 erweitertem Temperaturbereich

Die Units der Baureihe CobaltLine®-2UH 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 Abtriebslager ermöglicht die direkte Anbringung hoher Nutzlasten ohne weitere Abstützung und erlaubt so eine einfache und platzsparende Konstruktion.

Sie decken einen breiten Drehmomentbereich ab und verfügen über eine hohe Lebensdauer. Die Units erhalten Sie bei Bedarf in spezifischer Ausführung maßgeschneidert für Ihre Anwendung, Standardservomotoren können kompakt angebaut werden. Die Baureihe CobaltLine® ist für Umgebungstemperaturen zwischen -40 und 90 °C geeignet.

3.2 Bestellbezeichnungen

Tabelle 9.1

| Baureihe | Baugröße | Untersetzung ¹⁾ | | | | | Version | Sonderausführung |
|--------------------|-----------|----------------------------|----|-----|-----|-----|------------|------------------------|
| | | 50 | 80 | 100 | 120 | 160 | | |
| CobaltLine® | 14 | 50 | 80 | 100 | | | 2UH | Nach Kundenanforderung |
| | 17 | 50 | 80 | 100 | 120 | | | |
| | 20 | 50 | 80 | 100 | 120 | 160 | | |
| | 25 | 50 | 80 | 100 | 120 | 160 | | |
| | 32 | 50 | 80 | 100 | 120 | 160 | | |
| | 40 | 50 | 80 | 100 | 120 | 160 | | |
| Bestellbezeichnung | | | | | | | | |
| CobaltLine® | 25 | 100 | | | | | 2UH | SP |

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

Tabelle 9.2

| Version | |
|--------------------|--|
| Bestellbezeichnung | Beschreibung |
| 2UH | Unit mit integrierter Abtriebslagerung |

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

3.3 Technische Daten

3.3.1 Allgemeine technische Daten

Tabelle 10.1

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

Tabelle 10.2

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

3.3.2 Abmessungen

Abbildung 11.1

CobaltLine®-14-2UH [mm]

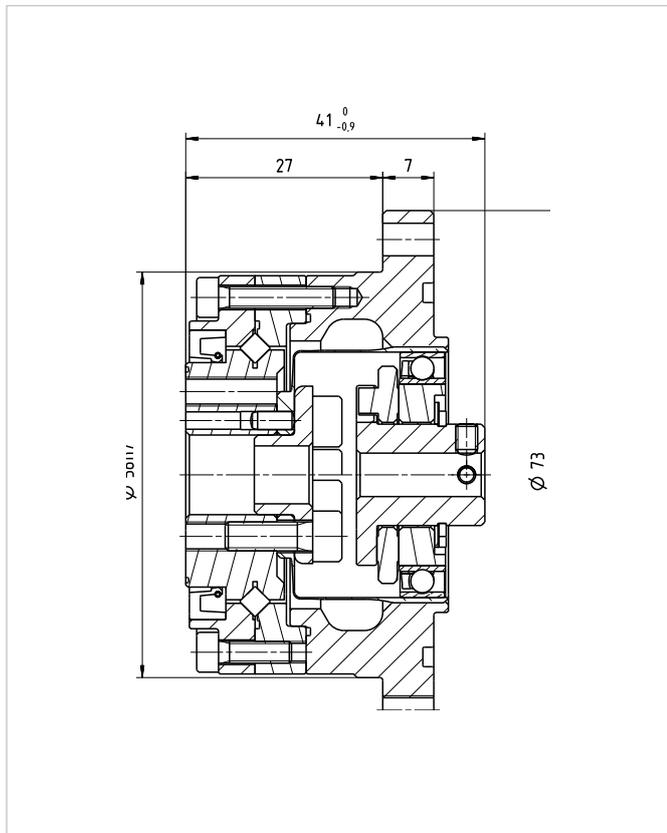


Abbildung 11.2

CobaltLine®-17-2UH [mm]

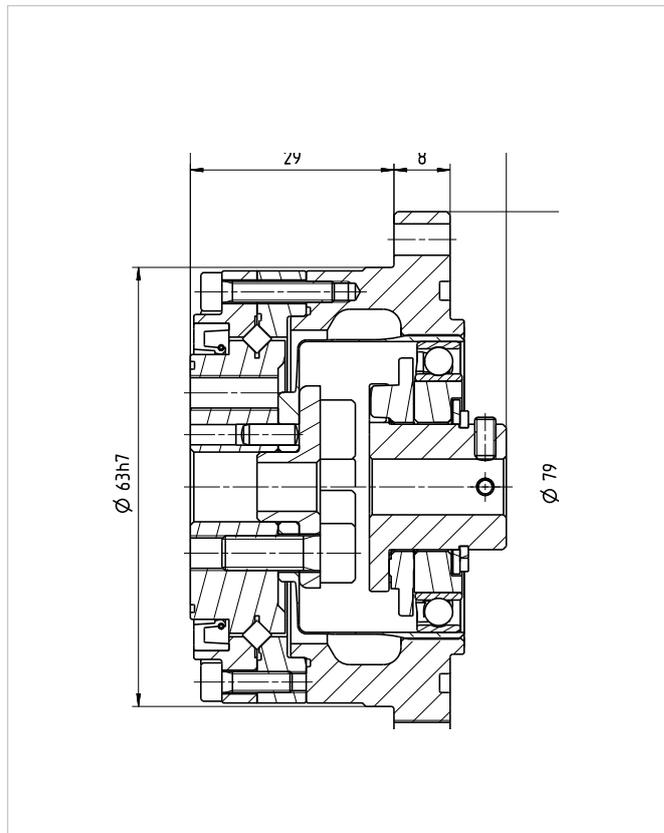


Abbildung 11.3

CobaltLine®-20-2UH [mm]

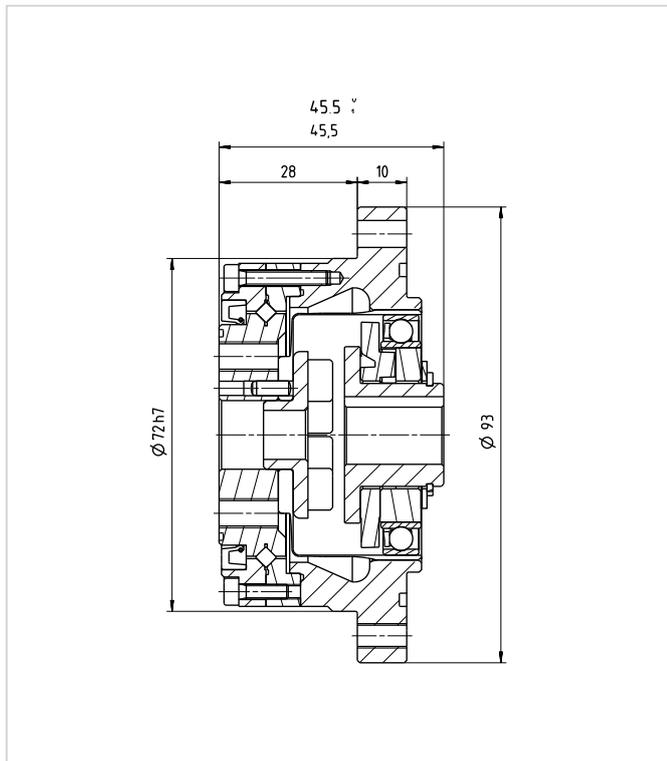
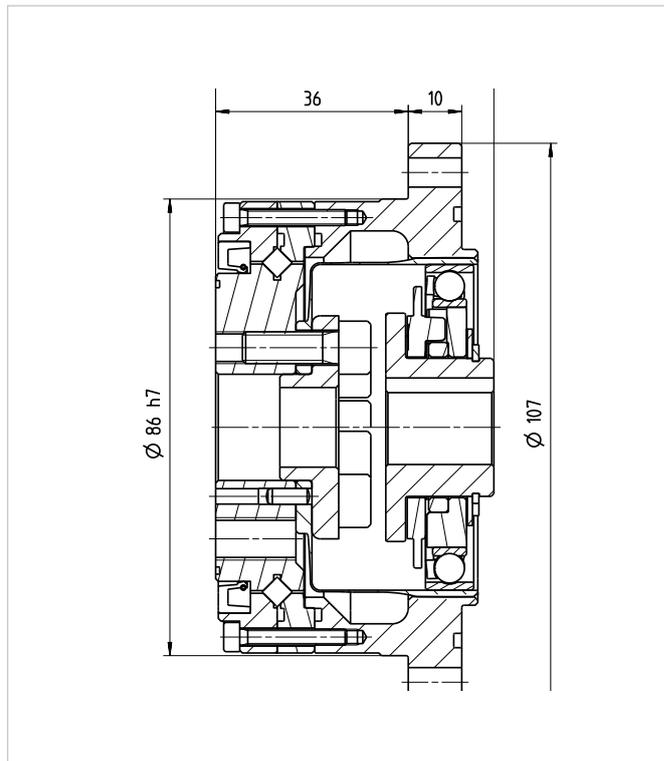


Abbildung 11.4

CobaltLine®-25-2UH [mm]



QUICKLINK

www.harmonicdrive.de/CAD2020

Tabelle 12.1

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

Abbildung 12.2

CobaltLine®-32-2UH [mm]

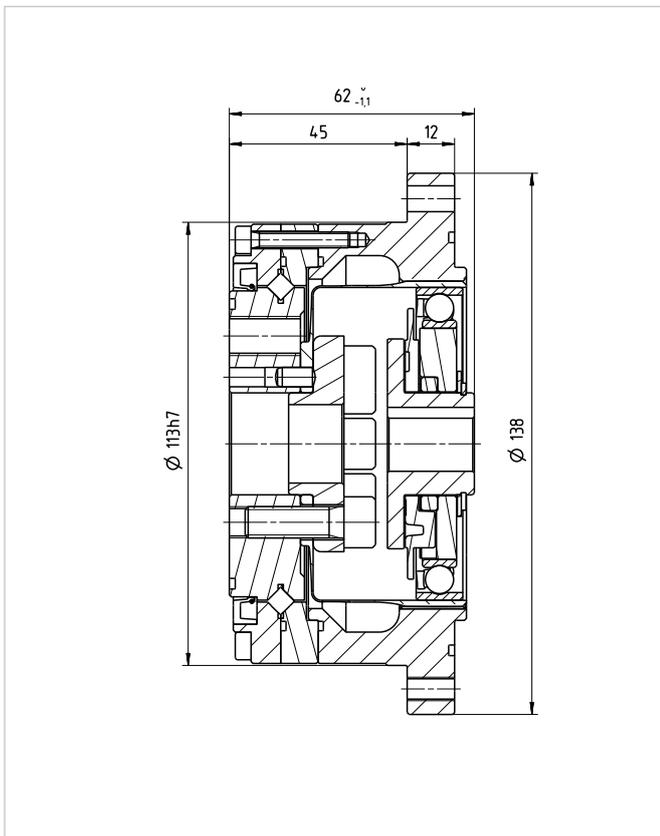
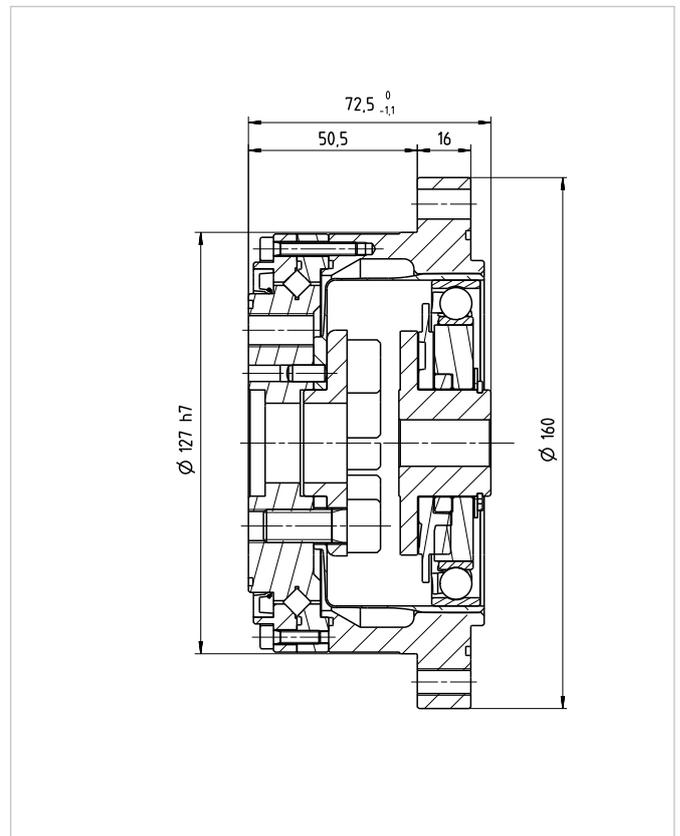


