Harmonic Drive® Getriebe

Harmonic Drive SE

Getriebe-Einbausätze
Getriebe mit Abtriebslager
Individuallösungen

Die Harmonic Drive® Produktwelt

Unsere Produktwelt umfasst Harmonic Drive® Getriebe, Harmonic Drive® Servoaktuatoren und Harmonic Planetengetriebe.

Fordern Sie gerne weitere Publikationen an.

www.harmonicdrive.de/de/kontakt

Inhalt

1. Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze 20
1.1 CSG-2A/HFUC-2A 26
1.2 CPL-2A 46
1.3 CSD-2A 60
1.4 SHG-2A/HFUS-2A 72

2. Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager 90
2.1 CSG-2UH/HFUC-2UH 98
2.2 CSF-ULW 118
2.3 CPU-M/H/S 130
2.4 CSD-2UH/2UF 160
2.5 SHG-/HFUS-2UH/2SO/2SH 178
2.6 SHD-2SH 202
2.7 CSF Mini 216
2.8 PMG 238
2.9 CSF-2UP 248
2.10 FBS-2UH 260

3. Projektierung 272

4. Individuallösungen 314

Robotik, Handling & Automation | Allgemeiner Maschinenbau | Medizintechnik | Sonderumgebungen | Luft- und Raumfahrt

Was uns antreibt

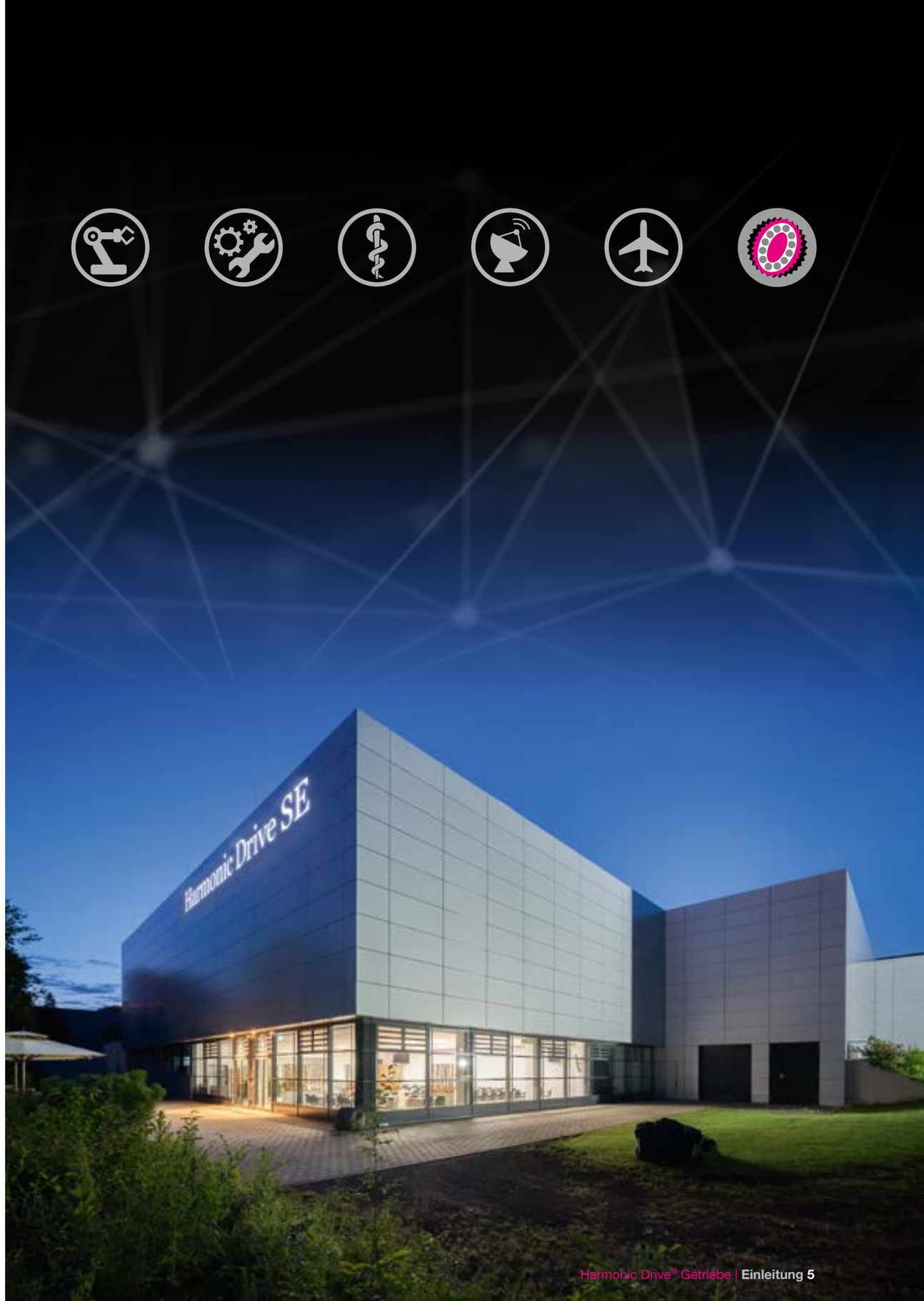
Mit Apollo 15 auf dem Mond oder in den Tiefen der rauen Ozeane – seit mehr als 50 Jahren bewegen wir mit unseren Antriebslösungen bedeutende Anwendungen auf dem gesamten Planeten und darüber hinaus. Wir, als Technologieführer hochpräziser Antriebstechnik, haben unser Portfolio auf Basis des einzigartigen Harmonic Drive® Wellgetriebes erweitert und die Anforderungen moderner, richtungsweisender Märkte und Anwendungen erkannt: Die Zukunft der Antriebstechnik ist intelligent, nachhaltig und effizient.

Dank ihrer über Jahrzehnte hinweg kontinuierlich weiterentwickelten Eigenschaften sind Harmonic Drive® Getriebe und Antriebe prädestiniert für wichtige Schlüsselbranchen, darunter Robotik, Handling & Automation, allgemeiner Maschinenbau, Medizintechnik, Sonderumgebungen sowie Luft- und Raumfahrt.

Höchste Präzision und Qualität für unsere Kunden sind Prinzipien unserer Unternehmenskultur. Vier von fünf Produkten, die unseren Hauptstandort in Limburg an der Lahn verlassen, sind Sonderausführungen und somit speziell nach Kundenspezifikation entwickelt, konstruiert und gefertigt – vom platzsparenden Getriebe-Einbausatz bis hin zum intelligenten Antriebssystem.

Aufgrund der hohen Komplexität in der Konfiguration adäquater Antriebstechnik-Komponenten begleiten und beraten wir unsere Kunden umfassend. Der Lösungsvorschlag für die zu realisierende Antriebsaufgabe wird in enger Kooperation erarbeitet, um die anschließende Integration in das Applikationsumfeld umstandslos zu ermöglichen. Entscheidend dafür sind zum einen die hohe Flexibilität, zum anderen der zugeschnittene Leistungsumfang und das Integrationslevel. Das Resultat ist eine optimale, hochindividuell angepasste Antriebslösung.

In anspruchsvollen Branchen erfolgreich gemeinsam mit und für unsere Kunden aktiv die Zukunft zu gestalten, ist ein Zeichen unserer Innovationskraft im Bereich der hochpräzisen Antriebstechnik.



Ihr globaler Partner

Unsere hochentwickelten Antriebslösungen finden Sie in aller Welt und sogar darüber hinaus – ganz gleich, ob Roter oder Blauer Planet: Motoren, Antriebe und Systeme der Harmonic Drive SE kommen überall dort zum Einsatz, wo höchste Ansprüche an Qualität und Zuverlässigkeit gestellt werden. Produktions- und Entwicklungsstandorte auf höchstem technologischen Niveau in Deutschland, Japan und Amerika sowie Tochtergesellschaften in Europa und Asien sorgen dafür, dass wir weltweit hochspezialisierte und intelligente Antriebslösungen sowie mechatronische Systeme anbieten können.

Vielleicht denken Sie ja an uns, wenn Sie das nächste Mal in einem Flugzeug der Airbus-Familie hinter den Horizont fliegen: Hochpräzise Harmonic Drive® Getriebe für die Luftfahrt tragen dazu bei, dass Sie sicher fliegen und Ihnen gerade die Welt zu Füßen liegt.

„It is never a question as to whether it can be done –
it is only whether one cares to spend the time and effort.“

C. Walton Musser, Erfinder des Wellgetriebes

Ihre Idee, unser Engineering, Ihre Antriebslösung

Wir wissen: Die Konfiguration adäquater Komponenten ist komplex. Gemeinsam mit Ihnen erarbeiten wir daher einen kompletten Lösungsvorschlag für die zu realisierende Antriebsaufgabe. Angefangen bei der Auswahl der geeigneten Getriebe sowie der dazu angepassten Motor- und Sensor-Komponenten konfigurieren wir die komplette Antriebsachse für Ihre Anwendung.

Dabei blicken wir auf jahrzehntelange Erfahrung zurück. Seit 1970 bauen wir auf einer Vielzahl von realisierten komplexen Antriebslösungen auf und ermöglichen unseren Kunden einen Technologie-Vorsprung. Alle Designelemente können kundenspezifisch angepasst und optimal aufeinander abgestimmt werden. Die Integration in die Applikation erfolgt immer in enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden. Entscheidend dafür sind zum einen die hohe Flexibilität, zum anderen der individuelle Leistungsumfang und das Integrationslevel.
Das Resultat: eine optimale Gesamtlösung für Ihre Applikation.

In unserem modernen Entwicklungszentrum steht täglich ein mehr als 40-köpfiges Team aus Konstrukteuren und Ingenieuren zur Verfügung. Zum Einsatz kommen up-to-date Design- und Berechnungstools, selbst entworfene Werkzeuge zur schnellen analytischen Berechnung und ebenso etablierte FEM-gestützte Verfahren. Im direkt angeschlossenen Prüffeld werden die neuentwickelten Aktuatoren und Antriebssysteme mithilfe spezifischer Prüfstände auf Performance und Funktionalität verifiziert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen zurück in die Entwicklung und sind Basis für weitere Optimierungen.

Ab Losgröße 1 rüsten wir für Sie im Takt

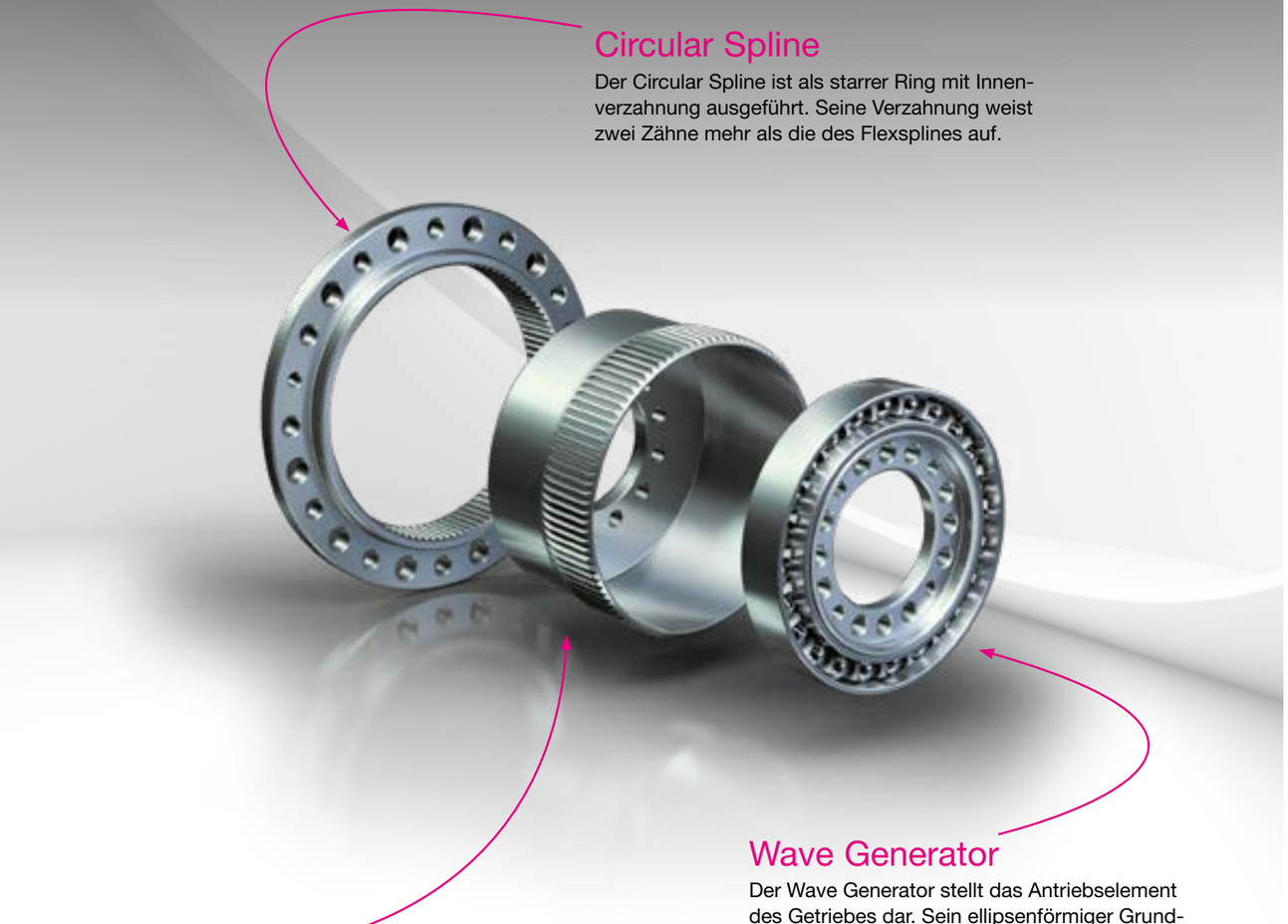
Neben wenigen Standardprodukten mit höheren Stückzahlen beherrschen viele Varianten und unterschiedlichste Baugruppen in kleineren Mengen bis hin zu Losgröße 1 unsere Fertigung. Denn nahezu alle Produkte, die unser Haus verlassen, werden gemeinsam mit Ihnen kundenspezifisch nach Ihren Wünschen und Anforderungen konfiguriert und anschließend in unserem Hause gefertigt. Um diese hohe Flexibilität in der Produktion zu erreichen, haben wir ein intelligentes Rüstkonzept entwickelt, mit dem wir selbst die Losgröße 1 wirtschaftlich fertigen können.

Fertigungsstraßen pro Baugröße ermöglichen uns einen fließenden Rüstwechsel und sorgen damit für höchste Flexibilität – auch bei kleinen Losgrößen. Um diesen Anforderungen über die gesamte Wertschöpfungskette gerecht zu werden, setzen wir im Bereich Supply-Chain-Management auf partnerschaftliche und langjährige Lieferantenbeziehungen, welche wir kontinuierlich zu leistungsfähigen Zulieferstrukturen weiterentwickeln und damit synchron auf unser Produktionssystem ausrichten. So erfüllen wir Ihre Wünsche individuell, ganz gleich in welcher Stückzahl.

i Im Kapitel „Individuallösungen“ finden Sie eine Auswahl an kundenspezifischen Ausführungen, die wir nach Ihren Wünschen und Anforderungen realisieren können.