Abbildung 12.3

CobaltLine®-40-2UH [mm]



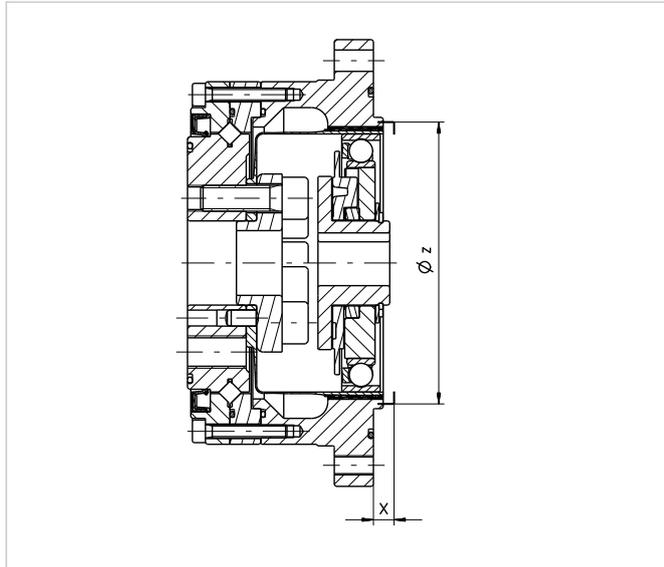
3.3.3 Minimaler Gehäuseabstand

Tabelle 13.1

[mm]

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| X | 6,0 | 4,5 | 3,5 | 4,0 | 3,5 | 4,0 |
| ØZ | 38 | 45 | 53 | 66 | 86 | 106 |

Abbildung 13.2



3.3.4 Genauigkeit

Tabelle 13.3

[arcmin]

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

¹⁾ Höhere Genauigkeit auf Anfrage

3.3.5 Torsionssteifigkeit

Tabelle 13.4

| Baugröße | | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|---------------------|--|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| T ₁ [Nm] | | 2 | 3,9 | 7 | 14 | 29 | 54 |
| T ₂ [Nm] | | 6,9 | 12 | 25 | 48 | 108 | 196 |
| i = 30 | K ₃ [x10 ³ Nm/rad] | 3,4 | 6,7 | 11 | 21 | 49 | - |
| | K ₂ [x10 ³ Nm/rad] | 2,4 | 4,4 | 7,1 | 13 | 30 | - |
| | K ₁ [x10 ³ Nm/rad] | 1,9 | 3,4 | 5,7 | 10 | 24 | - |
| 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 | 120 | 230 |
| | K ₂ [x10 ³ Nm/rad] | 6,1 | 14 | 25 | 50 | 110 | 200 |
| | K ₁ [x10 ³ Nm/rad] | 4,7 | 10 | 16 | 31 | 67 | 130 |

3.3.6 Lagerung

Abtriebslagerung

Die CobaltLine®-ZUH 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 14.1 angegeben.

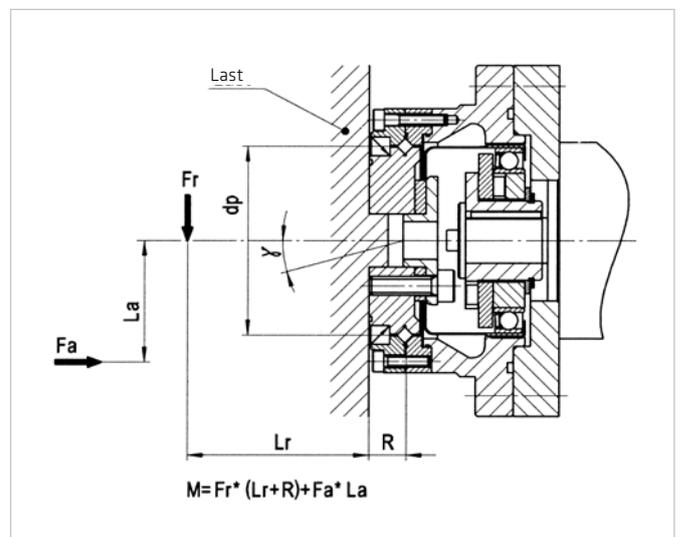
Tabelle 14.1

| Baugröße | | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|---|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lagertyp ¹⁾ | | C | C | C | C | C | C |
| Teilkreis \varnothing | d_p [m] | 0,035 | 0,043 | 0,050 | 0,062 | 0,080 | 0,096 |
| Abstand ²⁾ | R [m] | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 11,5 | 13,0 | 14,5 |
| Dynamische Tragzahl | C [N] | 4740 | 5290 | 5790 | 9600 | 15000 | 21300 |
| Statische Tragzahl | C_0 [N] | 6070 | 7550 | 9000 | 15100 | 25000 | 36500 |
| Zulässiges dynamisches Kippmoment ³⁾ | M [Nm] | 41 | 64 | 91 | 156 | 313 | 450 |
| Zulässiges statisches Kippmoment ⁴⁾ | M_0 [Nm] | 53 | 80 | 113 | 234 | 500 | 876 |
| Kippsteifigkeit ⁵⁾ | K_B [Nm/arcmin] | 13 | 22,5 | 37 | 70 | 157 | 265 |
| Zulässige Axiallast ⁵⁾ | F_a [N] | 3374 | 3207 | 3511 | 5827 | 7926 | 11242 |
| Zulässige Radiallast ⁵⁾ | F_r [N] | 2256 | 2148 | 2354 | 3904 | 6101 | 8652 |

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. 14.1
- ³⁾ Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren nicht auf der Lebensdauerergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der max. zulässigen Verkipfung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauerergleichung 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 4.6.
- 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: $M, M_0 : F_a = 0, F_r = 0 \mid F_a : M = 0, F_r = 0 \mid F_r : M = 0, F_a = 0$
- ⁶⁾ Mittelwert

Abbildung 14.2



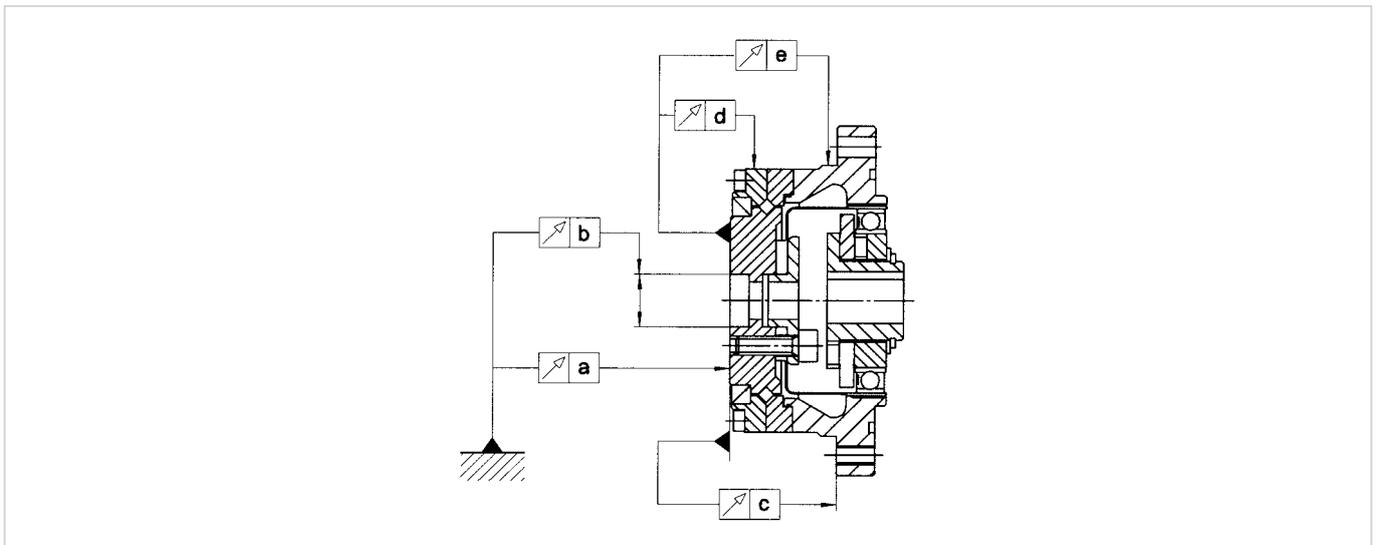
Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Tabelle 15.1

[mm]

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| b | 0,010 | 0,012 | 0,012 | 0,013 | 0,013 | 0,015 |
| c | 0,024 | 0,026 | 0,038 | 0,045 | 0,056 | 0,060 |
| d | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,015 |
| e | 0,038 | 0,038 | 0,047 | 0,049 | 0,054 | 0,060 |

Abbildung 15.2



3.3.7 Verwendete Materialien

Material:

Gehäuse: Grauguss und Wälzlagerstahl.

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

Oberflächen:

Schrauben gegen Korrosion beschichtet.

Gehäuseflächen: Blank

Antriebslager: Blanker Wälzlagerstahl.

4. Antriebsauslegung

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

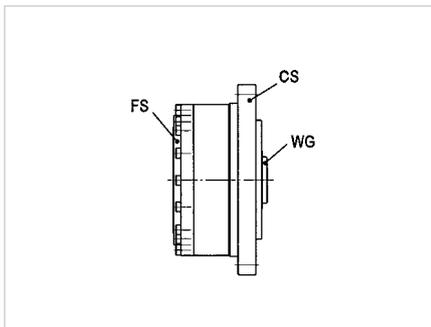
Gleichung 16.1

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

Überblick Harmonic Drive® Produkte

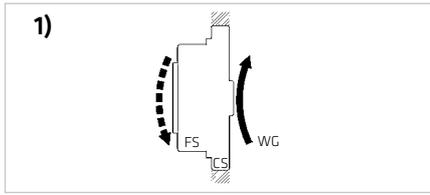
Die drei Hauptkomponenten der Harmonic Drive® Units, Circular Spline (CS), Flexpline (FS) und Wave Generator (WG) sind in der Abbildung 16.2 zu sehen.

Abbildung 16.2



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

Untersetzung



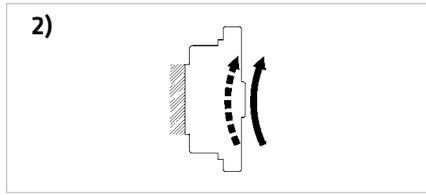
Untersetzungsgetriebe

CS Fixiert
WG Antrieb
FS Abtrieb

Gleichung 17.1

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



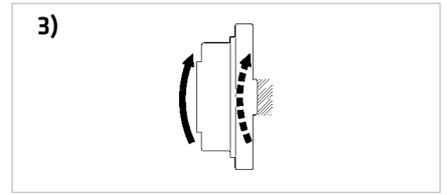
Untersetzungsgetriebe

FS Fixiert
WG Antrieb
CS Abtrieb

Gleichung 17.2

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



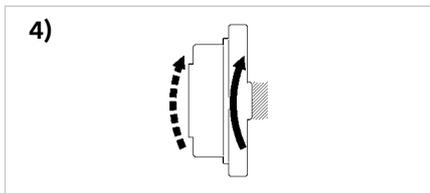
Untersetzungsgetriebe

WG Fixiert
FS Antrieb
CS Abtrieb

Gleichung 17.3

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



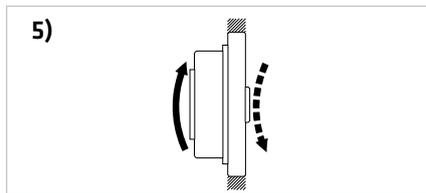
Übersetzungsgetriebe

WG Fixiert
CS Antrieb
FS Abtrieb

Gleichung 17.4

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



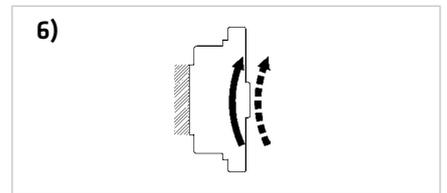
Übersetzungsgetriebe

CS Fixiert
FS Antrieb
WG Abtrieb

Gleichung 17.5

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

An- und Abtrieb drehen entgegengesetzt.