Funktionsprinzip Harmonic Drive® Getriebe

Der hochpräzise und spielfreie Getriebe-Einbausatz ist das zentrale Element der nach dem einzigartigen Harmonic Drive® Prinzip arbeitenden Getriebe und Servoaktuatoren. Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze bestehen aus nur drei Präzisionsbauteilen:



Circular Spline

Der Circular Spline ist als starrer Ring mit Innenverzahnung ausgeführt. Seine Verzahnung weist zwei Zähne mehr als die des Flexsplines auf.

Flexspline

Der Flexspline ist ein hochfestes, torsionssteifes, aber dennoch flexibles Bauteil mit Außenverzahnung, der zuverlässig hohe Lasten überträgt.

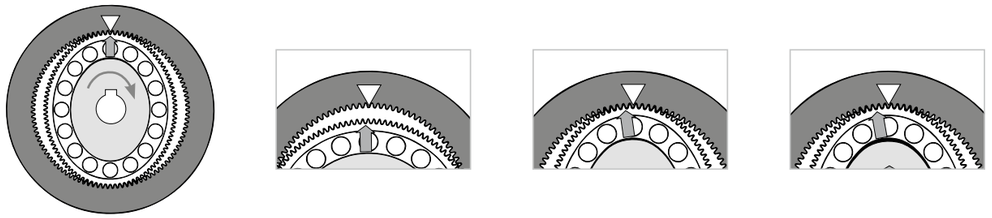
Wave Generator

Der Wave Generator stellt das Antriebselement des Getriebes dar. Sein ellipsenförmiger Grundkörper trägt ein speziell entwickeltes Kugellager.

Durch das Einfügen des Wave Generators nimmt der Flexspline dessen elliptische Form an. Der drehende Wave Generator bewirkt am Flexspline eine umlaufende Verformung.

Das montierte Getriebe hat im Bereich der großen Ellipsenachse zwei symmetrisch gegenüber liegende Zahneingriffsbereiche. Die Drehung des Wave Generators bewirkt einen permanenten umlaufenden Zahneingriff von Flexspline und Circular Spline. Da der Flexspline zwei Zähne weniger als der Circular Spline aufweist, bewirkt eine Drehung des Wave Generators eine Relativbewegung des Flexsplines zum Circular Spline.

Harmonic Drive® Getriebe und Servoaktuatoren werden wegen ihrer Spielfreiheit, der außerordentlichen Präzision und hohen Zuverlässigkeit weltweit in allen Bereichen der Antriebstechnik eingesetzt.



1. Ausgangszustand
2. 1/4 Eingangsumdrehung
3. 1/2 Eingangsumdrehung
4. 1/1 Eingangsumdrehung

WEITERE INFORMATIONEN rund um unser Funktionsprinzip finden Sie unter www.harmonicdrive.de im Bereich Technologie – Harmonic Drive® Wellgetriebe.

Harmonic Drive® Getriebe

Harmonic Drive® Getriebe bestehen aus den drei Bauteilen Circular Spline, Flexspline und Wave Generator. Durch die kompakte Bauform ist geringster Platzbedarf sichergestellt. Die Getriebe mit Abtriebslager können zudem hohe Lagerlasten aufnehmen.

Katalog
Harmonic Drive® Getriebe

GETRIEBE-EINBAUSÄTZE

CSG-/HFUC-2A

CPL-2A

CSD-2A

SHG-/HFUS-2A

GETRIEBE MIT ABTRIEBSLAGER

CSG-/HFUC-2UH

CSF-ULW

CPU-M/H/S

CSD-2UH/2UF

SHG-/HFUS-2UH/2SH/2SO

SHD-2SH

CSF Mini

PMG

CSF-2UP

FBS-2UH

Harmonic Drive® Servoaktuatoren

Harmonic Drive® Servoaktuatoren sind die perfekte Kombination hochdynamischer und dabei kompakter Motoren, präziser Harmonic Drive® Einbausätze sowie kippsteifer Abtriebslager zur Aufnahme hoher Lasten.

Katalog
Harmonic Drive® Mechatronik

SERVOAKTUATOREN MIT HOHLWELLE

IHD

BHA

CanisDrive®

AlopexDrive

FHA-C Mini

SERVOAKTUATOREN MIT VOLLWELLE

LynxDrive

FLA

Harmonic Planetengetriebe

Bei höheren Drehzahlen bzw. niedrigeren Untersetzungen besteht oft der Bedarf an höchster Präzision. Durch die spezielle Konstruktion können wir eine konstant hohe Präzision über die gesamte Lebensdauer garantieren.

Katalog
Harmonic Planetengetriebe

HPN

HPGP

HPG-R

Die bewährten Komponenten Getriebe, Abtriebslager, Motor und Gebersystem bilden im Bereich hochpräziser Antriebstechnik die Grundlage für unterschiedliche Produktgruppen der Harmonic Drive SE. Den Ausgangspunkt aller Produkte bilden Harmonic Drive® Getriebe oder Harmonic Planetengetriebe. In Kombination mit einem Servomotor und einem Motorfeedbacksystem entstehen hochintegrierte, kompakte und leistungsstarke Servoaktuatoren.

Harmonic Drive® Getriebe

Getriebe-Einbausätze

Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze arbeiten nach dem Wellgetriebeprinzip und zeichnen sich durch hohe einstufige Getriebeübersetzungen, spielfreie und präzise Bewegungsübertragung sowie höchste Drehmomente bei geringem Gewicht und kompakten Abmessungen aus. Bestehend aus den drei Bauteilen Circular Spline, Flexspline und Wave Generator, ermöglichen sie maximale Flexibilität in der konstruktiven Einbindung.

Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze eignen sich hervorragend für Anwendungen mit vorhandener Abtriebslagerung. Durch Nutzung der bestehenden Lager und Gehäusestruktur kann mit ihnen sowohl ein geringes Gesamtgewicht als auch eine kompakte Bauweise innerhalb der Applikation realisiert werden.

Getriebe mit Abtriebslager

Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager kombinieren den präzisen Getriebe-Einbausatz mit einem kippsteifen Kreuzrollen- oder Vierpunktlager. Aufgrund seiner kompakten Bauweise als auch seiner hohen Rund- und Planlaufgenauigkeit harmoniert das Abtriebslager mit dem Wellgetriebe und ergänzt es ideal. Unterschiedliche Getriebebauformen ermöglichen den Einsatz in verschiedenen Antriebskonfigurationen. Während Motoranbaugetriebe die Voraussetzung für eine direkte und einfache Anbindung von Servomotoren an das Getriebe bei geringem Konstruktions- und Montageaufwand schaffen, bieten Hohlwellengetriebe Raum zur zentralen Durchführung von Versorgungskabeln und Wellen.

Harmonic Drive® Servoaktuatoren

Die kontinuierlich steigenden Anforderungen an Servoaktuatoren setzen unter anderem ein perfektes Zusammenspiel zwischen Motor, Getriebe, Motorfeedbacksystem und Regler voraus. Um Eigenschaften wie Präzision und Dynamik zu gewährleisten, verfügen Servoaktuatoren der Harmonic Drive SE über ein hohes Maß an Kompatibilität. Sie bieten die Möglichkeit, zwischen einem spielfreien Wellgetriebe und einem spielarmen Planetengetriebe zu wählen. Das kippsteife Abtriebslager ermöglicht die direkte Anbringung hoher Nutzlasten ohne weitere Abstützung und erlaubt somit eine einfache und platzsparende Konstruktion.

Darüber hinaus gibt es bei der Motorwicklung und beim Motorfeedbacksystem wie auch bei der Entscheidung bezüglich Bremse, Anschlusskabel und Anschlussstecker zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten. Aufgrund der Flexibilität in der Konfiguration der Motorwicklung und des Motorfeedbacksystems ist die Kompatibilität zu nahezu allen Servoreglern des Marktes gegeben. Die neueste Produktvariante IHD verfügt zusätzlich über einen integrierten Antriebsregler und ein duales Messsystem zur direkten Regelung der Position am Getriebeausgang. Dieses System ist mittels Feldbusschnittstellen einfach in die Applikation implementierbar.

Harmonic Planetengetriebe

Anforderungen des Marktes an Getriebe, die hohe Drehzahlen beziehungsweise niedrige Untersetzungen unterstützen, schließen oftmals höchste Präzision ein. Harmonic Planetengetriebe werden diesem Anspruch gerecht. Aufgrund ihrer integrierten Motoranbindung mit Klemmelement und Motorflansch ermöglichen sie eine einfache Montage von Servomotoren. Durch die spezielle Konstruktion mit einem flexiblen Hohlrad in der letzten Stufe wird eine konstant hohe Präzision über die gesamte Lebensdauer erreicht – wir nennen dies Permanent Precision®.

Produktübersicht Getriebe

GETRIEBE MIT ABTRIEBSLAGER

Baureihe	CSG-2UH/ HFUC-2UH	CPU-M	CPU-H	CPU-S	SHG-2UH/ HFUS-2UH	SHG-2SH/ HFUS-2SH	SHG-2SO/ HFUS-2SO	FBS-2UH
Bauform	M	M	CH	S	CH	OH	M	CH
Drehmomentkapazität und Lebensdauer	●●●/●●	●●	●●	●●	●●●/●●	●●●/●●	●●●/●●	●
Übertragungsgenauigkeit	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Kleiner Außendurchmesser	●●	●	●	●	●	●	●	●●
Kurze Baulänge	●●	●●	●	●	●	●●	●●	●
Kippmoment Abtriebslager	●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Geringes Gewicht	●●	●	●	●	●	●●	●●	●
Kapitel / Seite	2.1 / 98	2.3 / 130	2.3 / 130	2.3 / 130	2.5 / 178	2.5 / 178	2.5 / 178	2.10 / 260
Eckdaten								
Maximales Drehmoment [Nm]	9 … 6840	9 … 1840	9 … 1840	9 … 1840	9 … 3419	9 … 3419	9 … 3419	25 … 106
Kippmoment Abtriebslager [Nm]	41 … 4210	73 … 2222	73 … 2222	73 … 2222	74 … 2740	74 … 2740	74 … 2740	93 … 129
Hohlwellendurchmesser [mm]	-	-	14 … 70	-	14 … 80	14 … 80	-	41,0 … 55,1
Konfigurationen								
Baugrößen (BG)	14 … 90	14 … 58	14 … 58	14 … 58	14 … 65	14 … 65	14 … 65	25, 32
Untersetzung	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 100

Baureihe	CSD-2UH	CSD-2UF	SHD-2SH	CSF-ULW	CSF Mini (versch. Versionen)	PMG	CSF-2UP
Bauform	M	M	M	M	M/S	M/S	M
Drehmomentkapazität und Lebensdauer	●	●	●	●●	●●	●	●●
Übertragungsgenauigkeit	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●●
Kleiner Außendurchmesser	●●	●	●●	●●	●●●	●●●	●●
Kurze Baulänge	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●●
Kippmoment Abtriebslager	●●	●●●	●●	●●	●	●	●●●
Geringes Gewicht	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Kapitel / Seite	2.4 / 160	2.4 / 160	2.6 / 202	2.2 / 118	2.7 / 216	2.8 / 238	2.9 / 248
Eckdaten							
Maximales Drehmoment [Nm]	12 … 823	12 … 453	12 … 453	1,8 … 92	0,09 … 28	0,3 … 14,7	1,8 … 28
Kippmoment Abtriebslager [Nm]	41 … 759	91 … 849	37 … 424	2,9 ... 18,9	0,27 … 13,2	-	15 … 75
Hohlwellendurchmesser [mm]	-	9 … 37	11 … 40	3 … 19	-	-	-
Konfigurationen							
Baugrößen (BG)	14 … 50	14 … 40	14 … 40	8 … 20	3 … 14	5 … 14	8 … 14
Untersetzung	50 … 160	50 … 160	50 … 160	30 … 160	30 … 100	50 … 110	30 … 100

Legende:
Bauform: Getriebe mit Abtriebslager
M Motoranbaugetriebe
OH Offenes Hohlwellengetriebe
CH Geschlossenes Hohlwellengetriebe
S Eingangswellengetriebe

GETRIEBE-EINBAUSÄTZE

CSG-/HFUC-2A	CPL-2A	CSD-2A	SHG-/HFUS-2A
CT	CT	CT	ST
●●●/●●	●●	●	●●●/●●
●●●	●●●	●●●	●●●
●●●	●●●	●●●	●●
●●	●●	●●●	●●
-	-	-	-
●●	●●●	●●●	●●
1.1 / 26	1.2 / 46	1.3 / 60	1.4 / 72
1,8 … 9180	9 … 372	12 … 823	9 … 3419
-	-	-	-
-	13,5 … 36,0	11 … 50	-
8 … 100	14 … 32	14 … 50	14 … 65
30 … 160	30 … 160	50 … 160	30 … 160

Legende:
Bauform: Getriebe-Einbausätze
CT - Cup-Type-Getriebe (Topfgetriebe)
ST - Silk-Hat-Type-Getriebe

Es ist immer wieder faszinierend, in welchen Anwendungen unsere Produkte eingesetzt werden. Hier bieten wir Ihnen eine Auswahl der Branchen, in denen wir vertreten sind.

Fordern Sie uns mit Ihrer Anwendung heraus – gemeinsam finden wir die passende Lösung.

Robotik, Handling & Automation

Roboter haben schon lange Aufgaben übernommen, die zu monoton sind, als dass ein Mensch diese mit höchster Qualität leisten könnte. Mit modernen Programmierungen und Leistungsverbesserungen in der Antriebstechnik dringen die Helfer auch in Bereiche vor, die vor kurzem noch undenkbar waren. Gerade die Zusammenarbeit von Menschen und Robotern ist ein wichtiger Trend der letzten Jahre – man geht sozusagen aufeinander zu.

Allgemeiner Maschinenbau

Ist es möglich, auf einhundert Meter Entfernung eine Euro-Münze zu treffen? Es ist nicht nur möglich, es muss absolut machbar sein, um hochwertige Werkzeugmaschinen zu fertigen. Produkte der Harmonic Drive SE finden sich vor allem an den Stellen, wo der Platz begrenzt ist. Die Auslegung erfolgt dabei in der Regel nicht nach Drehmoment, sondern nach Steifigkeit oder Hohlwellendurchmesser.

Medizintechnik

Nicht nur Spitzensportler möchten nach einer Operation schnell wieder einsatzfähig sein – in allen Fällen wird dies immer häufiger durch Technologien unterstützt, die ein gezieltes Training der betroffenen Körperteile erlauben. Das Geheimnis des Erfolgs sind programmierbare Bewegungsabläufe, die exakt durch einen Antrieb umgesetzt werden. Zuverlässige und präzise Antriebstechnik wird natürlich auch im Operationsbereich verwendet.

Sonderumgebungen

Höchste Anforderungen für den Einsatz unter rauesten Umgebungsbedingungen, etwa extreme Temperaturen oder andere klimatische Besonderheiten, sind mit Harmonic Drive® Produkten zu realisieren. Systemanwendungen der Wehr-, Vakuum- und Sicherheitstechnik oder in den Tiefen unserer Ozeane stehen nicht selten solchen Extrembedingungen gegenüber, bei denen sich die integrierten Komponenten einmal mehr beweisen müssen.

Luft- und Raumfahrt

Unsere Produkte arbeiten seit über 50 Jahren wartungsfrei im Weltall, sind seit über 30 Jahren in Flugzeugen verbaut und funktionieren unter extremen Tieftemperaturen. Sonderwerkstoffe, Leichtbauprodukte sowie Trockenschmierungen werden speziell für die Luft- und Raumfahrt entwickelt.

Harmonic Drive®
Getriebe-Einbausätze

Baureihe	CSG-/HFUC-2A	CPL-2A	CSD-2A	SHG-/HFUS-2A
Bauform	CT	CT	CT	ST
Drehmomentkapazität und Lebensdauer	●●●/●●	●●	●	●●●/●●
Übertragungsgenauigkeit	●●●	●●●	●●●	●●●
Kleiner Außendurchmesser	●●●	●●●	●●●	●●
Kurze Baulänge	●●	●●	●●●	●●
Kippmoment Abtriebslager	-	-	-	-
Geringes Gewicht	●●	●●●	●●●	●●
Kapitel / Seite	1.1 / 26	1.2 / 46	1.3 / 60	1.4 / 72
Eckdaten				
Maximales Drehmoment [Nm]	1,8 … 9180	9 … 372	12 … 823	9 … 3419
Kippmoment Abtriebslager [Nm]	-	-	-	-
Hohlwellendurchmesser [mm]	-	13,5 … 36,0	11 … 50	-
Konfigurationen				
Baugrößen (BG)	8 … 100	14 … 32	14 … 50	14 … 65
Untersetzung	30 … 160	30 … 160	50 … 160	30 … 160

Legende:
Bauform: Getriebe-Einbausätze
CT - Cup-Type-Getriebe (Topfgetriebe)
ST - Silk-Hat-Type-Getriebe

●●● perfekt ●● optimal ● gut

Inhalt

1.1 CSG-2A/HFUC-2A 26

Produktbeschreibung 26
Bestellbezeichnung 27
Kombinationen 28
Technische Daten 29
- Leistungsdaten 29
- Abmessungen 31
- Genauigkeit 35
- Torsionssteifigkeit 35
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 35
- Lastfreies Rückdrehmoment 35
- Lastfreies Laufdrehmoment 36
- Wirkungsgrad 37
Konstruktionshinweise 39
- Fettschmierung 39
Schmierung 40
- Fettschmierung 40
- Ölschmierung 41
Montagetoleranzen 42
Montage 43
- Montage des Flexsplines 43
- Montage des Circular Splines 45
- Montage des Wave Generators 45

1.2 CPL-2A 46

Produktbeschreibung 46
Bestellbezeichnung 47
Kombinationen 47
Technische Daten 48
- Leistungsdaten 48
- Abmessungen 49
- Genauigkeit 50
- Torsionssteifigkeit 50
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 50
- Lastfreies Rückdrehmoment 50
- Lastfreies Laufdrehmoment 51
- Wirkungsgrad 52
Konstruktionshinweise 54
- Fettschmierung 54
Schmierung 55
- Fettschmierung 55
- Ölschmierung 56
Montagetoleranzen 57
Montage 57
- Montage des Flexsplines 57
- Montage des Circular Splines 59
- Montage des Wave Generators 59

1.3 CSD-2A 60

Produktbeschreibung 60
Bestellbezeichnung 61
Kombinationen 61
Technische Daten 62
- Leistungsdaten 62
- Abmessungen 63
- Genauigkeit 64
- Torsionssteifigkeit 64
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 64
- Lastfreies Rückdrehmoment 64
- Lastfreies Laufdrehmoment 65
- Wirkungsgrad 66
Konstruktionshinweise 67
- Fettschmierung 67
Schmierung 68
- Fettschmierung 68
- Ölschmierung 69
Montagetoleranzen 70
Montage 70
- Montage des Flexsplines 70
- Montage des Circular Splines 71
- Montage des Wave Generators 71

1.4 SHG-2A / HFUS-2A 72

Produktbeschreibung 72
Bestellbezeichnung 73
Kombinationen 74
Technische Daten 75
- Leistungsdaten 75
- Abmessungen 76
- Genauigkeit 78
- Torsionssteifigkeit 78
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 78
- Lastfreies Rückdrehmoment 78
- Lastfreies Laufdrehmoment 79
- Wirkungsgrad 80
Konstruktionshinweise 82
- Fettschmierung 82
Schmierung 83
- Fettschmierung 83
- Ölschmierung 85
Montagetoleranzen 86
Montage 87
- Montage des Flexsplines 87
- Montage des Circular Splines 88
- Montage des Wave Generators 88

Produktbeschreibung

Höchste Drehmomentkapazität und lebenslange Präzision

Die Getriebe-Einbausätze der Baureihe CSG-2A zeichnen sich durch höchste Drehmomentkapazität und Lebensdauer bei kleinem Außendurchmesser sowie lebenslanger Präzision und Spielfreiheit aus.

Die Getriebe-Einbausätze der Baureihe HFUC-2A ergänzen die verfügbaren CSG-Baugrößen und -Untersetzungen bei im Vergleich etwas geringerer Lebensdauer.

Merkmale

- Höchste Drehmomentkapazität
- Hervorragende, lebenslange Präzision und Spielfreiheit
- Höchste Lebensdauer
- Großer Drehmomentbereich
- Ideal für Anwendungen mit eigener Lagerung

Bestellbezeichnung

Tabelle 1.1.1

Bestellbezeichnung	CSG	-	20	-	100	-	2A-GR	-	E	-	SP
Baureihe	CSG HFUC										
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			8 11 14 17 20 25 32 40 45 50 58 65 80 90								
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 80 100 120 160						
Version Baugrößen 8, 11, 14, 17 Baugrößen 20 ... 90							2A-R 2A-GR				
Option „Friction Shim“ Baureihe CSG-2A: Friction Shim wird optional zusammen mit dem Getriebe geliefert Baureihe HFUC-2A: standardmäßig nicht vorgesehen, Feld bleibt leer									E [ ]		
Option Kundenspezifische Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (Feld bleibt leer) Sonderausführung											[ ] SP

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 1.1.2

CSG-2A

Baugröße		8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Untersetzung	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	●	●	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-
	80	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-
	100	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-
	120	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-
	160	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-
Version	2A-R	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2A-GR	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-

Tabelle 1.1.3

HFUC-2A

Baugröße		8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Untersetzung	30	●	●	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-
	50	●	●	-	-	-	-	-	-	-	●1)	●1)	●1)	●1)	●1)
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	100	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
Version	2A-R	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2A-GR	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

1) Nur mit Ölschmierung. Fettschmierung kann verwendet werden, wenn das Durchschnittsdrehmoment T_{av} nicht größer als das halbe Nenndrehmoment T_N nach Tabelle 1.1.4 und Tabelle 1.1.5 ist.

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 1.1.4

Baureihe	Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Massenträgheitsmoment	Gewicht
							Schmierung		Schmierung			
		i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Öl	Fett	Öl	Fett	[kgm^2]	[kg]
HFUC	8	30	1,8	1,4	0,9	3,3	14000	8500	6500	3500	0,003x10^{-4}	0,026
HFUC	8	50	3,3	2,3	1,8	6,6						
HFUC	8	100	4,8	3,3	2,4	9,0						
HFUC	11	30	4,5	3,4	2,2	8,5	14000	8500	6500	3500	0,012x10^{-4}	0,05
HFUC	11	50	8,3	5,5	3,5	17,0						
HFUC	11	100	11,0	8,9	5,0	25,0						
HFUC	14	30	9,0	6,8	4,0	17,0	14000	8500	6500	3500	0,033x10^{-4}	0,09
CSG	14	50	23	9	7	46						
CSG	14	80	30	14	10	61						
CSG	14	100	36	14	10	70						
HFUC	17	30	16	12	8,8	30	10000	7300	6500	3500	0,079x10^{-4}	0,15
CSG	17	50	44	34	21	91						
CSG	17	80	56	35	29	113						
CSG	17	100	70	51	31	143						
CSG	17	120	70	51	31	112						
HFUC	20	30	27	20	15	50	10000	6500	6500	3500	0,193x10^{-4}	0,28
CSG	20	50	73	44	33	127						
CSG	20	80	96	61	44	165						
CSG	20	100	107	64	52	191						
CSG	20	120	113	64	52	191						
CSG	20	160	120	64	52	191						
HFUC	25	30	50	38	27	95	7500	5600	5600	3500	0,413x10^{-4}	0,42
CSG	25	50	127	72	51	242						
CSG	25	80	178	113	82	332						
CSG	25	100	204	140	87	369						
CSG	25	120	217	140	87	395						
CSG	25	160	229	140	87	408						
HFUC	32	30	100	75	54	200	7000	4800	4600	3500	1,69x10^{-4}	0,89
CSG	32	50	281	140	99	497						
CSG	32	80	395	217	153	738						
CSG	32	100	433	281	178	841						
CSG	32	120	459	281	178	892						
CSG	32	160	484	281	178	892						
CSG	40	50	523	255	178	892	5600	4000	3600	3000	4,5x10^{-4}	1,7
CSG	40	80	675	369	268	1270						
CSG	40	100	738	484	345	1400						
CSG	40	120	802	586	382	1530						
CSG	40	160	841	586	382	1530						
CSG	45	50	650	345	229	1235	5000	3800	3300	3000	8,68x10^{-4}	2,3
CSG	45	80	918	507	407	1651						
CSG	45	100	982	650	459	2041						
CSG	45	120	1070	806	523	2288						
CSG	45	160	1147	819	523	2483						
HFUC	50	50[1)]	715	350	245	1430	4500	3500	3000	2500	12,5x10^{-4}	3,2
CSG	50	80	1223	675	484	2418						
CSG	50	100	1274	866	611	2678						
CSG	50	120	1404	1057	688	2678						
CSG	50	160	1534	1096	688	3185						

1) Nur mit Ölschmierung. Fettschmierung kann verwendet werden, wenn das Durchschnittsdrehmoment T_{av} nicht größer als das halbe Nenndrehmoment T_N nach Tabelle 1.1.4 ist.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Tabelle 1.1.5

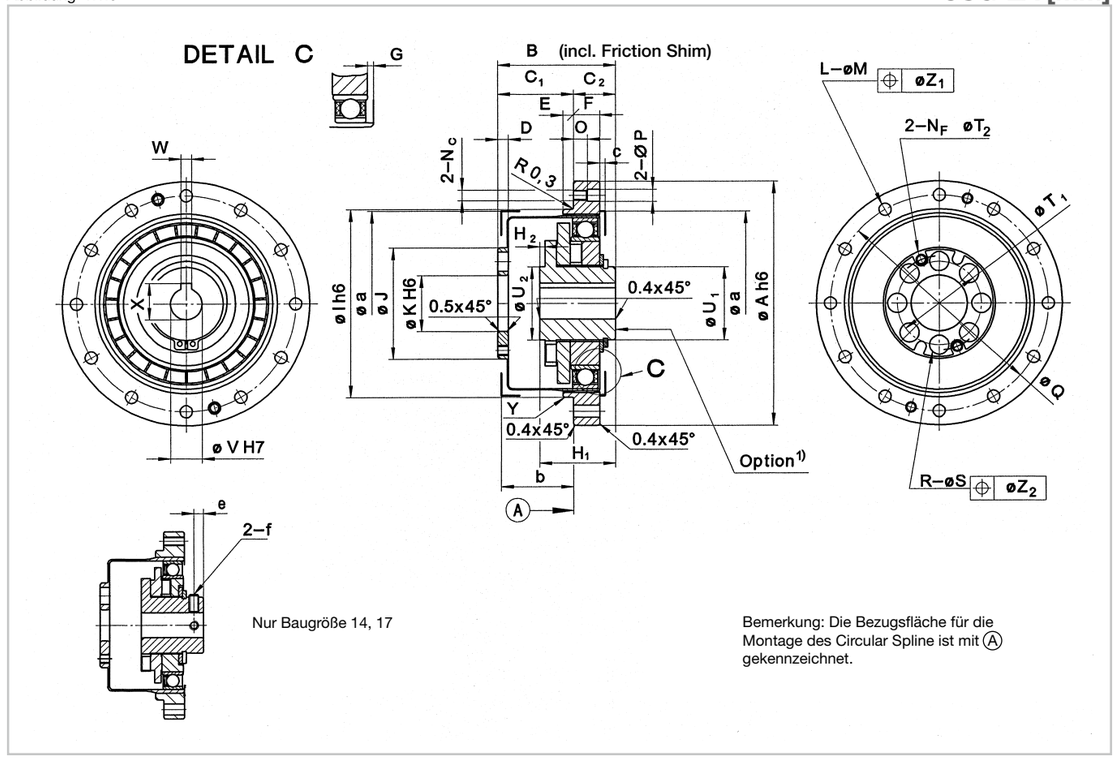
Baureihe	Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Massenträgheitsmoment	Gewicht
							Schmierung		Schmierung			
		i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Öl	Fett	Öl	Fett	[kgm^2]	[kg]
HFUC	58	50[1)]	1020	520	353	1960	4000	3000	2700	2200	27,3x10^{-4}	4,7
CSG	58	80	1924	1001	714	3185						
	58	100	2067	1378	905	4134						
	58	120	2236	1547	969	4329						
	58	160	2392	1573	969	4459						
HFUC	65	50[1)]	1420	720	490	2830	3500	2800	2400	1900	46,8x10^{-4}	6,7
CSG	65	80	2743	1352	969	4836						
	65	100	2990	1976	1236	6175						
	65	120	3263	2041	1236	6175						
	65	160	3419	2041	1236	6175						
HFUC	80	50[1)]	2440	1260	872	4870	2900	2300	2200	1500	122x10^{-4}	12,4
	80	80	3430	1830	1320	6590						
	80	100	4220	2360	1700	7910						
	80	120	4590	3130	1990	7910						
	80	160	4910	3130	1990	7910						
HFUC	90	50[1)]	3530	1720	1180	6660	2700	2000	2100	1300	214x10^{-4}	17,6
	90	80	3990	2510	1550	7250						
	90	100	5680	3360	2270	9020						
	90	120	6160	4300	2570	9800						
	90	160	6840	4300	2700	11300						

1) Nur mit Ölschmierung. Fettschmierung kann verwendet werden, wenn das Durchschnittsdrehmoment T_{av} nicht größer als das halbe Nenndrehmoment T_N nach Tabelle 1.1.5 ist.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 1.1.6 **CSG-2A [mm]**



1) Nabe ohne Passfedernut bzw. mit anderem Durchmesser siehe Kapitel „Projektierung“.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Details Wave Generator

Abbildung 1.1.7 **HFUC-8 ... 90, CSG-14, 17, 65**

Abbildung 1.1.8 **CSG-20 ... 58**

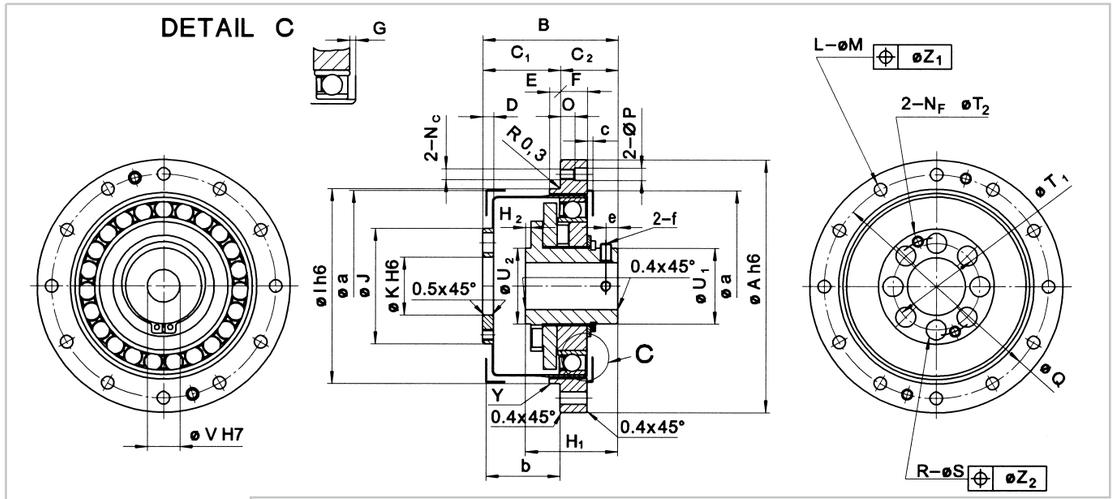
Tabelle 1.1.9

CSG-2A [mm]