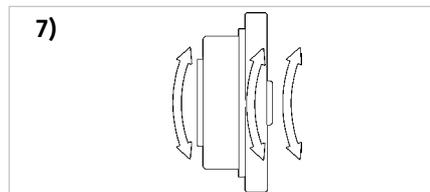
Übersetzungsgetriebe

FS Fixiert
CS Antrieb
WG Abtrieb

Gleichung 17.6

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

An- und Abtrieb drehen gleichsinnig.



Differenzialgetriebe

WG Regelantrieb
CS Hauptantrieb
FS Hauptabtrieb

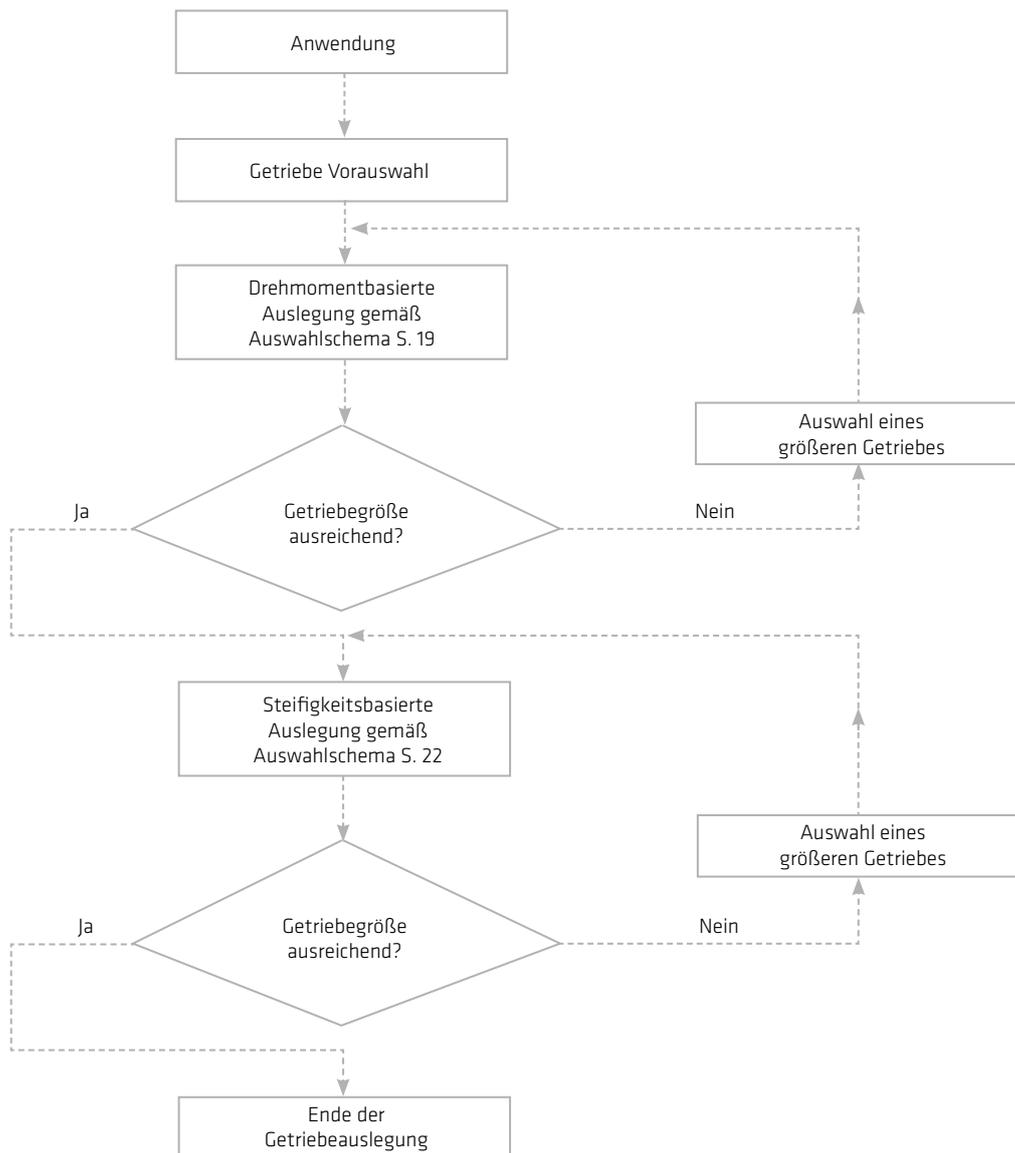
Zahlreiche Differenzialfunktionen können durch Kombination der Drehzahl und Drehrichtung der drei Bauteile erreicht werden. Wir beraten Sie gerne!

4.1 Auslegung von Harmonic Drive® Getrieben

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

HINWEIS

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

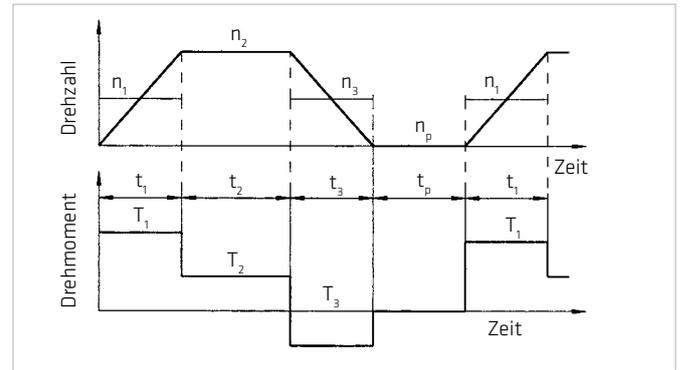


4.1.1 Drehmomentbasierte Auslegung

Belastungsdaten des Abtriebes

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

Abbildung 19.1



Gleichung 19.2

Belastungsgrenze 1,
Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes T_{av}

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

Gleichung 19.3

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

Nein → Auswahl eines größeren Getriebes

Gleichung 19.4

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

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

Gleichung 19.5

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

Gleichung 19.6

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

Gleichung 19.7

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

Gleichung 19.8

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

Gleichung 19.9

Belastungsgrenze 3, T_M
 $T_k \leq T_M$

Gleichung 19.10

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

Gleichung 19.11

Lebensdauer

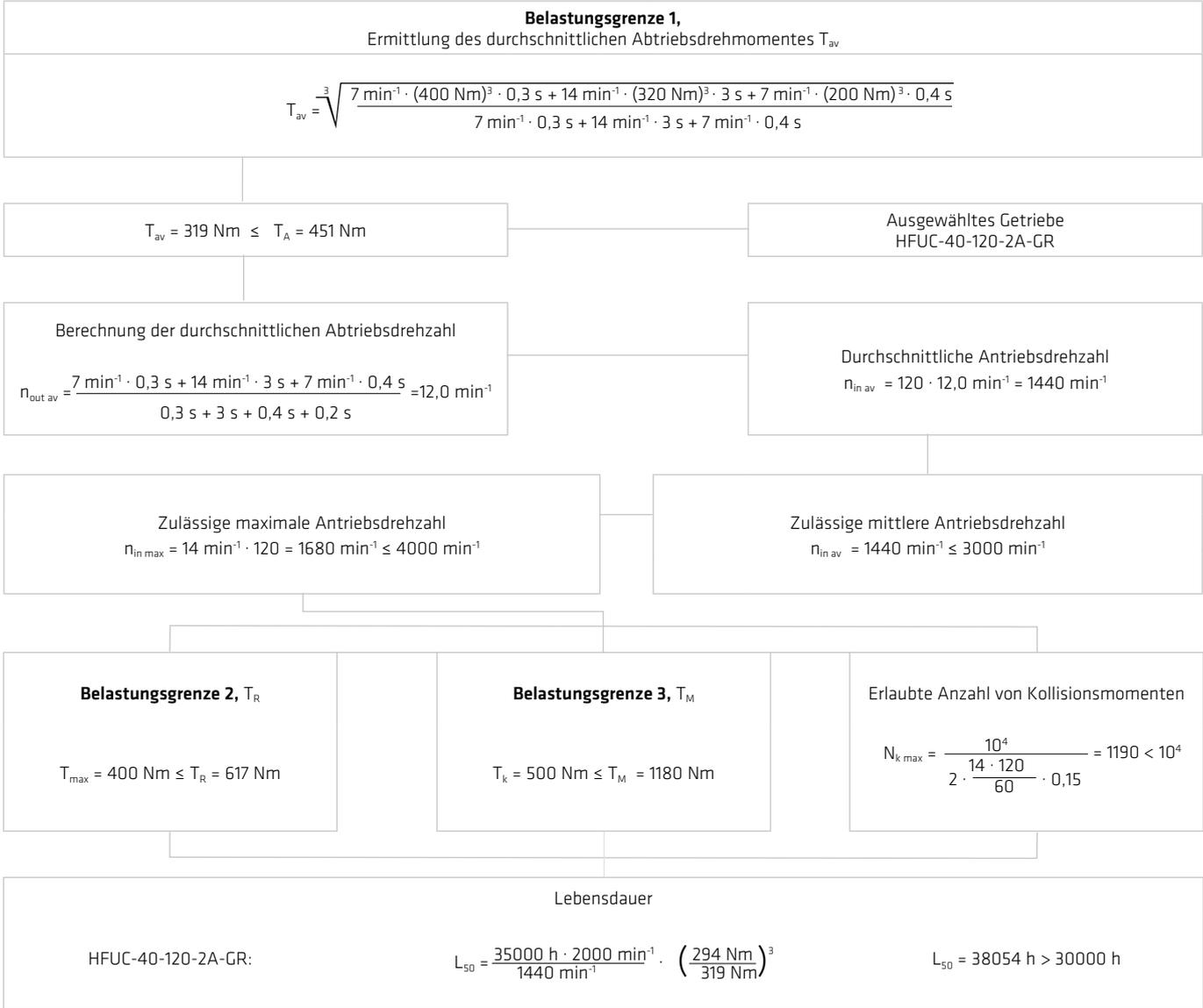
$$L_{50} = L_n \cdot \frac{\text{Nenn-Antriebsdrehzahl}}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{\text{Nennmoment } T_N}{T_{av}} \right)^3$$

Werte für L_n siehe Tabelle 21.1

Belastungsdaten am Abtrieb

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

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



4.1.2 Lebensdauer des Wave Generator Kugellagers

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

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

Tabelle 21.1

[h]

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

Gleichung 21.2

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

Gleichung 21.3

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

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

4.1.3 Steifigkeitsbasierte Auslegung

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

Tabelle 22.1

[Hz]

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

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

Auslegungsbeispiel: Steifigkeitsbasierte Auslegung

Resonanzfrequenz (Getriebeabtrieb)

Mit der Formel

Gleichung 23.1

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

f_n = Resonanzfrequenz [Hz]

K_1 = Getriebe Torsionssteifigkeit K_1 [Nm/rad]

J = Massenträgheitsmoment der Last [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 22.1 angegebenen Wert entsprechen. Mit steigendem Massenträgheitsmoment der Last steigt auch der Einfluss der Anwendung auf das Auslegungsergebnis. Wenn das Massenträgheitsmoment = 0 ist, hat die gewählte Anwendung keinen rechnerischen Einfluss auf das Auslegungsergebnis.

Resonanzdrehzahl (Getriebeeingang)

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

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

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

Auslegungsbeispiel

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

Geplante Anwendung: Fräskopf Holzbearbeitung

Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment: 7 kgm²

Empfohlene Resonanzfrequenz aus Tabelle 22.1: ≥ 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 24.1

$$T \leq T_1$$

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

Gleichung 24.2

$$T_1 < T \leq T_2$$

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

Gleichung 24.3

$$T > T_2$$

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

φ = Winkel [rad]

T_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 24.4

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

4.3 Genauigkeit der Oldham Kupplung

Informationen zur Oldham Kupplung finden Sie in Kapitel 5.7.2: „Wave Generator Komponenten“ und „Modifikationen des Wave Generators“.

Im Bereich des Zahneingriffs sind Harmonic Drive® Getriebe spielfrei. Wird eine Oldham Kupplung zum Ausgleich von Koaxialitätsfehlern der Motorwelle eingesetzt, kann am Abtrieb ein geringes Spiel im Bereich von wenigen Winkelsekunden auftreten, siehe Tabelle 24.5.