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ø A h6		50	60	70	85	110	135	155	170	195	215
Relative axiale Position von CS, FS, WG	B	$28{,}6^{\ 0}_{-0{,}4}$	$32{,}6^{\ 0}_{-0{,}4}$	$33{,}6^{\ 0}_{-0{,}4}$	$37{,}1^{\ 0}_{-0{,}5}$	$44{,}1^{\ 0}_{-0{,}6}$	$53{,}1^{\ 0}_{-0{,}6}$	$58{,}6^{\ 0}_{-1{,}2}$	$64{,}1^{\ 0}_{-1{,}3}$	$75{,}6^{\ 0}_{-1{,}3}$	$83{,}1^{\ 0}_{-1{,}3}$
	C_1	$17{,}5^{\ +0{,}4}_{\ 0}$	$20{,}0^{\ +0{,}5}_{\ 0}$	$21{,}5^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$24{,}0^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$28{,}0^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$34{,}0^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$38{,}0^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$41{,}0^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$48{,}0^{\ +0{,}6}_{\ 0}$	$52{,}5^{\ +0{,}6}_{\ 0}$
	C_2	11,0	12,5	12,0	13,0	16,0	19,0	20,5	23,0	27,5	30,5
D		2,4	3,0	3,0	3,0	3,2	4,0	4,5	5,0	5,8	6,5
E		2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
F		6,0	6,5	7,5	10,0	14,0	17,0	19,0	22,0	25,0	29,0
G		1,4	1,6	1,5	3,5	4,2	5,6	6,3	7,0	8,2	9,5
$H_1\ ^{0}_{-0{,}1}$		18,5	20,7	21,5	21,6	23,6	29,7	30,5	34,8	38,3	44,6
H_2		0	0	0	0	0	0,4	0	0,8	0	2,2
ø I h6		38	48	54	67	90	110	124	135	156	177
ø J		23,0	27,2	32,0	40,0	52,0	64,0	72,0	80,0	92,8	104,0
ø K H6		11	10	16	20	26	32	36	40	46	52
L		8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
ø M		3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0	11,0
N_C		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
N_F		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8	M8
O		6,0	6,5	4,0	6,0	7,0	9,0	12,0	13,0	15,0	15,0
ø P		–	–	3,5	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0	11,0
Q (Teilkreis)		44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
R		6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
ø S		4,5	5,5	5,5	6,6	9,0	11,0	13,5	15,5	15,5	18,0
T_1 (Teilkreis)		17	19	24	30	40	50	54	60	70	80
T_2 (Teilkreis)		18,5	21,5	27,0	34,0	45,0	56,0	61,0	68,0	79,0	90,0
ø U_1		14	18	21	26	26	32	32	32	40	48
ø U_2		–	–	–	–	–	32	–	32	–	48
ø V	Standard ø H7	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24
	Max. ø	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30
W JS 9		–	–	3	4	5	5	6	6	6	8
X		–	–	$10{,}4^{\ +0{,}1}$	$12{,}8^{\ +0{,}1}$	$16{,}3^{\ +0{,}1}$	$16{,}3^{\ +0{,}1}$	$21{,}8^{\ +0{,}1}$	$21{,}8^{\ +0{,}1}$	$24{,}8^{\ +0{,}1}$	$27{,}3^{\ +0{,}2}$
Y Fase		0,30	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,80	0,80	0,80
ø Z_1		0,25	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50
ø Z_2		0,25	0,25	0,25	0,30	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	1,00
Minimaler Gehäuseabstand	ø a	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
	b	17,1	19,0	20,5	23,0	26,8	33,0	36,5	39,0	46,2	50,0
	c	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
e		2,5	3,0	–	–	–	–	–	–	–	–
f ISO 4026		M3x4	M3x6	–	–	–	–	–	–	–	–

Abbildung 1.1.10

HFUC-8-2A ... HFUC-17-2A [mm]



DETAIL HFUC–8

Tabelle 1.1.11

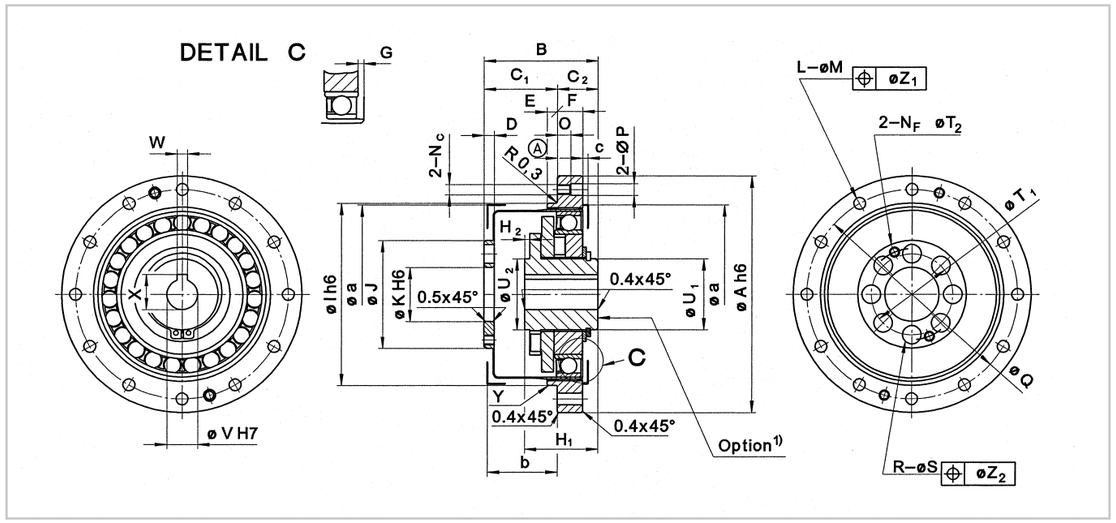
HFUC-2A [mm]

Baugröße		8	11	14	17
ø A h6		30	40	50	60
Relative axiale Position von CS, FS, WG	B	$22{,}1^{\ 0}_{-0{,}3}$	$25{,}8^{\ 0}_{-0{,}7}$	$28{,}5^{\ 0}_{-0{,}8}$	$32{,}5^{\ 0}_{-0{,}9}$
	C_1	$12{,}5^{\ +0{,}2}_{\ 0}$	$14{,}5^{\ +0{,}4}_{\ 0}$	$17{,}5^{\ +0{,}4}_{\ 0}$	$20{,}0^{\ +0{,}5}_{\ 0}$
	C_2	9,6	11,3	11,0	12,5
D		2,7	2,0	2,4	3,0
E		–	2	2	2,5
F		4,5	5,0	6,0	6,5
G		–	–	0,4	0,3
$H_1\ ^{0}_{-0{,}1}$		12,0	16,0	17,6	19,5
H_2		–	0	0	0
ø I h6	i ≥ 50	–	31	38	48
	i = 30	–	31	38	48
ø J		12,3	17,8	23,0	27,2
ø K H6		6	6	11	10
L		8	8	6	12
ø M		2,2	2,9	3,5	3,4
N_C		M2	M2,5	M3	M3
N_F		–	–	M3	M3
O		3,0	3,0	6,0	6,5
ø P		2,2	2,9	–	–
Q (Teilkreis)		25,5	35,0	44,0	54,0
R		–	6	6	6
ø S		–	3,4	4,5	5,5
T_1 (Teilkreis)		–	12	17	19
T_2 (Teilkreis)		–	15,2	18,5	21,5
ø U_1		7	11	14	18
ø U_2		–	–	–	–
ø V	Standard ø H7	3	5	6	8
	Max. ø	–	–	8	10
W JS 9		–	–	–	–
X		–	–	–	–
Y Fase		–	C0,2	C0,3	C0,4
ø Z_1		0,10	0,20	0,25	0,20
ø Z_2		–	0,20	0,25	0,25
ø Z_3		–	0,02	0,02	0,02
e		2	3	2,5	3
f ISO 4026		M2x3	M3x4	M3x4	M3x6
Minimaler Gehäuseabstand	ø a	21,5	30,0	38,0	45,0
	b	11,34	14,0	17,1	19,0
	c	–	–	1	1

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 1.1.12

HFUC-20-2A ... HFUC-90-2A [mm]



1) Nabe ohne Passfedernut bzw. mit anderem Durchmesser siehe Kapitel „Projektierung“.

Tabelle 1.1.13

HFUC-2A [mm]

Baugröße		20	25	32	50	58	65	80	90
ø A h6		70	85	110	170	195	215	265	300
Relative axiale Position von CS, FS, WG	B	33,5 $^{0}_{-1,0}$	37,0 $^{0}_{-1,0}$	44,0 $^{0}_{-1,1}$	64,0 $^{0}_{-1,3}$	75,5 $^{0}_{-1,3}$	83,0 $^{0}_{-1,3}$	101,0 $^{0}_{-1,3}$	112,5 $^{0}_{-1,4}$
	C_1	21,5 $^{+0,6}_{0}$	24,0 $^{+0,6}_{0}$	28,0 $^{+0,6}_{0}$	41,0 $^{+0,6}_{0}$	48,0 $^{+0,6}_{0}$	52,5 $^{+0,6}_{0}$	64,0 $^{+0,6}_{0}$	71,5 $^{+0,8}_{0}$
	C_2	12,0	13,0	16,0	23,0	27,5	30,5	37,0	41,0
D		3,0	3,0	3,2	5,0	5,8	6,5	8,0	9,0
E		3	3	3	4	5	5	6	6
F		7,5	10,0	14,0	22,0	25,0	29,0	36,0	41,0
G		0,1	2,1	2,5	4,2	4,8	5,8	6,6	7,5
H_1 $^{0}_{-0,1}$		20,1	20,2	22,0	32,0	34,9	40,9	49,1	48,2
H_2		0	0	0	0,8	0	2,2	3,1	0
ø I h6	i ≥ 50	54	67	90	135	156	177	218	245
	i = 30	55	68	90	–	–	–	–	–
ø J		32,0	40,0	52,0	80,0	92,8	104,0	128,0	144,0
ø K H6		16	20	26	40	46	52	65	72
L		12	12	12	12	12	12	16	16
Ø M		3,5	4,5	5,5	9,0	11,0	11,0	11,0	14,0
N_C		M3	M4	M5	M8	M10	M10	M10	M12
N_F		M3	M4	M5	M8	M8	M8	M8	M12
O		4	6	7	13	15	15	15	18
ø P		3,5	4,5	5,5	9,0	11,0	11,0	11,0	14,0
Q (Teilkreis)		62	75	100	150	175	195	240	270
R		8	8	8	8	8	8	10	8
ø S		5,5	6,6	9,0	15,5	15,5	18,0	18,0	22,0
T_1 (Teilkreis)		24	30	40	60	70	80	100	110
T_2 (Teilkreis)		27	34	45	68	79	90	114	120
ø U_1		21	26	26	32	40	48	55	60
ø U_2		–	–	–	32	–	48	55	–
ø V	Standard ø H7	9	11	14	19	22	24	28	28
	Max. ø	13	15	15	20	25	30	35	37
W JS 9		3	4	5	6	6	8	8	8
X		10,4 $^{+0,1}_{0}$	12,8 $^{+0,1}_{0}$	16,3 $^{+0,1}_{0}$	21,8 $^{+0,1}_{0}$	24,8 $^{+0,1}_{0}$	27,3 $^{+0,1}_{0}$	31,3 $^{+0,1}_{0}$	31,3 $^{+0,1}_{0}$
Y Fase		C0,4	C0,4	C0,4	C0,8	C0,8	C0,8	C0,8	C0,8
ø Z_1		0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00
ø Z_2		0,25	0,30	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00
ø Z_3		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Minimaler Gehäuseabstand	ø a	53	66	86	133	154	172	212	239
	b	20,5	23,0	26,8	39,0	46,2	50,0	61,0	68,5
	c	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 1.1.14

[arcmin]

Baugröße	8			11		14		17		≥20	
Untersetzung	30	50	≥80	30	≥50	30	≥50	30	≥50	30	≥50
Übertragungsgenauigkeit 1)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<1,5	<2,0	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,0
Hystereseverlust	<3,0	<3,0	<2,0	<3,0	<2,0	<3,0	<1,0	<3,0	<1,0	<3,0	<1,0
Lost Motion	< 1										
Wiederholgenauigkeit	< ± 0,1										

1) Höhere Genauigkeit auf Anfrage

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 1.1.15

	Symbol [Einheit]	Baugröße 8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	0,29	0,8	2	3,9	7	14	29	54	76	108	168	235	430	618
	T_2 [Nm]	0,75	2,0	6,9	12	25	48	108	196	275	382	598	843	1570	2260
i = 30	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,54	1,60	3,40	6,70	11	21	49	–	–	–	–	–	–	–
	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,44	1,30	2,40	4,40	7,1	13	30	–	–	–	–	–	–	–
	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,34	0,84	1,90	3,40	5,7	10	24	–	–	–	–	–	–	–
i = 50	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,84	3,20	5,7	13	23	44	98	180	260	340	540	780	1450	2060
	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,67	3,00	4,7	11	18	34	78	140	200	280	440	610	1150	1620
	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,44	2,20	3,4	8,1	13	25	54	100	150	200	310	440	810	1180
i ≥ 80	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	1,20	4,40	7,1	16	29	57	120	230	330	440	710	980	1850	2630
	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	1,00	3,40	6,1	14	25	50	110	200	290	400	610	880	1620	2300
	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	0,91	2,70	4,7	10	16	31	67	130	180	250	400	540	1000	1450

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 1.1.16

[Ncm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße 8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
30	HFUC	1,3	2,7	4,3	6,5	11,0	19,0	45,0	-	-	-	-	-	-	-
50	CSG	-	-	3,6	5,6	7,3	13,0	29,0	51,0	69,0	-	-	-	-	-
	HFUC	0,8	1,6	-	-	-	-	-	-	-	86,0	130,0	180,0	320,0	450,0
80	CSG	-	-	2,6	3,6	4,5	8,5	18,0	32,0	45,0	59,0	90,0	121,0	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	280
100	CSG	-	-	2,3	3,2	4,1	7,6	17,0	29,0	40,0	53,0	80,0	108,0	-	-
	HFUC	0,59	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180	250
120	CSG	-	-	-	3,0	3,6	6,9	14,0	26,0	36,0	50,0	74,0	101,0	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170	230
160	CSG	-	-	-	-	3,2	6,1	13,0	23,0	32,0	43,0	64,0	88,0	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	200