Tabelle 24.5

| 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 |

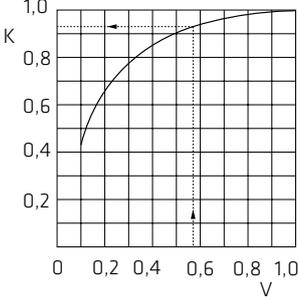
[arcsec]

4.4 Lastabhängiger Wirkungsgrad

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

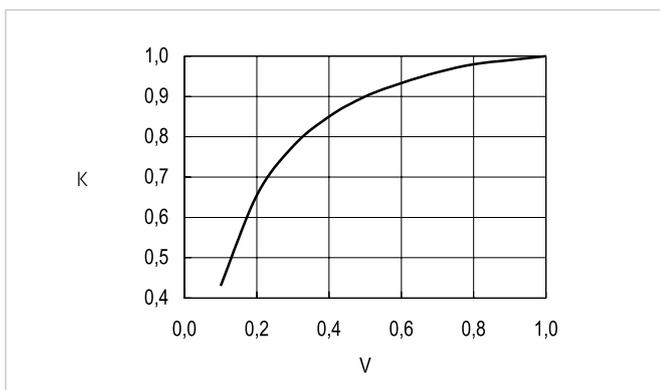
4.4.1 Wirkungsgradberechnung

Tabelle 25.1

| Berechnungsschema | Beispiel |
|---|--|
| Der Wirkungsgrad wird mittels der Wirkungsgrad-Diagramme ermittelt. | 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 |
| Berechnung des Drehmomentfaktors V . | Aus zugehörigem Diagramm $\eta = 78 \%$ |
| $V = \frac{T_{av}}{T_N} \quad \text{[Gleichung 25.2]}$ <p>mit: T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment T_N = Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl</p> | $T_{av} = 19,6 \text{ Nm}$ $T_N = 34,0 \text{ Nm}$ $V = \frac{19,6 \text{ Nm}}{34,0 \text{ Nm}} = 0,57$ |
| Berechnungsfaktor K in Abhängigkeit von Getriebebaureihe und V , siehe Abb. 25.4. |  |
| Wirkungsgrad $\eta_L = \eta \cdot K$ [Gleichung 25.3] | $\eta_L = 78 \cdot 0,93 = 73 \%$ |

Berechnungsfaktor K

Abbildung 25.4

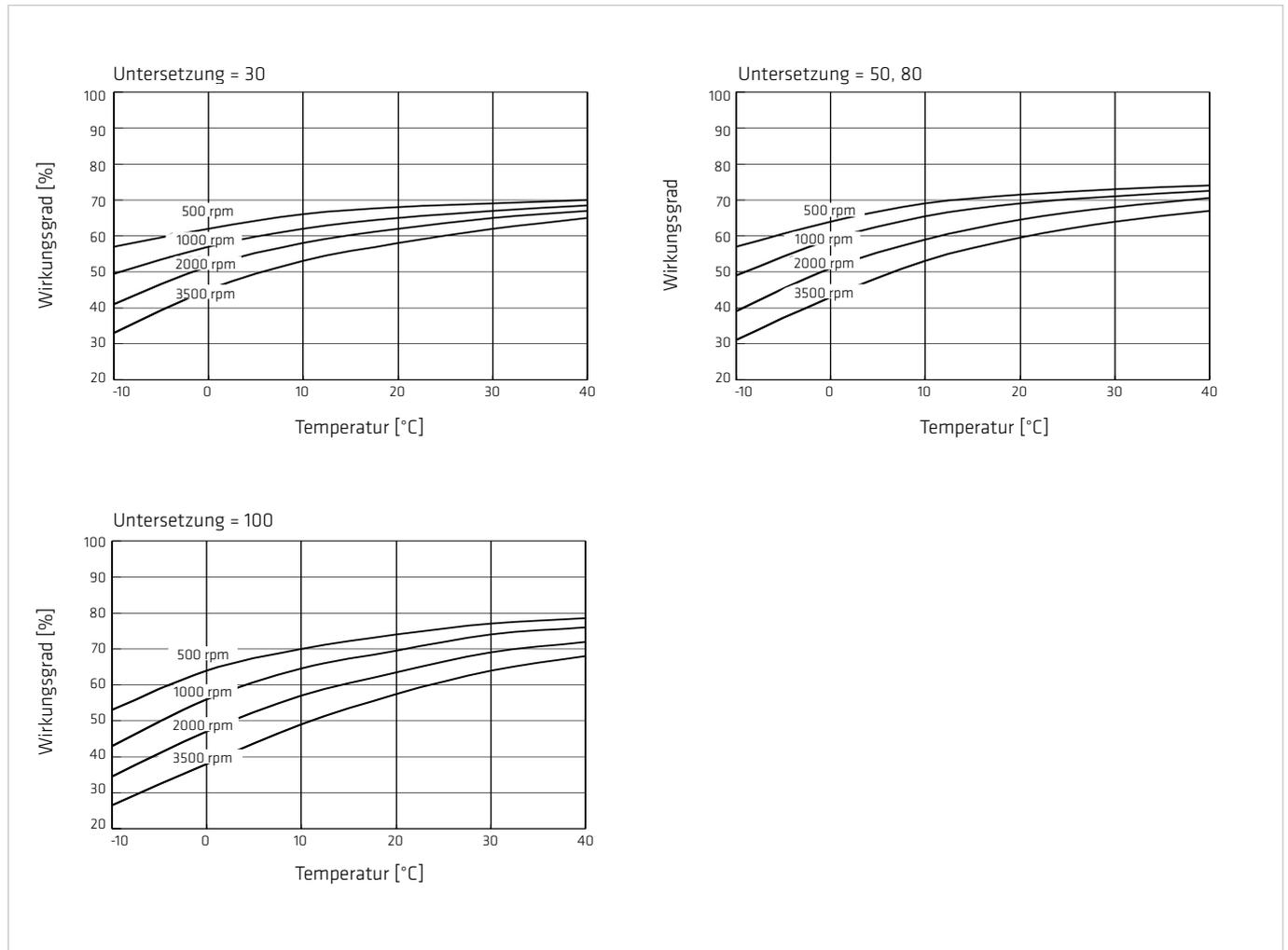


4.4.2 Wirkungsgradtabellen

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment und Harmonic Drive® Schmierfett

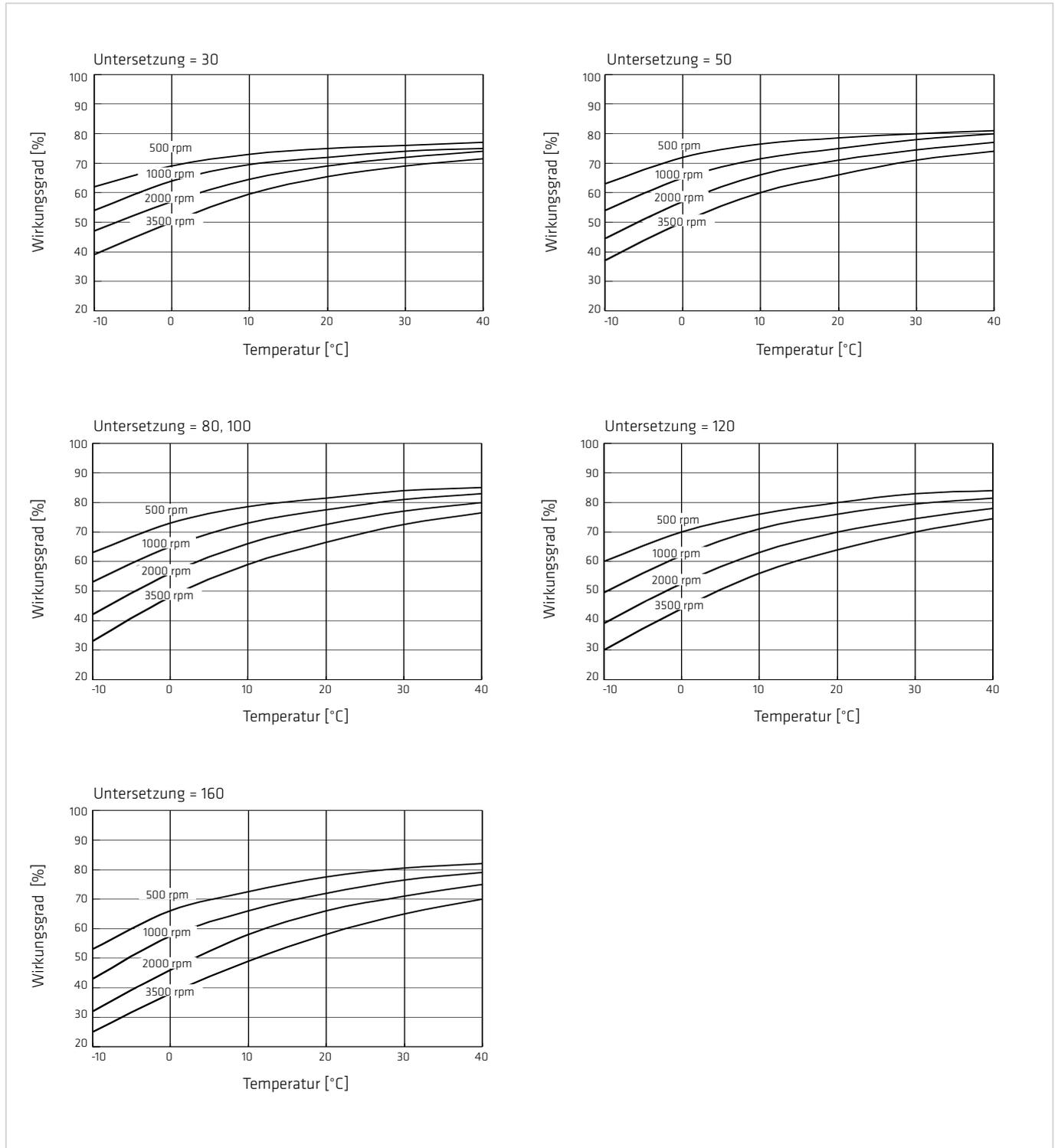
Baugröße 14

Abbildung 26.1



Baugröße 17 - 90

Abbildung 27.1



4.5 Lastfreie Drehmomente

Lastfreies Laufdrehmoment

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

Lastfreies Anlaufdrehmoment

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

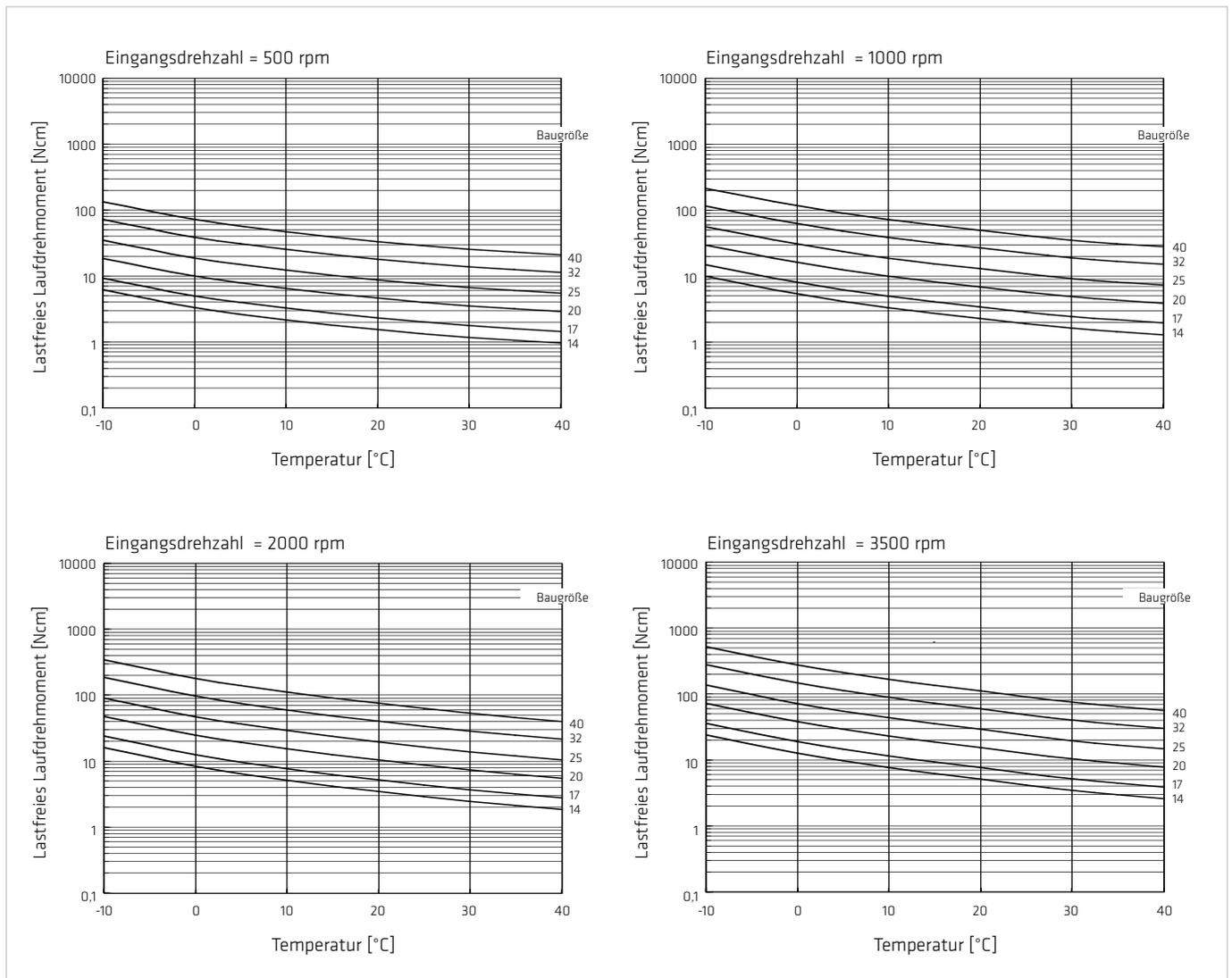
Lastfreies Rückdrehmoment

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

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

4.5.1 Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 28.1



Korrekturwert lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 29.1

[Ncm]

| Untersetzung | Baugröße | | | | | |
|--------------|----------|------|------|------|------|------|
| | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
| 30 | 2,5 | 3,8 | 5,4 | 8,8 | 16,0 | - |
| 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 |