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 1.1.17

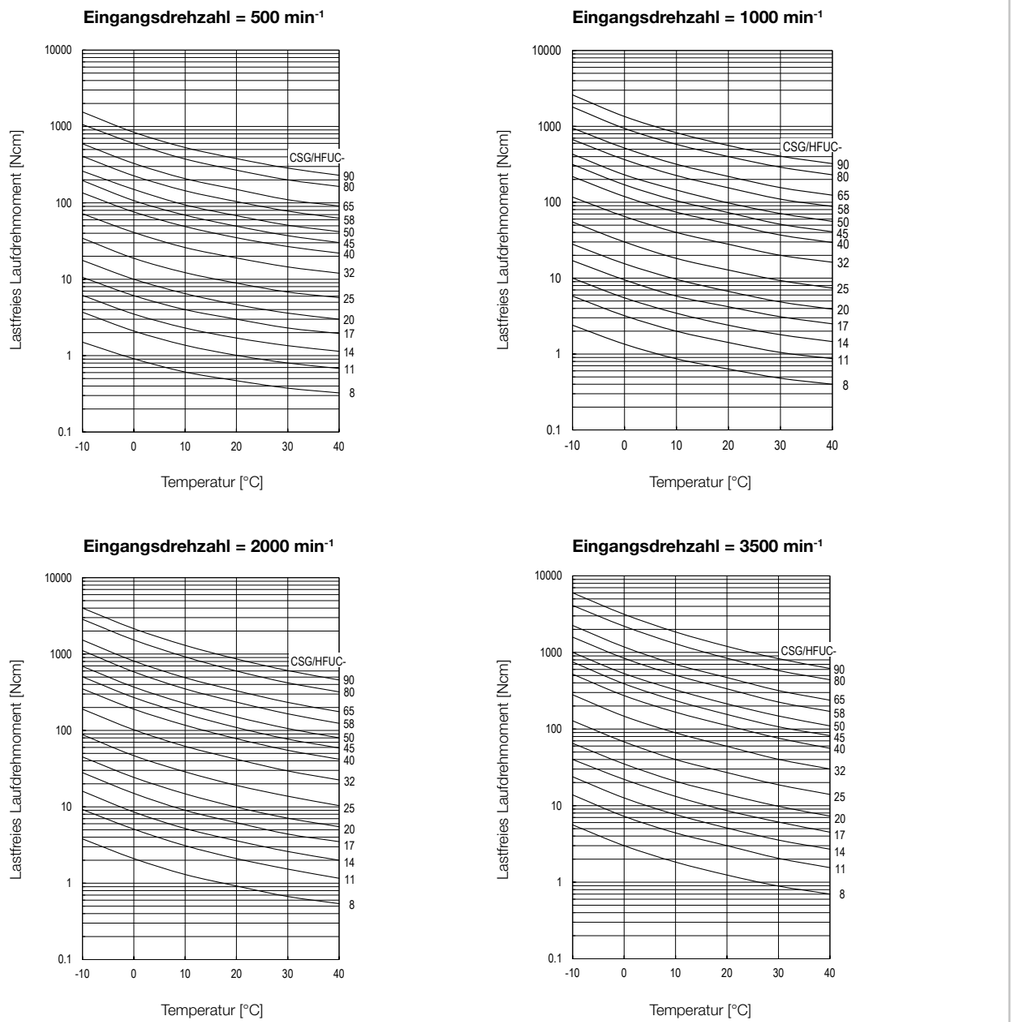
[Nm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße 8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
30	HFUC	0,65	1,30	2,00	3,20	5,50	10,00	21,00	-	-	-	-	-	-	-
50	CSG	-	-	1,5	2,8	4,4	8,3	18,0	31,0	41,0	-	-	-	-	-
	HFUC	0,5	1,0	-	-	-	-	-	-	-	52	80	110	200	270
80	CSG	-	-	1,5	2,8	4,6	8,5	18,0	31,0	43,0	58,0	89,0	132,0	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	270
100	CSG	-	-	1,9	3,1	5,0	9,2	20,0	34,0	46,0	63,0	97,0	143,0	-	-
	HFUC	0,7	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	220	300
120	CSG	-	-	-	3,4	5,4	10,0	21,0	37,0	52,0	69,0	107,0	154,0	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	330
160	CSG	-	-	-	-	6,4	12,0	25,0	44,0	63,0	85,0	132,0	187,0	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	290	390

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 1.1.18



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 1.1.19

[Ncm]

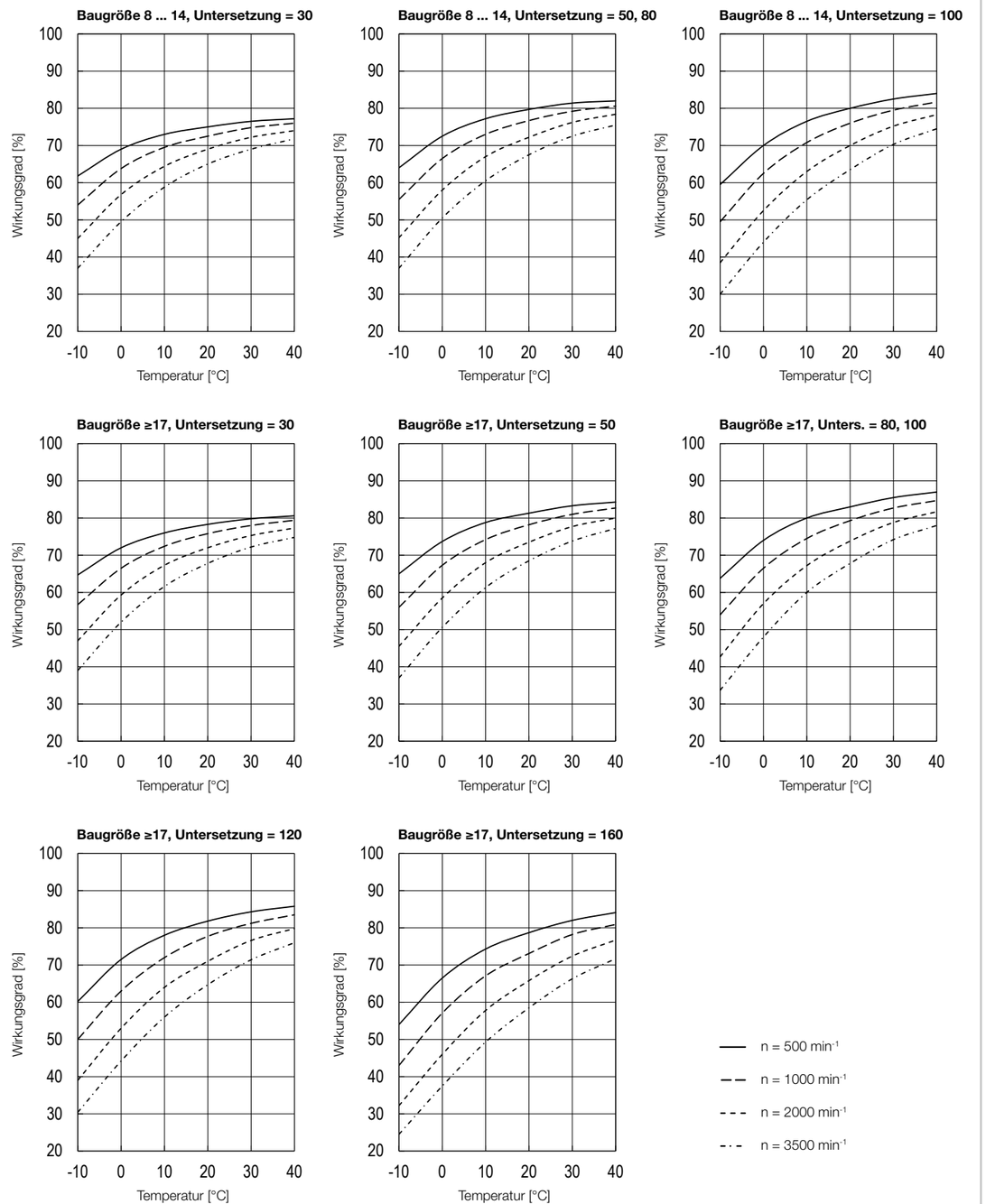
Untersetzung	Baugröße													
	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
30	0,4	0,7	1,1	1,8	2,7	5,0	10,0	–	–	–	–	–	–	–
50	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,2	4,5	8,0	11,0	15,0	22,0	31,0	55,0	77,0
80	–	–	0,1	0,1	0,2	0,3	0,7	1,2	1,7	2,3	3,4	4,7	8,5	12,0
120	–	–	–	-0,1	-0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,7	-2,5	-3,5	-6,2	-8,7
160	–	–	–	–	-0,3	-0,6	-1,2	-2,2	-3,0	-4,0	-6,1	-8,4	-15	-21

• Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 8 ... 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥ 20).

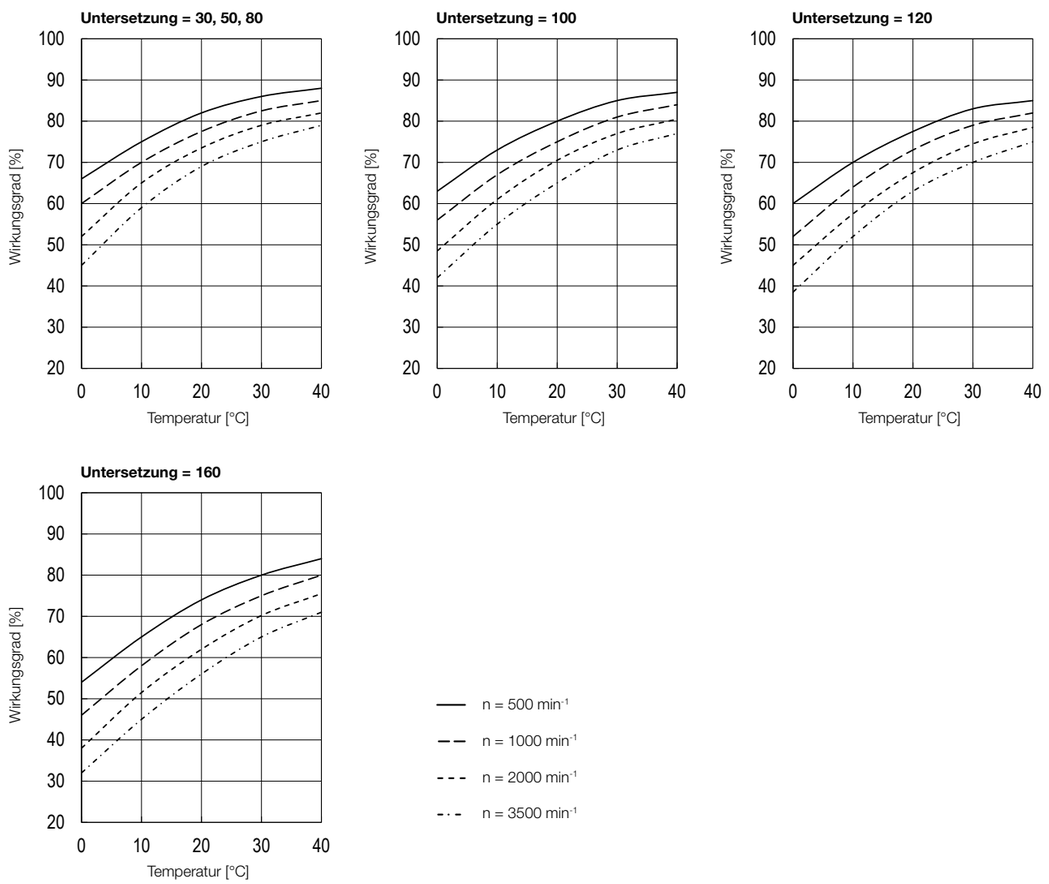
Abbildung 1.1.20



Wirkungsgrad für Ölschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Mineralöl CLP 68.

Abbildung 1.1.21



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

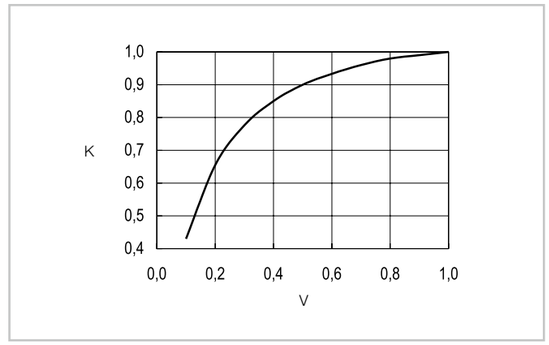
Produkt: CSG-20-80-2A-GR

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 44 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/44 = 0{,}45$ (Für $V > 1$ ist $K = 1$)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 1.1.22: K = 0,87
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 1.1.20: η = 80 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   ηL = 80 % · 0,87 = 70 %

Abbildung 1.1.22

Berechnungsfaktor K



Konstruktionshinweise

- Fettschmierung

Zur Sicherstellung einer optimalen Schmierung sollte der Getrieberaum kompakt gehalten werden, Beispiel siehe Abbildung 1.1.23 und Tabelle 1.1.24.

Bei Füllung des Getrieberaums mit mehr als 50 % Schmierfett steigt die Leckagegefahr. Darum sollte die Relation Fettvolumen/Getrieberaum kleiner als 0,5 sein. Beim Einbau mit vorwiegend oben oder unten liegendem Wave Generator sollte der Spalt c mit einer zusätzlichen Fettmenge gemäß Tabelle 1.1.24 gefüllt werden.

Verwendete Materialien:
- Circular Spline: Grauguss, blank
- Wave Generator, Flexspline: Stahl, blank

Abbildung 1.1.23

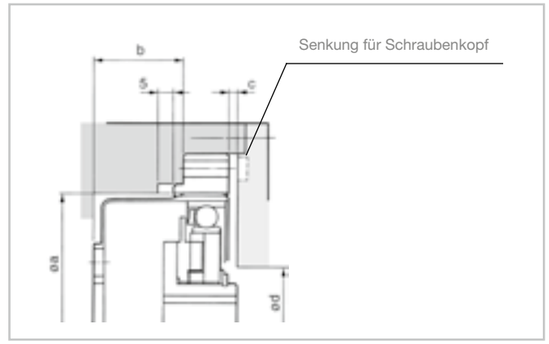


Tabelle 1.1.24

[mm]

Symbol	Baugröße													
	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
øa	21,5	30,0	38,0	45,0	53,0	66,0	86,0	106,0	119,0	133,0	154,0	172,0	212,0	239,0
b	11,34	14,00	17,10	19,00	20,50	23,00	26,80	33,00	36,50	39,00	46,20	50,00	61,00	68,50
c[1)]	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0
c[2)]	1,5	1,5	3,0	3,0	4,5	4,5	4,5	6,0	6,0	6,0	7,5	7,5	9,0	9,0
ød	13	16	16	26	30	37	37	45	45	45	56	62	67	73

1) Achse horizontal oder vertikal, Wave Generator unten
2) Achse vertikal, Wave Generator oben

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Schmierung

Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze werden standardmäßig ohne Schmierstoff geliefert. Sie müssen vor Inbetriebnahme gemäß der folgenden Darstellungen geschmiert werden.

• Fettschmierung

Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 1.1.25 genannten Schmierfette.

Tabelle 1.1.25

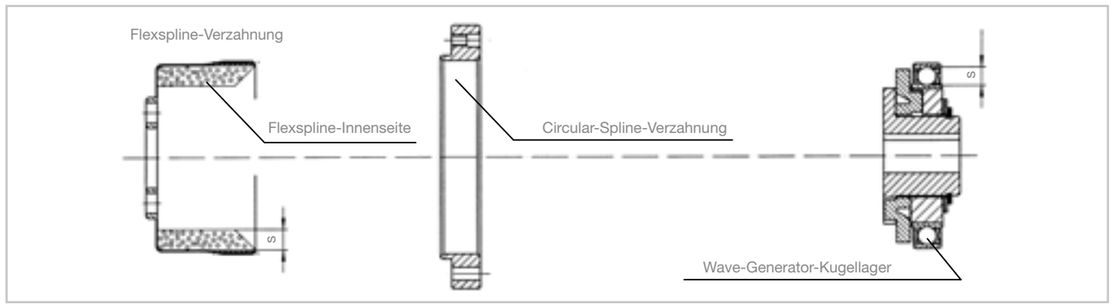
Untersetzung	Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße									
		8	11	14	17	20	25	32	40	45 ... 58	65 ... 90
30	Flexolub-A1	-	-	O	O	O	O	O	-	-	-
	SK-1A	-	-	-	-	Δ	Δ	Δ	-	-	-
	SK-2	O	O	Δ	Δ	-	-	-	-	-	-
	4BNo.2	Δ	Δ	Δ	Δ	□	□	□	-	-	-
≥50	SK-1A	-	-	-	-	O	O	O	O	O	O
	SK-2	O	O	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	-	-
	4BNo.2	-	-	□	□	□	□	□	□	□	□
	Flexolub-A1[1)]	-	-	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	-

[1)] nur für Baureihe HFUC-2A
O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Die Getriebe-Einbausätze müssen vor Inbetriebnahme in vier Bereichen geschmiert werden, siehe Abbildung 1.1.26.