4.5.2 Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 29.2

[Ncm]

| Untersetzung | Baugröße | | | | | |
|--------------|----------|-----|-----|-----|----|----|
| | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
| 30 | 6,4 | 9,3 | 15 | 25 | 54 | - |
| 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 |

4.5.3 Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 29.3

[Nm]

| Untersetzung | Baugröße | | | | | |
|--------------|----------|-----|-----|-----|----|----|
| | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
| 30 | 2,4 | 3,8 | 6,2 | 11 | 23 | - |
| 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 |

4.6 Abtriebslager – Lebensdauer

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 30.1 bestimmt werden.

Gleichung 30.1

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

mit:

L_{10} [h] = Lebensdauer

n_{av} [min⁻¹] = durchschnittl. Abtriebsdrehzahl (Gleichung 30.2)

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

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 31.1)

f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 30.3)

B = Lagertyp (Tabelle 30.4)

Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit

Gleichung 30.2

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

Tabelle 30.3

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

Tabelle 30.4

| Lagertyp | B |
|------------------|------|
| Kreuzrollenlager | 10/3 |
| Vierpunktlager | 3 |

Dynamische Äquivalentlast

Gleichung 31.1

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

mit:

F_{rav} [N] = Radialkraft (Gleichung 31.2)

x = Radialkraftfaktor (Tabelle 31.4)

F_{aav} [N] = Axialkraft (Gleichung 31.3)

y = Axialkraftfaktor (Tabelle 31.4)

d_p [m] = Teilkreis (Tabelle 14.1)

M = Kippmoment (Abb. 14.2)

Gleichung 31.2

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

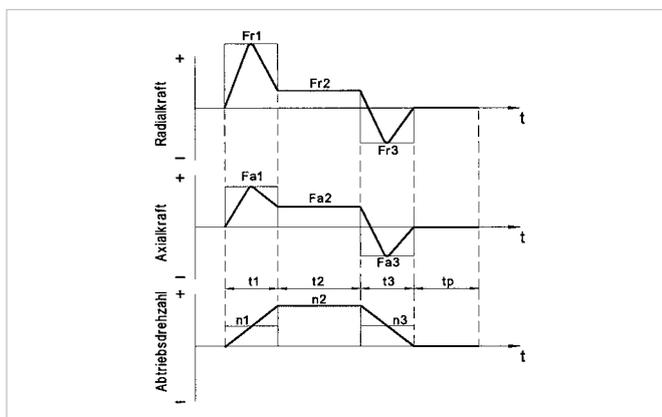
Gleichung 31.3

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

Tabelle 31.4

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

Abbildung 31.5



Hinweis:

F_{rx} entspricht der maximal auftretenden Radialkraft.

F_{ax} entspricht der maximal auftretenden Axialkraft.

t_p stellt die Pausenzeit dar.

4.6.1 Abtriebslager bei Schwenkbewegungen

Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

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

Gleichung 32.1

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

mit:

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

n_1 [cpm] = Anzahl Schwingungen/Minute*

C [N] = Dynamische Tragzahl, s. Tabelle 14.1

P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast (Gleichung 31.1)

φ [Grad] = Schwenkwinkel

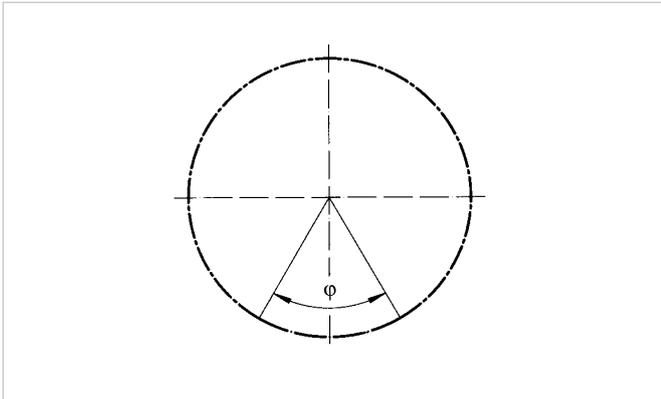
f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 30.3)

* eine Schwingung entspricht 2φ

Schwenkwinkel

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

Abbildung 32.2



4.7 Zulässiges statisches Kippmoment

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

Gleichung 33.1

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

und so

Gleichung 33.2

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

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

C_0 = Statische Tragzahl

F_r = $F_a = 0$

x_0 = 1

y_0 = 0,44

P_0 = Statische Äquivalentlast (Gleichung 33.1)

d_p = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers (Tabelle 14.1)

M = Kippmoment (Abb. 14.2)

M_0 = Zulässiges statisches Kippmoment

Tabelle 33.3

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

4.8 Kippwinkel

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

Gleichung 33.4

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

mit:

γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers

M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager

K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers (Tabelle 14.1)

4.9 Schmierung

Leistungsdaten und Schmierstoffe

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

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

4.9.1 Fettschmierung

Einsatz der Harmonic Drive® Schmierfette

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

Achtung!

Die Harmonic Drive® Schmierfette 4BNo.2 und Flexolub-A1 werden im Betrieb relativ dünnflüssig. Beim Einsatz dieser Fette muss die Konstruktion daher öldicht ausgeführt werden. Wegen der besonderen Eigenschaften dieser Fette kann ein geringer Grundölaustritt an den Radialwellendichtungen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Wir empfehlen den Einsatz von FPM (Viton®) Dichtungen.

Tabelle 34.1

| Fett | Untersetzung ≥ 50 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|--|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | Baugröße | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 | 45 | 50 | 58 | 65 | 80 | 90 | 100 |
| Flexolub A1 | - | Standard für CPU und CobaltLine® Units | | | | | | | | | | | | | |
| SK-1A | - | | | Standard | | | | | | | | | | | |
| SK-2 | Standard | | | - | | | | | | | | | | | |
| 4BNo.2 | - | Für hoch beanspruchte Getriebe* | | | | | | | | | | | | | |

Tabelle 34.2

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

Bemerkungen:

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

Tabelle 35.1 enthält einige wichtige Informationen zu den Harmonic Drive® Schmierfetten.

Tabelle 35.1

| 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 36.1 enthält Beispiele für Schmierstoffe bei besonderen Betriebsbedingungen. Im Einzelfall sind eventuell andere Schmierstoffe empfehlenswert. Bei der Auslegung für erweiterte Betriebstemperaturen müssen ggf. geänderte Grenzwerte berücksichtigt werden. Bitte wenden Sie sich an die Harmonic Drive AG.

Tabelle 36.1

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

Bemerkungen:

¹⁾ Betriebstemperatur = Schmierstofftemperatur

²⁾ Anwendungstests empfohlen

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

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

i=5 und i>8 anwendbar. Für Lebensmittel-Kompatibilität müssen Abtriebs- und Stützlager umgefettet werden, falls vorhanden.

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

4.9.2 Ölschmierung

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

Tabelle 36.2

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

Bitte Hinweise aus 5.5.5 beachten.

4.10 Axialkräfte am Wave Generator

Wird ein Harmonic Drive Getriebe® im Untersetzungsbetrieb (Lasteinleitung über den Wave Generator) eingesetzt, so führt die Verformung des Flexsplines zu einer Axialkraft, die auf den Wave Generator in Richtung des Flexspline-Flansches wirkt, siehe Abb. 37.1. Beim Einsatz eines Harmonic Drive® Einbausatzes im Übersetzungsbetrieb (Rückwärtsbetrieb z.B. beim Bremsen) wirkt die Axialkraft in entgegengesetzter Richtung.

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

Abbildung 37.1

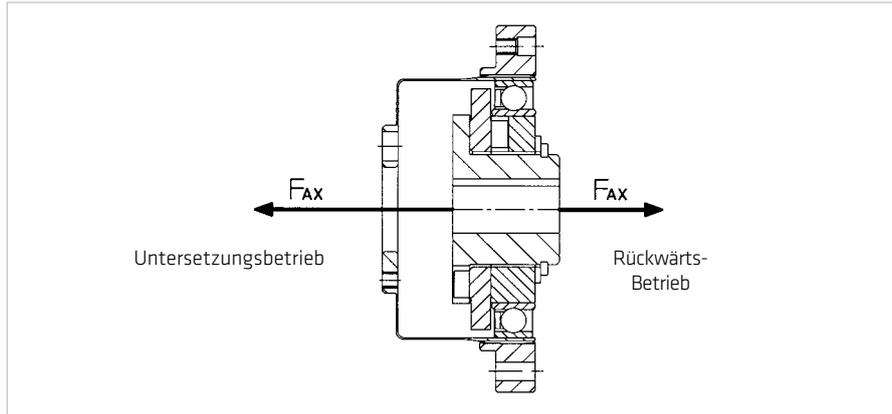


Tabelle 37.2

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

mit:

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

Beispiel

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

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

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

Tabelle 37.6

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

5. Installation und Betrieb

5.1 Transport und Lagerung

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

5.2 Anlieferungszustand

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

Getriebe mit Fettschmierung

Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert.

Getriebe mit Ölschmierung

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

Ölmenge

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

5.3 Montagehinweise

HINWEIS

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

5.4 Montagetoleranzen

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

Abbildung 39.1

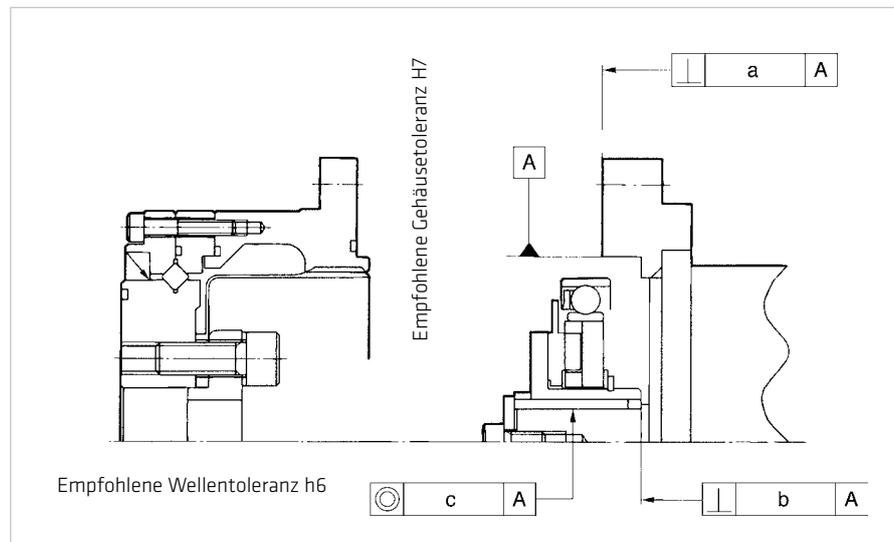


Tabelle 39.2

[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.