- Flexspline: An der Innenwandung des Flexsplines umlaufend ein Fettreservoir anlegen. Das Maß „s“ soll ungefähr der Höhe des Wave-Generator-Kugellagers entsprechen.
- Verzahnungen: Jeweils die Zahnlücken mit Fett auffüllen
- Wave-Generator-Kugellager: Den Bereich Lagerkugeln und Lagerkäfig großzügig mit Fett einstreichen.

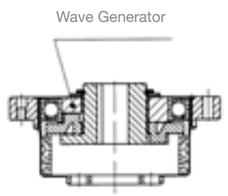
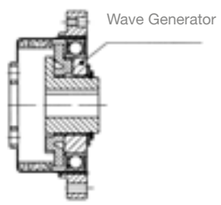
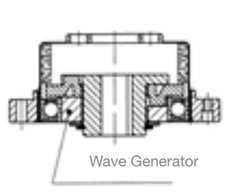
Abbildung 1.1.26



Die erforderliche Fettmenge ist neben der Baugröße auch von der Betriebsposition des Getriebes abhängig. Die im folgenden Text definierten Betriebspositionen „Wave Generator oben“ bzw. „Wave Generator unten“ beziehen sich auf die relative Lage des Wave Generators zum Flexspline-Flansch, siehe Abbildung 1.1.27.

Abbildung 1.1.27

Betriebspositionen

Wave Generator oben	Wave Generator senkrecht	Wave Generator unten
		
Wave Generator	Wave Generator	Wave Generator

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator ist eine zusätzliche Fettmenge oberhalb des Wave Generators zu platzieren, siehe Abbildung 1.1.28 und Tabelle 1.1.29.

Abbildung 1.1.28

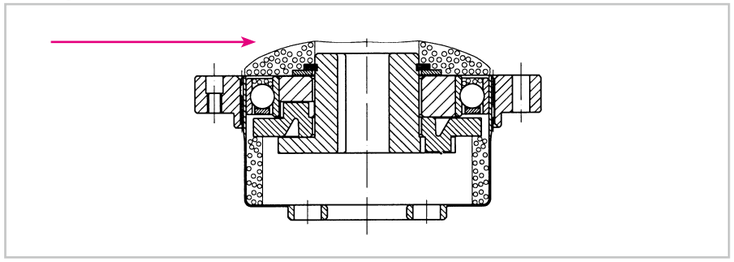


Tabelle 1.1.29

[g]

Baugröße		Fettmenge													
		8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Einbaulage	Achse waagerecht	1,2	2,9	5,5	10,0	16,0	30,0	60,0	110,0	170,0	220,0	360,0	460,0	850,0	1150,0
	Wave Generator unten	1,4	3,5	7,0	12,0	18,0	35,0	70,0	125,0	190,0	240,0	380,0	500,0	900,0	1300,0
	Wave Generator oben	1,8	4,4	8,5	14,0	21,0	40,0	80,0	145,0	220,0	275,0	460,0	600,0	1000,0	1500,0

• Ölschmierung

Für Harmonic Drive® CSG-2A/HFUC-2A Getriebe-Einbausätze ist Ölschmierung möglich. Es muss ein eigenständiger Schmierraum vorgesehen sein. In Abbildung 1.1.30 und Tabelle 1.1.31 sind empfohlene Ölstände für horizontale und vertikale Einbaulagen angegeben.

Abbildung 1.1.30

Betriebspositionen

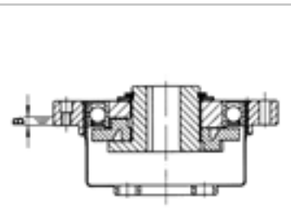
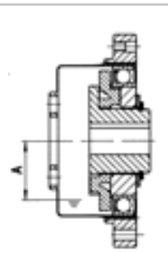
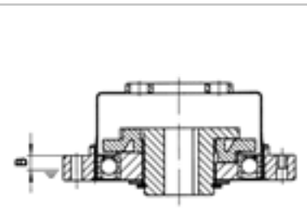
Wave Generator oben	Wave Generator senkrecht	Wave Generator unten
		
B = Ölstand	A = Ölstand	B = Ölstand

Tabelle 1.1.31

[mm]

Baugröße	Ölstände													
	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
A	6	8	10	12	14	17	24	31	35	38	44	50	59	66
B	2,0	2,3	2,5	3,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0	12,0	13,0	15,0	19,0	22,0

Ölbohrungen

Bei vertikaler Achse mit obenliegendem Wave Generator muss durch konstruktive Maßnahmen sichergestellt werden, dass das vom Wave Generator aus dem Flexspline herausgeschleuderte Öl wieder zurücklaufen kann. Dies kann durch eine Verbindung der beiden Ölräume mittels Ölbohrungen im Flexspline-Boden erfolgen. Bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Abbildung 1.1.32

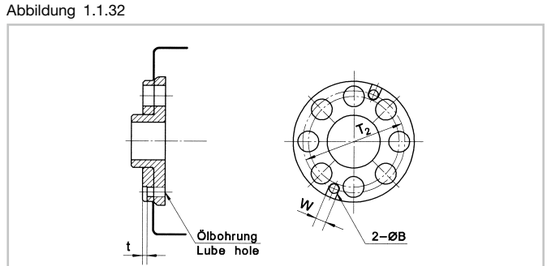


Tabelle 1.1.33 **[mm]**

Baugröße	Abmessungen der Ölbohrungen													
	8 [1]	11 [1]	14 [1]	17 [1]	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
T_2	–	–	–	–	27	34	45	56	61	68	79	90	114	120
B	–	–	–	–	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5
W	–	–	–	–	2,8	3,5	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0
t	–	–	–	–	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0

1) Keine Ölbohrungen möglich

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen:

Abbildung 1.1.34

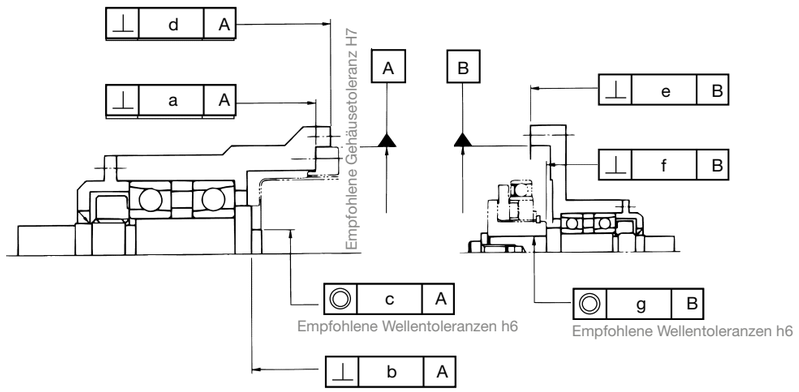


Tabelle 1.1.35 **[mm]**

Baugröße	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
a	0,008	0,011	0,011	0,012	0,013	0,014	0,016	0,016	0,017	0,018	0,020	0,023	0,027	0,029
b	0,006	0,006	0,008	0,011	0,014	0,018	0,022	0,025	0,028	0,030	0,032	0,035	0,040	0,043
c	0,005	0,008	0,015	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024	0,027	0,030	0,032	0,035	0,043	0,046
d	0,010	0,010	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034	0,043	0,050
e	0,010	0,010	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034	0,043	0,050
f	0,012	0,012	0,017 (0,008)	0,020 (0,010)	0,020 (0,010)	0,024 (0,012)	0,024 (0,012)	0,032 (0,012)	0,032 (0,013)	0,032 (0,015)	0,032 (0,015)	0,032 (0,015)	0,036 (0,015)	0,036 (0,015)
g	0,015	0,015	0,030 (0,016)	0,034 (0,018)	0,044 (0,019)	0,047 (0,022)	0,050 (0,022)	0,063 (0,024)	0,065 (0,027)	0,066 (0,030)	0,068 (0,033)	0,070 (0,035)	0,090 (0,043)	0,091 (0,046)

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 Generators mit der Motorwelle ohne Oldham-Kupplung (Option) sollten die Motorwellentoleranzen der DIN 42955 R entsprechen.

Montage

- Montage des Flexsplines

Klemmring

Klemmring für Baugröße 8

Für die Montage des Flexsplines der Baugröße 8 ist ein Klemmring und eine Sonderwelle gemäß Abbildung 1.1.36 bis Abbildung 1.1.38 erforderlich. Es sollten Schrauben in Qualität 12.9 verwendet und mit Loctite 243 gesichert werden.

Abbildung 1.1.36

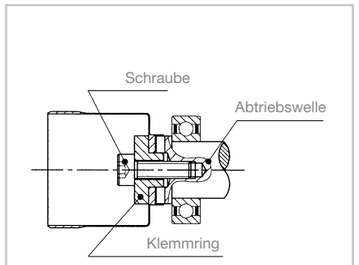


Abbildung 1.1.37

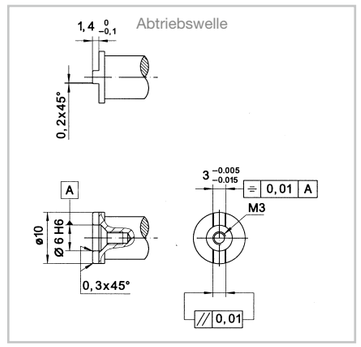
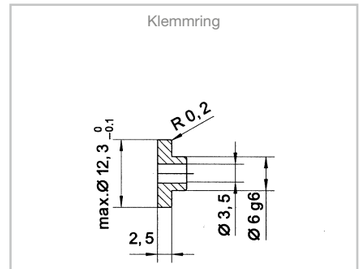


Abbildung 1.1.38



Klemmring für Baugrößen 11 bis 90

Zur Vermeidung einer Beschädigung des Getriebes muss darauf geachtet werden, dass Schraubenköpfe, Stifte oder Schraubenmuttern die Verformung des Flexsplines nicht behindern. Wir empfehlen den Einsatz eines Klemmringes mit den angegebenen Abmessungen. Material S45C (DINHC45), vergütet, HB200 bis 270 oder vergleichbar. Der Klemmring gehört nicht zum Lieferumfang.

Abbildung 1.1.39

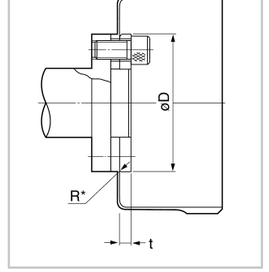
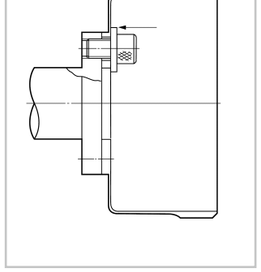


Abbildung 1.1.40



Die Ecken des Klemmrings müssen abgerundet sein, um die Verformung des Flexsplines zu ermöglichen.

Abmessungen des Klemmrings

Tabelle 1.1.41 **[mm]**

	Baugröße													
	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
$D^{\ 0}_{-0,1}$	–	17,8	24,5	29,0	34,0	42,0	55,0	68,0	74,0	83,0	95,8	106,0	130,0	145,0
$R^{\ +0,1}_{\ 0}$	–	0,5	1,2	1,2	1,4	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
t	–	2,0	3,0	3,0	3,0	5,0	7,0	7,0	8,0	8,0	12,0	12,0	15,0	20,0

Verschraubung Flexspline (Baureihen CSG-2A, HFUC-2A)

Tabelle 1.1.42 zeigt das mittels Schraubenverbindung am Flexspline übertragbare Drehmoment der Getriebe-Einbausätze der Baureihen CSG-2A und HFUC-2A. Bitte prüfen Sie, ob das gemäß Tabelle am Flexspline übertragbare Drehmoment für Ihre Anwendung ausreichend ist.

Tabelle 1.1.42

	[Einheit]	Baugröße													
		8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Anzahl der Schrauben		1	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	10	8
Größe der Schrauben		M3	M3	M4	M5	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M14	M16	M16	M20
Teilkreisdurchmesser	[mm]	–	12	17	19	24	30	40	50	54	60	70	80	100	110
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,15	2,15	4,50	9,00	9,00	15,30	37,00	74,00	128,00	205,00	205,00	319,00	319,00	622,00
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	4,7	15,0	35,0	64,0	108,0	186,0	460,0	910,0	1440,0	2160,0	2550,0	3980,0	6220,0	8560,0

Schraubenqualitat: 12.9, Reibungskoeffizient µ= 0,15.

Verschraubung und Verstiftung Flexspline (Baureihe HFUC-2A)

Tabelle 1.1.43 zeigt das mittels Schraubenverbindung und zusätzlicher Verstiftung am Flexspline übertragbare Drehmoment der Getriebe-Einbausätze der Baureihe HFUC-2A. Bitte prüfen Sie, ob das gemäß Tabelle übertragbare Drehmoment für Ihre Anwendung ausreichend ist.
Wir empfehlen die zusätzliche Stiftverbindung, wenn das Lastmoment höher als das wiederholbare Spitzendrehmoment ist. Hierfür müssen Stiftbohrungen gefertigt werden. Bitte geben Sie dies bei der Bestellung mit an.

Tabelle 1.1.43

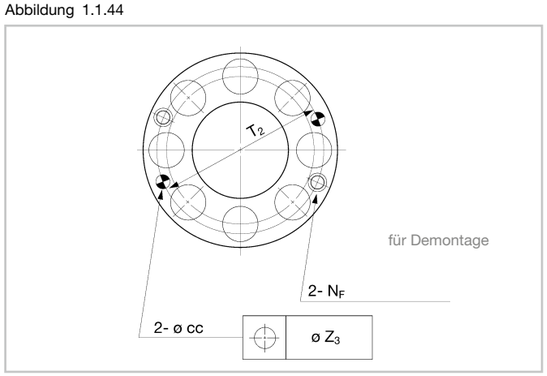
	[Einheit]	Baugröße											
		8	11	14	17	20	25	32	50	58	65	80	90
Anzahl der Stifte		–	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ø cc H7	[mm]	–	2	3	3	3	4	5	8	8	8	8	12
Teilkreisdurchmesser T_2	[mm]	–	15,2	18,5	21,5	27,0	34,0	45,0	68,0	79,0	90,0	114,0	120,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	–	29	74	108	167	314	725	3160	3710	5310	7910	12540

Schraubenqualitat: 12.9, Reibungskoeffizient µ= 0,15.

Flexspline Stiftbohrungen und Abdrückgewinde

Abbildung 1.1.44 zeigt die Variablenzeichnung der optionalen Flexspline-Stiftbohrungen (nur für HFUC-2A) und der für die Flexspline-Demontage vorgesehenen Abdrückgewinde (HFUC-2A und CSG-2A). Zugehörige Abmessungen siehe Tabelle 1.1.43.