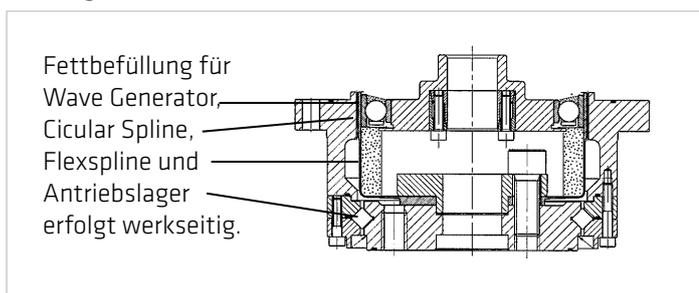
5.5 Schmierung

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

5.5.1 Fettschmierung

Die Units werden standardmäßig mit einer Fettfüllung geliefert. Abb. 39.3 zeigt die bei Anlieferung von Standardgetrieben fertig geschmierten Bereiche. Wenn nichts anderes vereinbart wurde, sind die Units der Baugrößen 14 und 17 mit dem Fett SK-2 und Units der Baugröße 20 - 90 mit dem Fett SK-1A gefettet. Beim Einsatz eines anderen Fettes ist der Fett-Typ auf der Kundenzeichnung vermerkt. Die Hochleistungsfette 4BNo.2 und Flexolub-A1 sind für diese Produkte einsetzbar.

Abbildung 39.3



5.5.2 Fettmenge

Abbildung 40.1

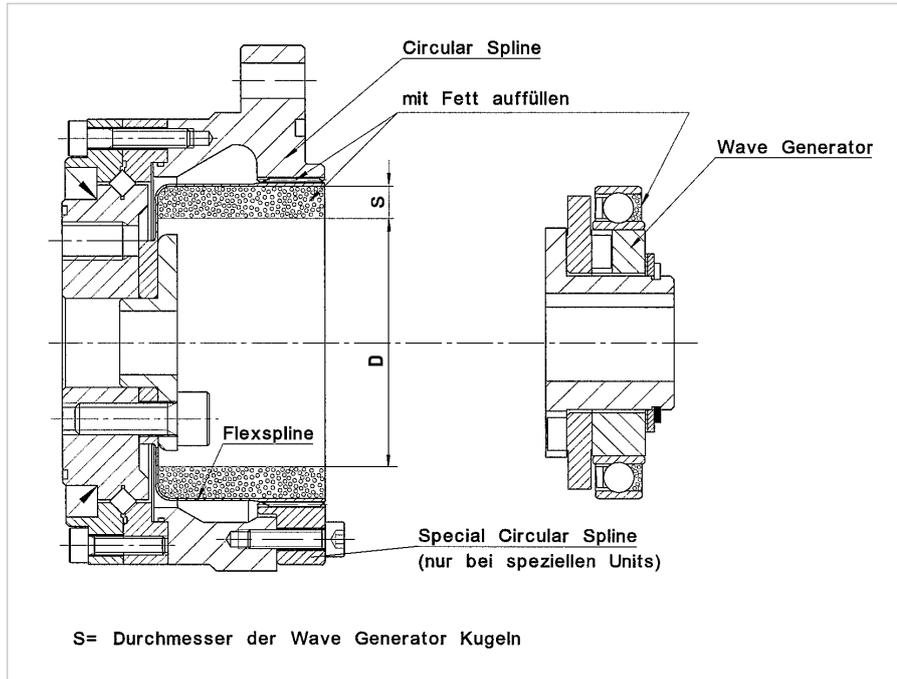
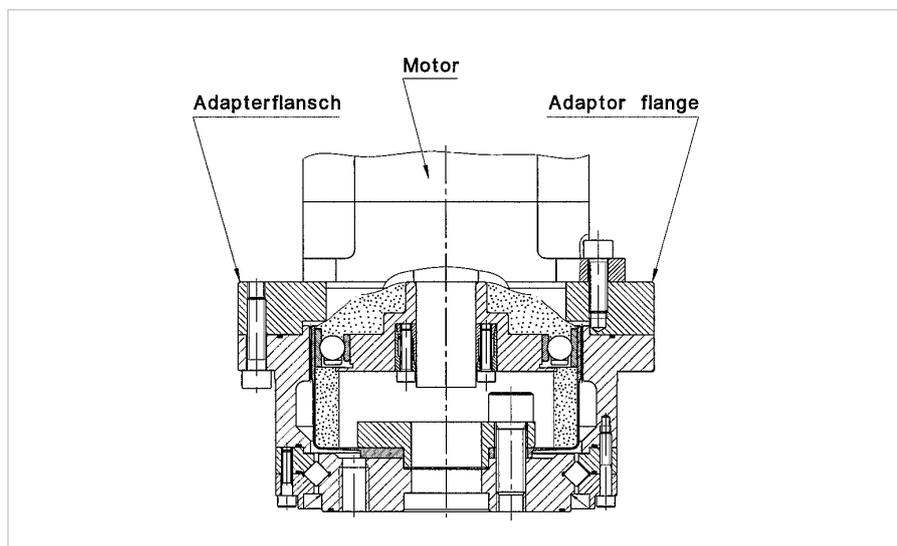


Tabelle 40.2

[mm]

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|----------|----|----|-----|-----|----|-----|
| D | 28 | 33 | 40 | 50 | 66 | 79 |
| S | 3 | 4 | 4,5 | 5,5 | 7 | 9,5 |

Abbildung 40.3



5.5.3 Fettreservoir

Beim Einsatz des von Harmonic Drive AG empfohlenen Flanschdesigns kann die Unit in allen Betriebspositionen eingesetzt werden. Zur Erzielung der maximalen Getriebelebensdauer empfehlen wir, bei der Montage der Unit eine zusätzliche Fettmenge im Fettreservoir zwischen Wave Generator und Lagerschild des Motors zu platzieren, s. Abb. 41.2

Tabelle 41.1

| Baugröße | | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|--|------------------------|-----|----|----|----|----|-----|
| Standard Fettmenge | ca. [g] | 5,5 | 10 | 16 | 40 | 60 | 130 |
| | ca. [cm ³] | 6 | 11 | 18 | 44 | 66 | 143 |
| Zusätzlich erforderliche Fettmenge bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator | ca. [g] | 3 | 4 | 9 | 13 | 22 | 44 |
| | ca. [cm ³] | 3 | 5 | 9 | 14 | 24 | 49 |

Abbildung 41.2

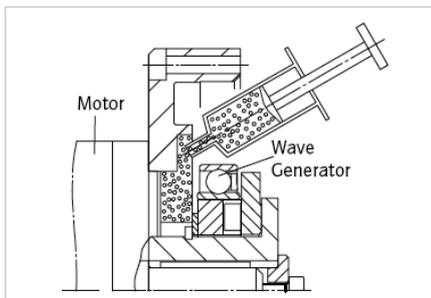


Abbildung 41.3

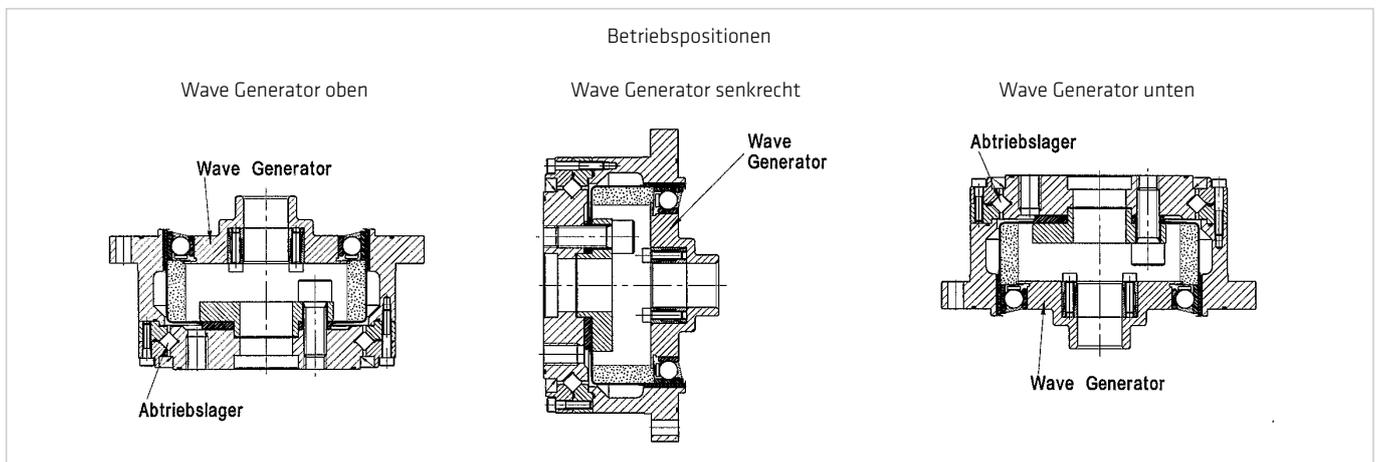


Tabelle 41.4

[kg]

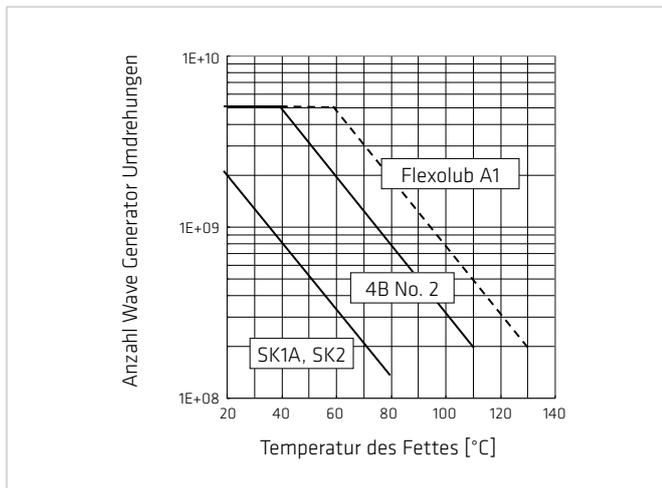
| Bestellbezeichnung | Verfügbare Gebinde |
|-------------------------|--------------------|
| Spezialfett Flexolub-A1 | 1,0; 25 |

5.5.4 Fettwechsel

Für den Fettwechsel sollte das Getriebe vollständig ausgebaut und gereinigt werden. Neues Fett sollte in den Flexspline, das Wave Generator Kugellager, die Oldham Kupplung und in die Verzahnungsbereiche zwischen Circular Spline und Flexspline gefüllt werden.

In Abb. 42.1 sind die Fettwechselintervalle in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben. Dieses Diagramm ist gültig bei Belastung der Getriebe mit Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl. Die zulässige Anzahl der Umdrehungen des Antriebseslementes kann ermittelt werden. Zum Beispiel, bei Einsatz von SK-1A oder SK-2 Fett sollte bei einer Temperatur von 40 °C ein Fettwechsel nach etwa $8,5 \times 10^8$ Umdrehungen des Antriebseslementes stattfinden.

Abbildung 42.1



Gleichung 42.2

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

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

L_{GTn} = siehe Diagramm

T_N = Nenndrehmoment

T_{av} = Durchschnittliches Drehmoment

5.5.5 Ölschmierung

Harmonic Drive® Units mit Ölschmierung sind im allgemeinen kundenspezifische Sonderanfertigungen. Bitte befolgen Sie die Hinweise auf der Bestätigungszeichnung. Von der Harmonic Drive AG freigegebene Schmieröle finden Sie unter Punkt 4.9.2. Mindestens sind Mineralöl CPL 68 (ISO VG 68) nach DIN 51517 T3 zu verwenden. Die Öltemperatur sollte während des Betriebes 90 °C nicht überschreiten. Die Units werden standardmäßig ohne Ölfüllung geliefert. Das Öl muss vom Kunden eingefüllt werden.

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

Der erste Ölwechsel sollte nach etwa 100 Betriebsstunden durchgeführt werden. Anschließende Wechselintervalle hängen von der Belastung ab, sollten jedoch in einem Zeitraum von etwa 1000 Betriebsstunden durchgeführt werden.

Zum Ölwechsel muss das alte Öl vollständig abgelassen werden und neues Öl eingefüllt werden. Mögliche Schmieröle sind in Tabelle 36.2 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

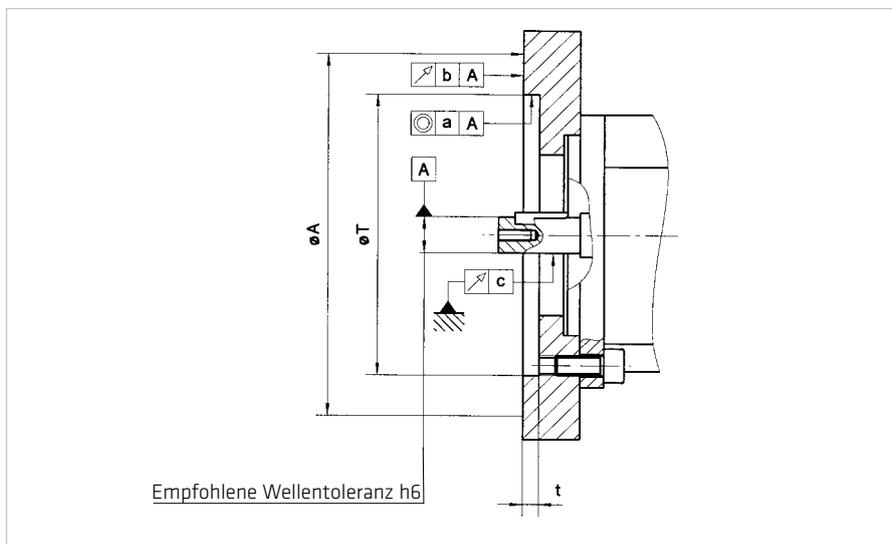
5.7.1 Motoranbau

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 Lage-toleranzen der Motor-Abtriebsseite und der Motorwelle geachtet werden. Die Wellen- und Flanschtoleranzen der eingesetzten Motoren sollten der DIN 42955 entsprechen. Zur optimalen Nutzung der hervorragenden Produkteigenschaften der Units empfehlen wir die Toleranz DIN 42955 R einzuhalten.

Zwischenflansch

Die Übertragungsgenauigkeit des Harmonic Drive® Getriebes hängt auch von den Toleranzen des Zwischenflansches ab. Tabelle 44.1 zeigt die empfohlenen Toleranzen des Motors bei montiertem Zwischenflansch.

Abbildung 44.1



HINWEIS

Wir empfehlen bei der Produktion des Zwischenflansches die Einhaltung der Abmessungen und Toleranzen gemäß Tabelle 44.2. Zur Erzielung der angegebenen Werte für Koaxialität und Planlauf sollten die motor- und getriebeseitigen Flanschlflächen unbedingt in einer einzigen Aufspannung hergestellt werden.

Tabelle 44.2

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a | 0,030 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,050 |
| b | 0,030 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,050 |
| c | 0,015 | 0,015 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 |
| ø A | 73 | 79 | 93 | 107 | 138 | 160 |
| t | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| ø T H7 | 38 | 48 | 56 | 67 | 90 | 110 |

Montage

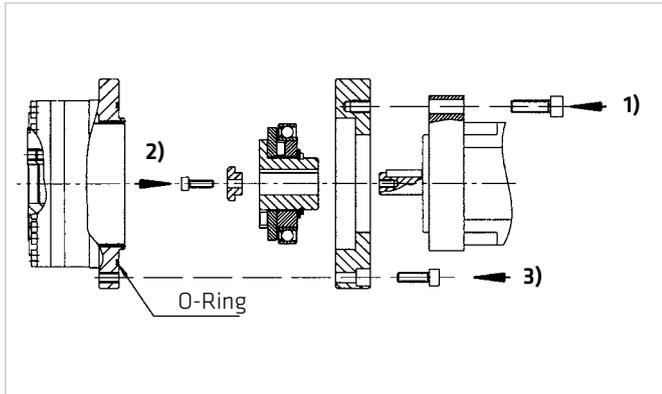
Bei der Montage sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen möglich, siehe Abb. 45.2 und 45.3. Tabelle 45.1 gibt eine Empfehlung über die Vorgehensweise bei der Montage.

Tabelle 45.1

[mm]

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 | Montage empfohlen gemäß Abb. |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------------------------|
| Motor-Zentrier- \varnothing | <35,5 | <43,5 | <50,0 | <62,5 | <81,5 | <100,0 | 45.2 |
| | $\geq 35,5$ | $\geq 43,5$ | $\geq 50,0$ | $\geq 62,5$ | $\geq 81,5$ | $\geq 100,0$ | 45.3 |

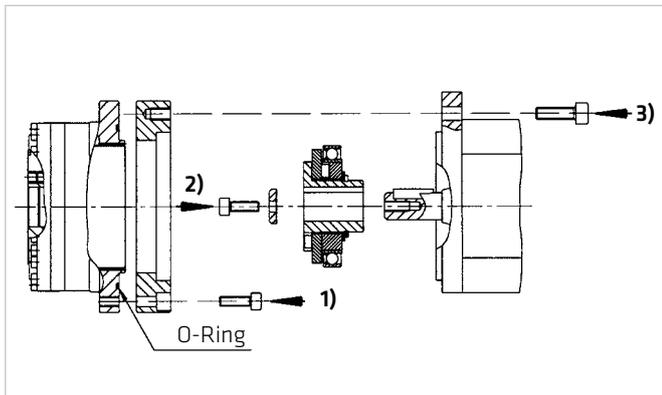
Abbildung 45.2



Montageschritte gemäß Abb. 45.2:

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

Abbildung 45.3



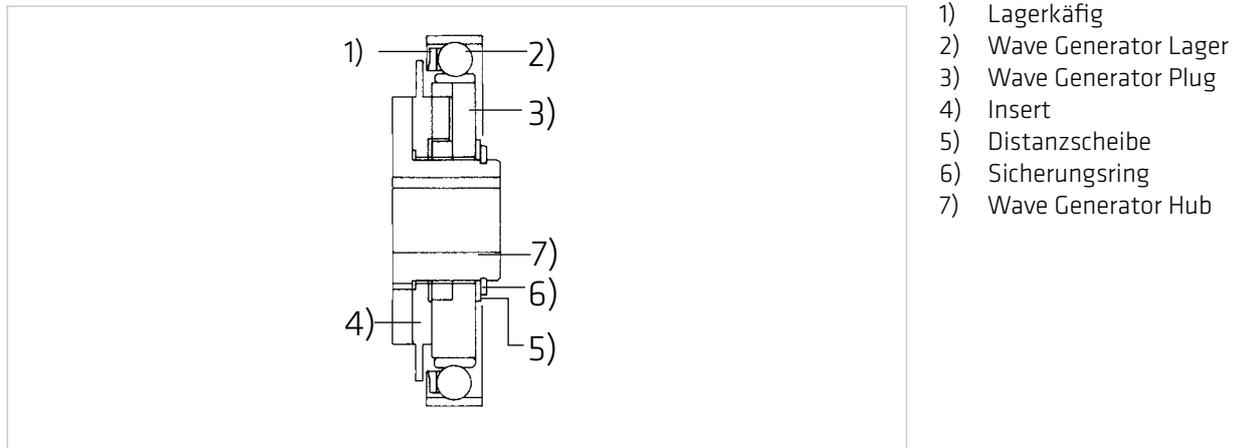
Montageschritte gemäß Abb. 45.3:

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

5.7.2 Wave Generator Komponenten

Abb. 46.1 zeigt einen Standard Wave Generator mit Oldham Kupplung.

Abbildung 46.1

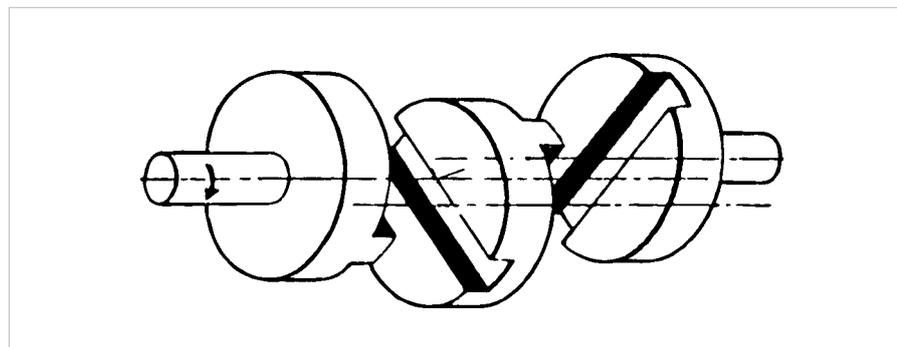


Modifikationen des Wave Generators

Mit Ausnahme der Baureihe CSD haben alle Harmonic Drive® Standardgetriebe der Baugrößen 8-100 zur Kompensation von Rundlauf Fehlern der Motorwelle eine Oldham Kupplung, siehe Abb. 46.2.

Prinzip der Oldham Kupplung

Abbildung 46.2



Bohrungsdurchmesser für Solid Wave Generator

Wird ein Wave Generator mit einer größeren Bohrung oder eine vollständig spielfreie Antriebskupplung benötigt, so kann die Oldham Kupplung entfernt und die Motorwelle direkt mit dem Wave Generator verbunden werden. Bei diesem sogenannten „Solid Wave Generator“ kann die zentrische Bohrung vergrößert oder verzahnt werden, um eine Hohlwelle zu erzeugen oder eine verzahnte Welle aufzunehmen. Maximale Bohrungsdurchmesser mit oder ohne Passfedernut werden in Tabelle 47.2 angegeben. Beim Einsatz eines Solid Wave Generators werden erhöhte Anforderungen an die Gehäuse- und Wellentoleranzen gestellt, siehe Kapitel „Konstruktionshinweise / Montagetoleranzen“ im entsprechenden Produktbereich.

Maximaler Bohrungsdurchmesser ohne Oldham Kupplung

Abbildung 47.1

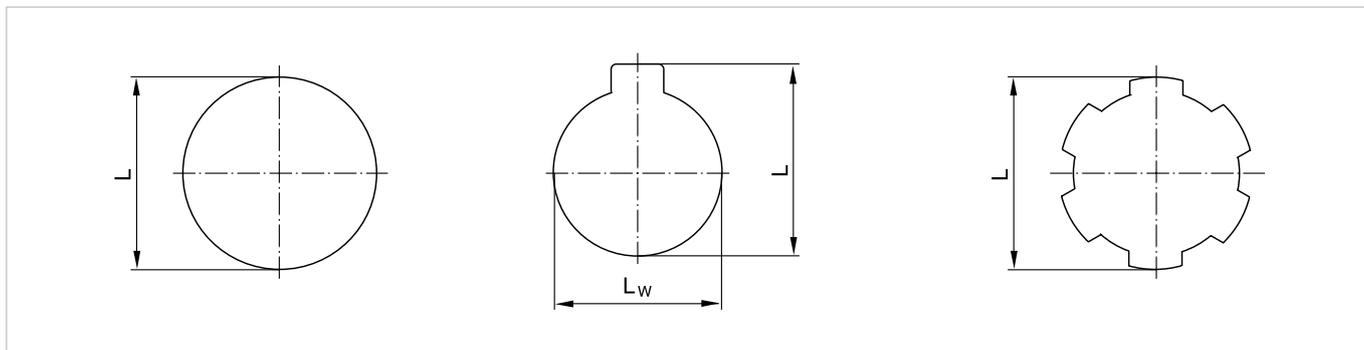


Tabelle 47.2

[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

Verbindung der Motorwelle mit dem Wave Generator

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

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

Abbildung 48.1 Units mit Passfeder

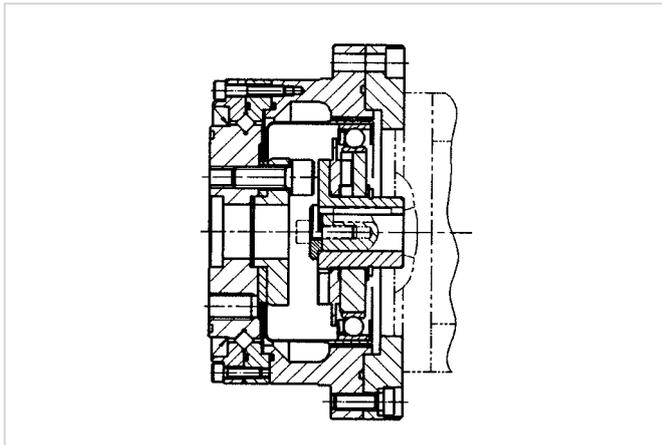
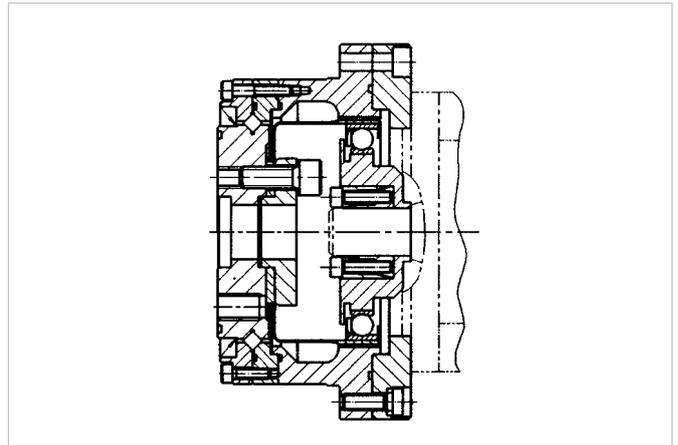


Abbildung 48.2 Units mit Spannelement



Beim Einsatz von Schrittmotoren und bei größeren Wellendurchmessern empfehlen wir, einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung zu verwenden. Abb. 48.1 zeigt die Standardvariante mit Oldham-Kupplung und Passfeder.