Abbildung 1.1.44



Verschraubung Flexspline (Baureihe CSG-2A)

Zur vollen Nutzung der hohen Maximaldrehmomente der CSG-2A Getriebe-Einbausätze empfehlen wir den Einsatz der optional bestellbaren Friction Shim, siehe Abbildung 1.1.45. Diese beidseitig diamantbeschichtete Metallscheibe dient der Erhöhung des Reibungskoeffizienten zwischen Flexspline und kundenseitigem Abtriebselement.

Abbildung 1.1.45

Verschraubung Flexspline mit Friction Shim (Baureihe CSG-2A)

Tabelle 1.1.46 zeigt das mittels Schraubenverbindung und Friction Shim am Flexspline übertragbare Drehmoment der Getriebe-Einbausätze der Baureihe CSG-2A. Die Friction Shim kann optional mitbestellt werden. Falls das Maximaldrehmoment der Anwendung es ermöglicht, kann der CSG-2A Getriebe-Einbausatz auch ohne Friction Shim eingesetzt werden. In diesem Fall gelten die am Flexspline übertragbaren Drehmomente gemäß Tabelle 1.1.42.

Tabelle 1.1.46

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
Größe der Schrauben		M4	M5	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M14	M16
Teilkreisdurchmesser	[mm]	17	19	24	30	40	50	54	60	70	80
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	9,0	9,0	15,3	37,0	74,0	128,0	205,0	205,0	319,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	96	176	291	529	1263	2476	3954	5930	7000	10928

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient µ= 0,4 (durch Friction Shim).

- Montage des Circular Splines

Verschraubung Circular Spline (Baureihe HFUC-2A)

Tabelle 1.1.47

	[Einheit]	Baugröße											
		8	11	14	17	20	25	32	50	58	65	80	90
Anzahl der Schrauben		8	8	6	12	12	12	12	12	12	12	16	16
Größe der Schrauben		M2	M2,5	M3	M3	M3	M4	M5	M8	M10	M10	M10	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	25,5	35,0	44,0	54,0	62,0	75,0	100,0	150,0	175,0	195,0	240,0	270,0
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	0,17	0,35	2,00	2,00	2,00	4,50	9,00	37,00	74,00	74,00	74,00	128,00
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	5	12	54	131	147	314	676	2620	4820	5370	8820	14450

Schraubenqualitat: 12.9, Reibungskoeffizient µ= 0,15.

Verschraubung Circular Spline (Baureihe CSG-2A)

Tabelle 1.1.48

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3	37,0	37,0	74,0	74,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	72	175	196	419	901	1530	3238	3469	6475	7215

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient µ= 0,15

- Montage des Wave Generators

Bei der Montage ist das im Katalog/Bestätigungszeichnung angegebene axiale Montagemaß (relative axiale Position zum Flexspline-Flansch „B“ gemäß Tabelle 1.1.9, Tabelle 1.1.11, Tabelle 1.1.13) einzuhalten.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Das Leichtbau-Getriebe mit großer Hohlwelle

Die Getriebe-Einbausätze der Baureihe CPL-2A zeichnen sich durch geringstes Gewicht und niedriges Massenträgheitsmoment aus und sind hervorragend für bewegte Achsen und höchste Dynamik geeignet.

Merkmale

- Hohe Drehmomente bei geringstem Gewicht
- Hohe Dynamik durch reduziertes Massenträgheitsmoment
- Große Hohlwelle zur Durchführung von Versorgungskabeln und Wellen
- Kleiner Außendurchmesser
- Ideal für Anwendungen mit eigener Lagerung

Bestellbezeichnung

Tabelle 1.2.1

Bestellbezeichnung	CPL	-	25	A	-	100	-	2A	-	SP
Baureihe										
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14 17 20 25 32							
Produktgeneration				A						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb						30 50 80 100 120 160				
Version										
Getriebe-Einbausatz								2A		
Kundenspezifische Ausführung										
Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage)										SP
Standardausführung (= Feld bleibt leer)										[ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 1.2.2

Baugröße		14A	17A	20A	25A	32A
Untersetzung	30	●	●	●	●	●
	50	●	●	●	●	●
	80	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Alle Angaben in diesem Katalog gelten bei Montage der Getriebekomponenten an ausreichend steife Anbauteile. Wir bitten um Rücksprache, wenn Sie diese Produkte in Leichtbaukonstruktionen mit gegenüber dem Industriestandard reduzierten radialen Steifigkeiten der Anbauteile von Circular Spline und Wave Generator einsetzen wollen.

Tabelle 1.2.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Massenträgheitsmoment	Gewicht
						Schmierung		Schmierung			
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Öl	Fett	Öl	Fett	[kgm^2]	[kg]
14A	30	9,0	6,8	4,0	17,0	14000	8500	6500	3500	0,02 x 10^{-4}	0,055
	50	18,0	6,9	5,4	35,0						
	80	23,0	11,0	7,8	47,0						
	100	28,0	11,0	7,8	54,0						
17A	30	16,0	12,0	8,8	30,0	10000	7300	6500	3500	0,049 x 10^{-4}	0,1
	50	34	26	16	70						
	80	43	27	22	87						
	100	54	39	24	110						
	120	54	39	24	86						
20A	30	27	20	15	50	10000	6500	6500	3500	0,112 x 10^{-4}	0,14
	50	56	34	25	98						
	80	74	47	34	127						
	100	82	49	40	147						
	120	87	49	40	147						
	160	92	49	40	147						
25A	30	50	38	27	95	7500	5600	5600	3500	0,265 x 10^{-4}	0,24
	50	98	55	39	186						
	80	137	87	63	255						
	100	157	108	67	284						
	120	167	108	67	304						
	160	176	108	67	314						
32A	30	100	75	54	200	7000	4800	4600	3500	0,958 x 10^{-4}	0,54
	50	216	108	76	382						
	80	304	167	118	568						
	100	333	216	137	647						
	120	353	216	137	686						
	160	372	216	137	686						

Wenn Drehmomente bis zur „Grenze für Kollisionsdrehmoment“ übertragen werden sollen, sind die am Flexspline maximal übertragbaren Drehmomente im Kapitel „Flexspline-Verschraubungen“ ebenfalls zu berücksichtigen.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Abmessungen

Abbildung 1.2.4 [mm]

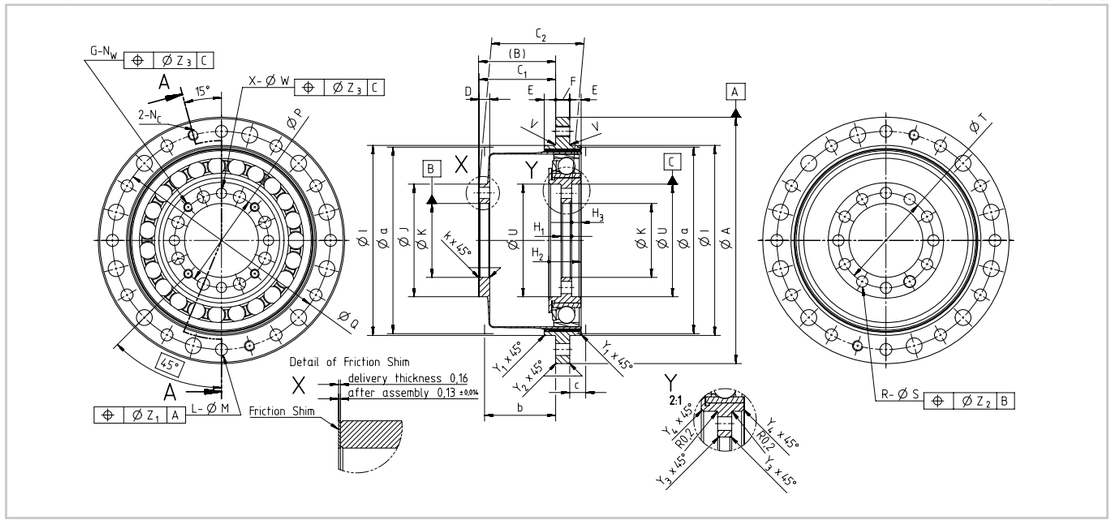


Tabelle 1.2.5 [mm]

Baugröße		14A	17A	20A	25A	32A
øA h6		50	60	70	85	110
B[1]		18,1	20,4	21,9	25,1	30,6
C_1		18,0 $^{+0,4}_{0}$	20,3 $^{+0,50}_{0}$	21,8 $^{+0,6}_{0}$	25,0 $^{+0,6}_{0}$	30,5 $^{+0,6}_{0}$
C_2		20,9 $^{0}_{-0,8}$	24 $^{0}_{-0,9}$	26,3 $^{0}_{-1}$	30,4 $^{0}_{-1}$	37 $^{0}_{-1,1}$
D		2,4	3,0	3,0	3,0	3,2
E[1]		2,5	2,8	3,3	4,0	5,5
F		3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
G		4	4	4	4	4
H_1		1,9	2,3	3,0	3,3	3,5
H_2		7,4	7,6	9,1	8,9	11,5
H_3		2,2	2,2	2,6	1,5	2,5
øI h6		38	48	i=30: 55, i≥50: 54	i=30: 68, i≥50: 67	90
øJ		23,0	27,2	32,0	40,0	52,0
øK H6		13,5	18,0	21,0	26,0	36,0
k		0,25	0,25	0,25	0,25	0,50
L[2]		12	12	12	12	12
øM		3,4	3,4	3,4	4,5	5,5
N_C		M3	M3	M3	M4	M5
N_W		M2	M2	M2,5	M3	M4
øP		18,00	22,50	26,75	34,00	44,50
øQ		44	54	62	75	100
R		12	14	12	12	12
øS		2,7	2,7	3,2	4,3	5,3
T		18,9	23,1	27,0	33,6	44,9
U H6		22,6	27,0	32,0	41,0	53,0
V		R 0,2	R 0,3	R 0,3	R 0,3	R 0,3
øW		2,4	2,4	2,9	3,4	4,5
X[2]		4	4	4	4	4
Y_1		0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Y_2		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Y_3		0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Y_4		0,4	0,4	0,5	0,3	0,5
øZ_1		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
øZ_2		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
øZ_3		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Minimaler Gehäuseabstand	Ø a	38	45	53	66	86
	b[1]	17,6	19,3	20,3	24,0	29,3
	c[1]	3,5	3,8	4,5	5,5	7,0

[1] Zum Teil gerundete Werte, [2] Nicht spezifizierte Bohrungen dienen nur der Gewichtsreduktion und dürfen nicht zur Befestigung genutzt werden.

• Genauigkeit

Tabelle 1.2.6

[arcmin]

Baugröße	14A		17A		≥20A	
Untersetzung	30	≥50	30	≥50	30	≥50
Übertragungsgenauigkeit [1)]	<2,0	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,0
Hystereseverlust	<3,0	<1,0	<3,0	<1,0	<3,0	<1,0
Lost Motion	<1,0					
Wiederholgenauigkeit	< ± 0,1					

[1)] Höhere Genauigkeit auf Anfrage

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 1.2.7

	Symbol [Einheit]	Baugröße 14A	17A	20A	25A	32A
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	2	3,9	7	14	29
	T_2 [Nm]	6,9	12	25	48	108
i = 30	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	3,4	6,7	11	21	49
	K_2 [x 10^3 Nm/rad]	2,4	4,4	7,1	13	30
	K_1 [x 10^3 Nm/rad]	1,9	3,4	5,7	10	24
i = 50	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	5,7	13	23	44	98
	K_2 [x 10^3 Nm/rad]	4,7	11	18	34	78
	K_1 [x 10^3 Nm/rad]	3,4	8,1	13	25	54
i > 50	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	7,1	16	29	57	120
	K_2 [x 10^3 Nm/rad]	6,1	14	25	50	110
	K_1 [x 10^3 Nm/rad]	4,7	10	16	31	67

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 1.2.8

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße 14A	17A	20A	25A	32A
30	4,3	6,5	11,0	19,0	45,0
50	3,3	5,1	6,6	12,0	26,0
80	2,4	3,3	4,1	7,7	16,0
100	2,1	2,9	3,7	6,9	15,0
120	–	2,7	3,3	6,3	13,0
160	–	–	2,9	5,5	12,0

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 1.2.9

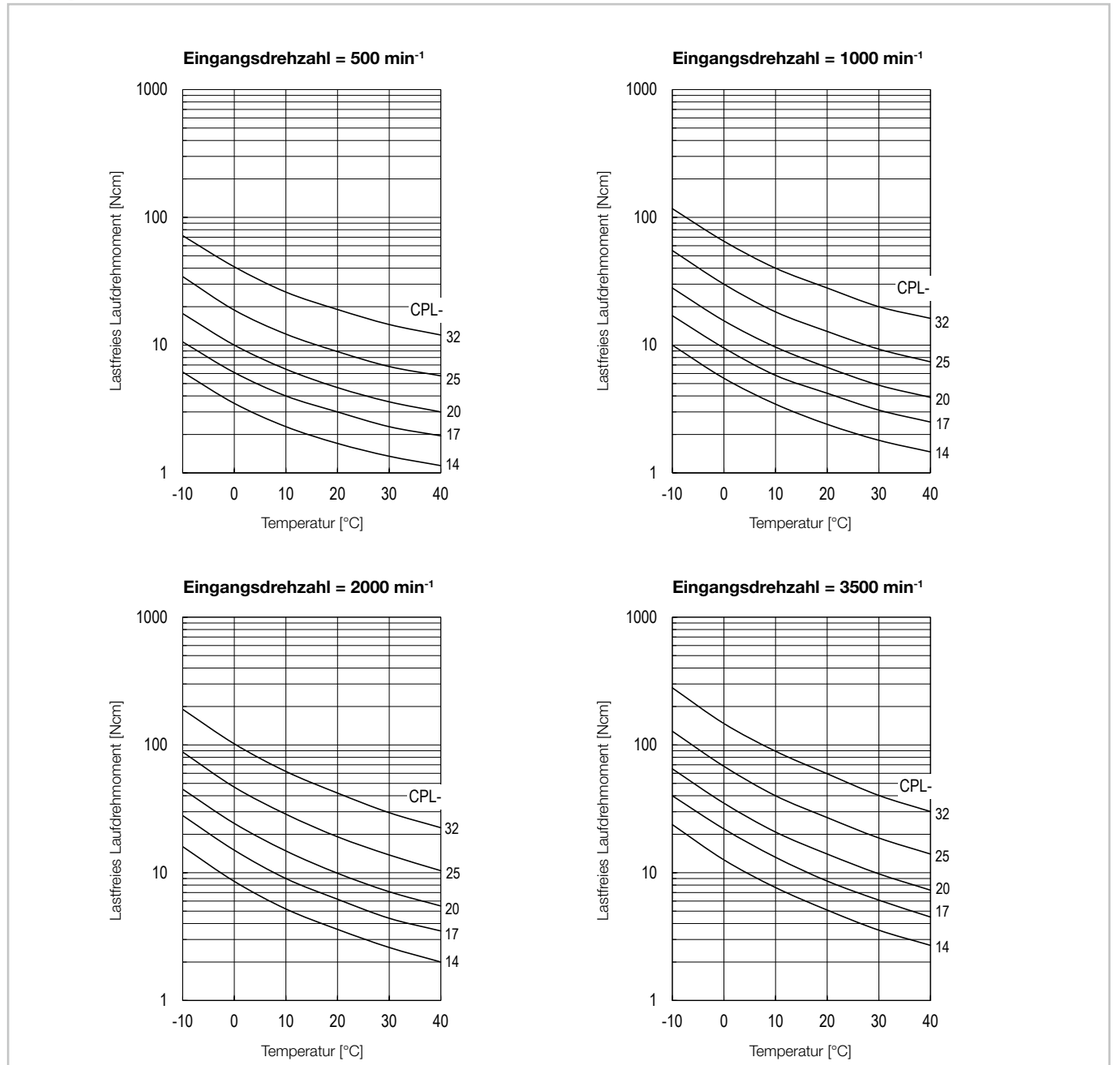
[Nm]