Abb. 48.2 zeigt einen Wave Generator ohne Oldham Kupplung (Solid Wave Generator), der mittels Spannsatz auf der Motorwelle montiert ist.

5.7.4 Prüfung von dem Fügen des Wave Generators

- Endkontrolle des Montagemaßes. Bei manchen Spannelementtypen kann es während des Anziehens der Spannelement-Schrauben zu einem axialen Versatz kommen. Ggf. den axialen Versatz „vorhalten“.
- Prüfen, ob alle Getriebekomponenten gemäß Kapitel 4 geschmiert sind. Bei Ölschmierung die in der Maschinenzeichnung vorgeschriebene Ölmenge einfüllen.

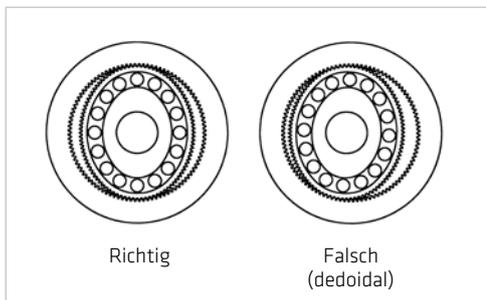
5.7.5 Überprüfen der Montage

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

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

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

Abbildung 49.1



5.7.6 Montage des Abtriebsflansches

Abbildung 50.1

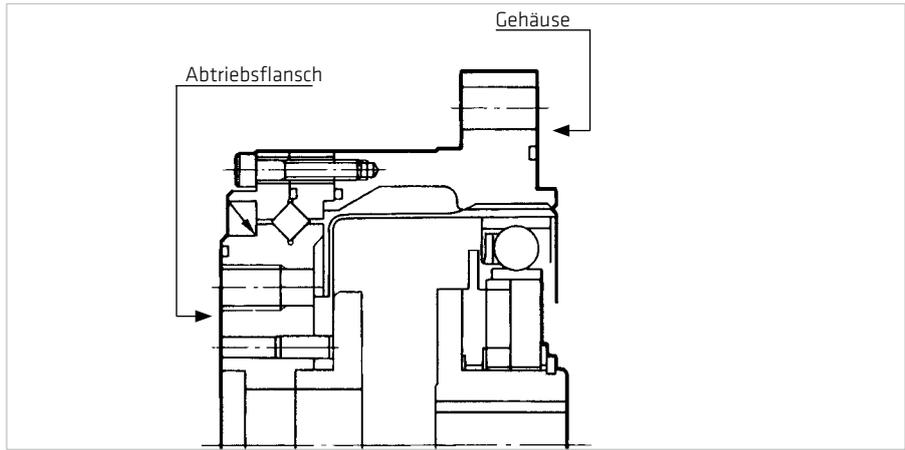


Tabelle 50.2

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|--------------------------------|-----|------|------|-----|------|------|
| Anzahl der Schrauben | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Größe der Schrauben | M4 | M5 | M6 | M8 | M10 | M10 |
| Teilkreisdurchmesser [mm] | 23 | 27 | 32 | 42 | 55 | 68 |
| Anzugsmoment der Schraube [Nm] | 5,4 | 10,8 | 18,4 | 45 | 89 | 89 |
| Übertragbares Drehmoment* [Nm] | 58 | 109 | 245 | 580 | 1220 | 1510 |

5.7.7 Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 50.3

| Baugröße | 14 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Anzahl der Schrauben | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 | 10 |
| Größe der Schrauben | M4 | M4 | M5 | M5 | M6 | M8 |
| Teilkreisdurchmesser [mm] | 65 | 71 | 82 | 96 | 125 | 144 |
| Anzugsmoment der Schraube [Nm] | 4,5 | 4,5 | 9 | 9 | 15,3 | 37 |
| Übertragbares Drehmoment* [Nm] | 182 | 196 | 365 | 538 | 1200 | 2100 |

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

6. Außerbetriebnahme und Entsorgung

Die Getriebe, Servoantriebe und Motoren beinhalten Schmierstoffe für Lager und Harmonic Drive® Getriebe sowie elektronische Bauteile und Platinen. Daher muss auf fachgerechte Entsorgung entsprechend der nationalen und örtlichen Vorschriften geachtet werden.

Da Schmierstoffe (Fette und Öle) Gefahrstoffe sind und entsprechend den gültigen Gesundheitsschutzvorschriften behandelt werden sollten, empfehlen wir bei Bedarf das gültige Sicherheitsdatenblatt bei uns anzufordern.



7. Glossar

7.1 Technische Daten

Abstand R [mm]

Distanz zwischen Abtriebslager und Angriffspunkt der Last.

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

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

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}]

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.

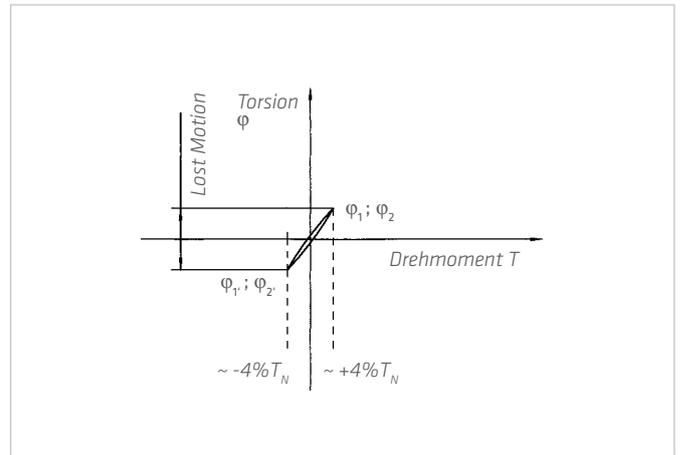
Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]

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 [kgm^2]

Massenträgheitsmoment des Rotors.

Massenträgheitsmoment J_{in} [kgm^2]

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

Massenträgheitsmoment J_{out} [kgm^2]

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

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

Die maximal zulässige Motordrehzahl.

Nenndrehmoment T_N [Nm]

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

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.

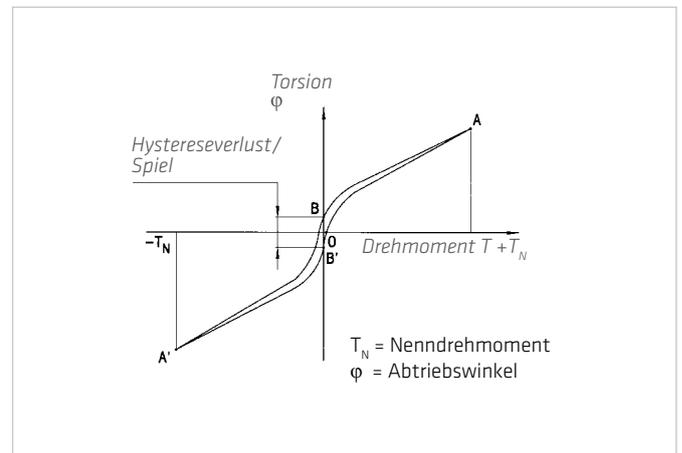
Schutzart IP

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.

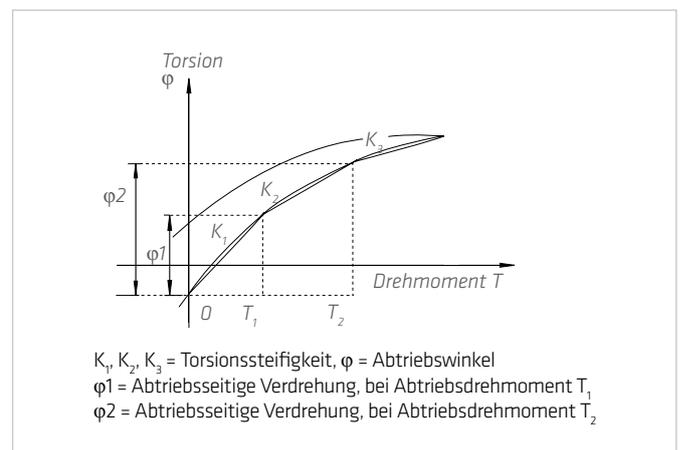
Teilkreisdurchmesser d_p [mm]

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.

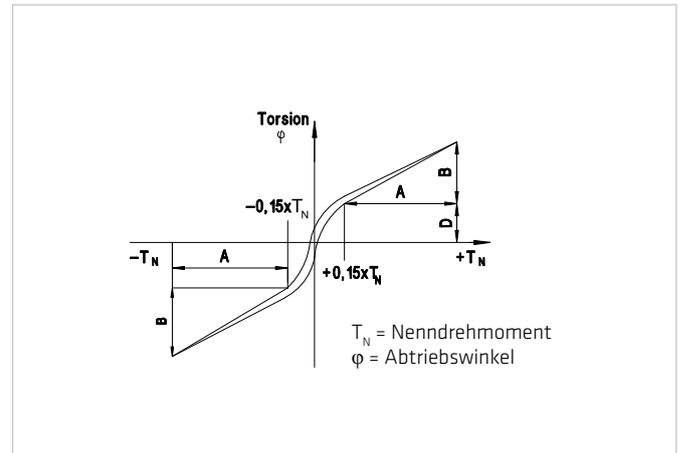
Der angegebene Wert für die Torsionssteifigkeit K_3 ist ein Durchschnittswert, der während zahlreicher Tests ermittelt wurde. Die Grenzdrehmomente T_1 und T_2 sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in Kapitel 3 und 4 dieser Dokumentation zu finden.



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.

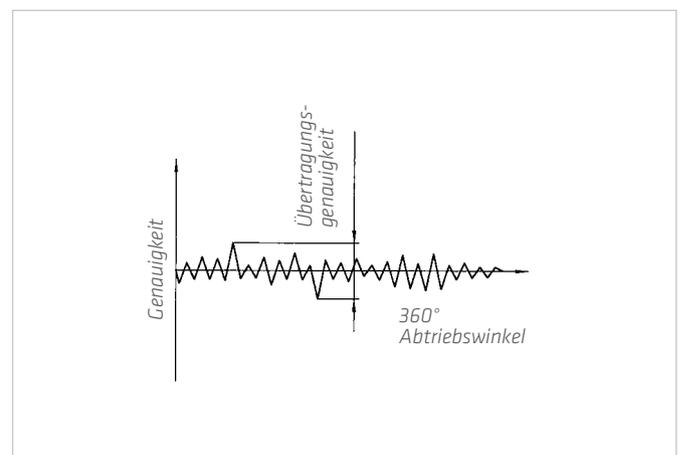
Untersetzung i []

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.

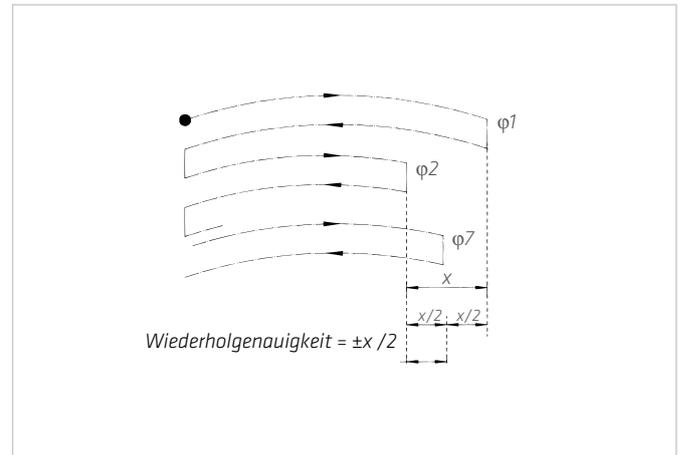


Wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]

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.