Untersetzung	Baugröße 14A	17A	20A	25A	32A
30	2,0	3,2	5,5	10,0	21,0
50	1,4	2,5	4,0	7,5	16,0
80	1,4	2,5	4,2	7,7	16,0
100	1,7	2,8	4,5	8,4	18,0
120	–	3,1	4,9	9,2	19,0
160	–	–	5,8	11,0	23,0

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 1.2.10



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 1.2.11

[Ncm]

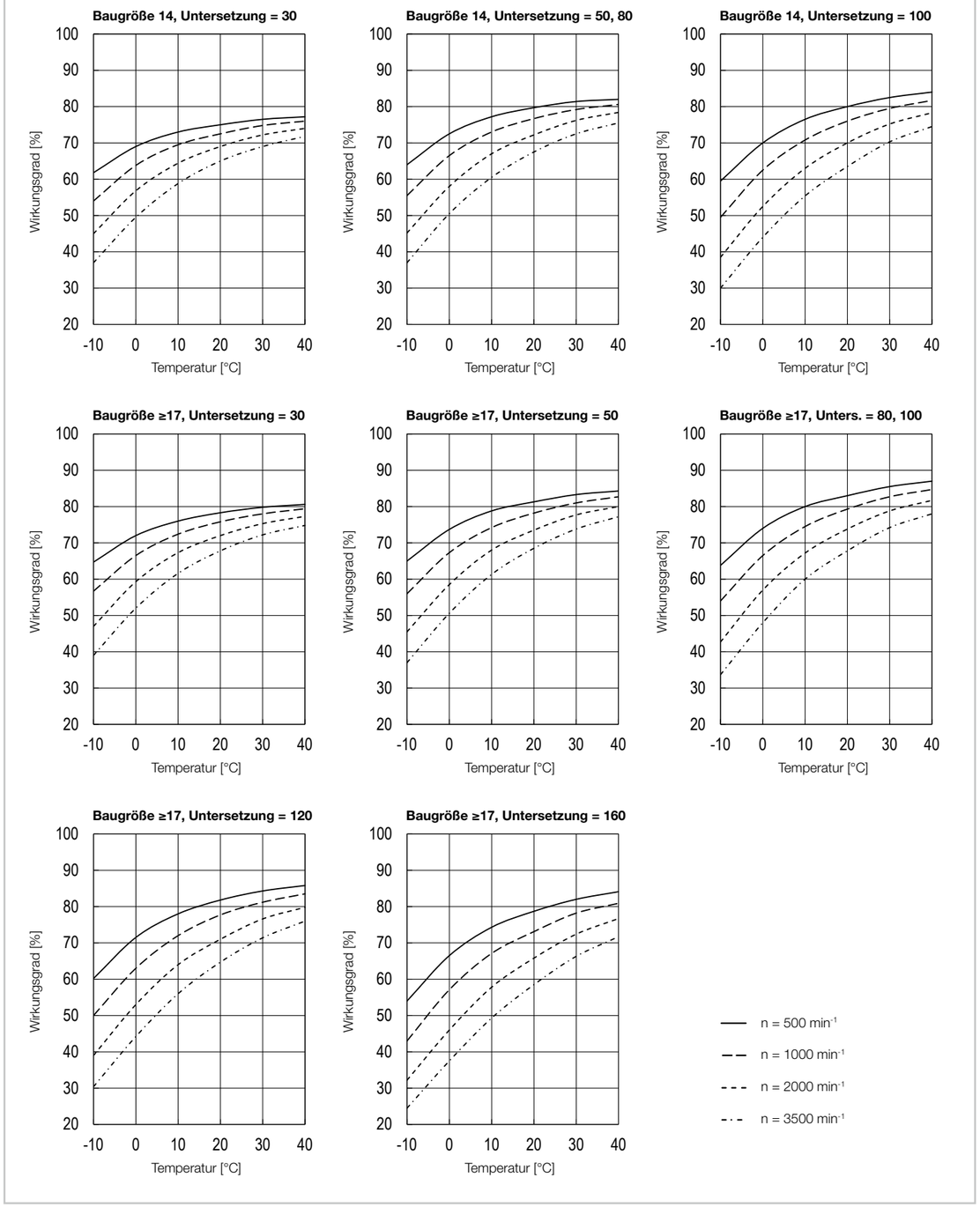
Untersetzung	Baugröße 14A	17A	20A	25A	32A
30	1,1	1,8	2,7	5,0	10,0
50	0,5	0,8	1,2	2,2	4,5
80	0,1	0,1	0,2	0,3	0,7
120	-	-0,1	-0,1	-0,2	-0,5
160	-	-	-0,3	-0,6	-1,2

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugrößen 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

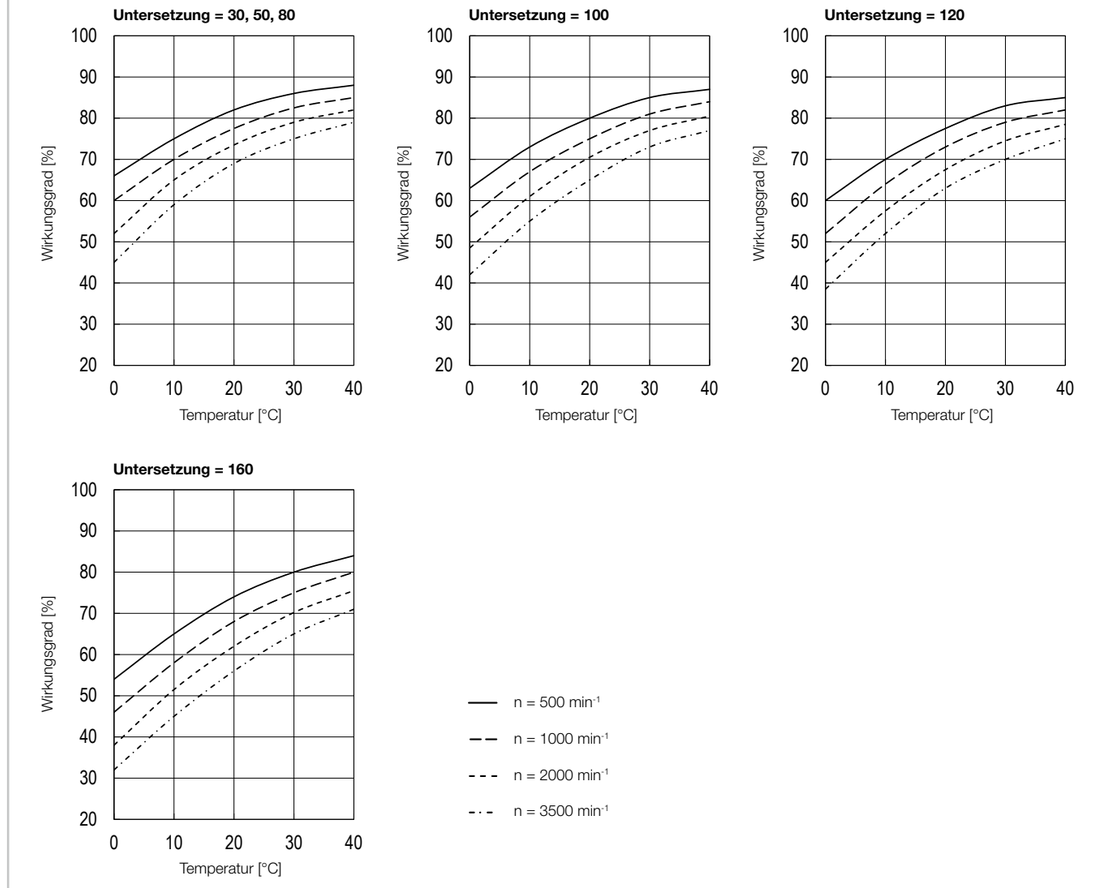
Abbildung 1.2.12



Wirkungsgrad für Ölschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Mineralöl DEA CLP 68.

Abbildung 1.2.13



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

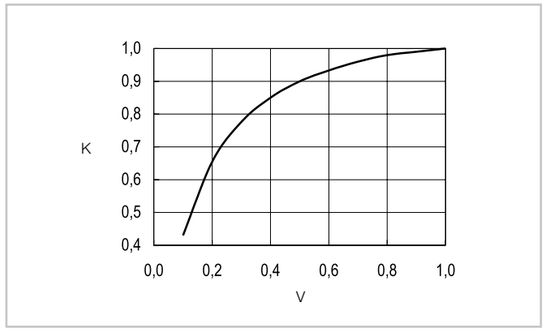
Produkt: CPL-20-80-2A-GR

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 34 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/34 = 0,59$ (Für $V > 1$ ist $K = 1$)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 1.2.14: K = 0,93
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 1.2.12: η = 80 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   ηL = 80 % · 0,93 = 74 %

Abbildung 1.2.14

Berechnungsfaktor K



Konstruktionshinweise

• Fettschmierung

Zur Sicherstellung einer optimalen Schmierung sollte der Getrieberaum kompakt gehalten werden, Beispiel siehe Abbildung 1.2.15 und Tabelle 1.2.16.

Bei Füllung des Getrieberaums mit mehr als 50 % Schmierfett steigt die Leckagegefahr. Darum sollte die Relation Fettvolumen/Getrieberaum kleiner als 0,5 sein. Beim Einbau mit vorwiegend oben oder unten liegendem Wave Generator sollte der Spalt c mit einer zusätzlichen Fettmenge gemäß Tabelle 1.2.16 gefüllt werden.

Verwendete Materialien:
- Circular Spline: Grauguss, blank
- Wave Generator, Flexspline: Stahl, blank

Abbildung 1.2.15

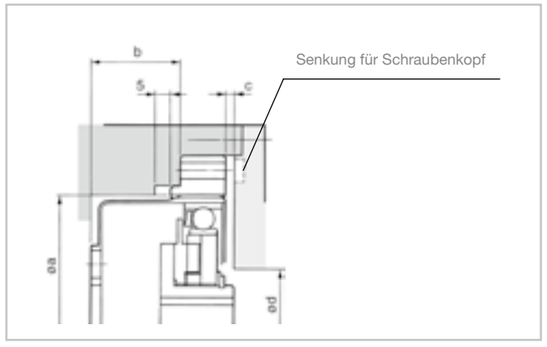


Tabelle 1.2.16

[mm]

Baugröße	14A	17A	20A	25A	32A
ø a	38	45	53	66	86
b	17,1	19,0	20,5	23,0	26,8
c[1)]	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5
c[2)]	3,0	3,0	4,5	4,5	4,5
ø d	16	26	30	37	37

[1)] Achse horizontal oder vertikal, Wave Generator unten
[2)] Achse vertikal, Wave Generator oben

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Schmierung

Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze werden standardmäßig ohne Schmierstoff geliefert. Sie müssen vor Inbetrieb-nahme gemäß der folgenden Darstellungen geschmiert werden.

• Fettschmierung

Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 1.2.17 genannten Schmierfette.

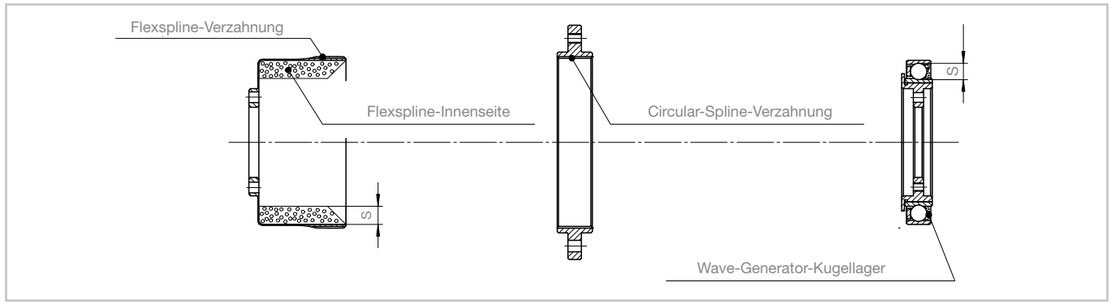
Tabelle 1.2.17

Untersetzung	Harmonic Drive® Schmierfett	14A	17A	20A	25A	32A
30	Flexolub-A1	O	O	O	O	O
	SK-1A	-	-	Δ	Δ	Δ
	SK-2	Δ	Δ	-	-	-
	4BNo. 2	Δ	Δ	□	□	□
≥50	SK-1A	-	-	O	O	O
	SK-2	O	O	Δ	Δ	Δ
	4BNo.2	□	□	□	□	□
	Flexolub-A1	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Die Getriebe-Einbausätze müssen vor Inbetriebnahme in vier Bereichen geschmiert werden, siehe Abbildung 1.2.18.
- Flexspline: An der Innenwandung des Flexsplines umlaufend ein Fettreservoir anlegen. Das Maß „s“ soll ungefähr der Höhe des Wave-Generator-Kugellagers entsprechen.
- Verzahnungen: Jeweils die Zahnlücken mit Fett auffüllen
- Wave-Generator-Kugellager: Den Bereich Lagerkugeln und Lagerkäfig großzügig mit Fett einstreichen.

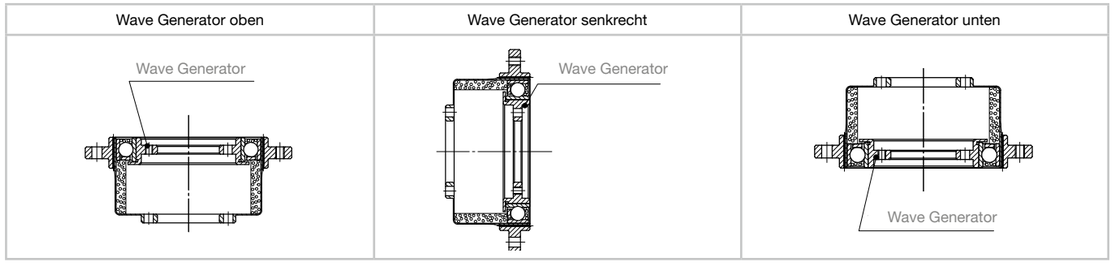
Abbildung 1.2.18



Die erforderliche Fettmenge ist neben der Baugröße auch von der Betriebsposition des Getriebes abhängig. Die im folgenden Text definierten Betriebspositionen „Wave Generator oben“ bzw. „Wave Generator unten“ beziehen sich auf die relative Lage des Wave Generators zum Flexspline-Flansch, siehe Abbildung 1.2.19.

Abbildung 1.2.19

Betriebspositionen



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Bei überwiegendem Einsatz mit oben oder unten liegendem Wave Generator ist eine zusätzliche Fettbefüllung erforderlich, siehe Abbildung 1.2.20 und Tabelle 1.2.21.

Abbildung 1.2.20

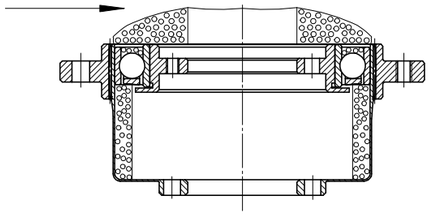


Tabelle 1.2.21 **[g]**

Baugröße		Fettmenge 14A	17A	20A	25A	32A
Einbaulage	Achse waagerecht	5,5	10,0	16,0	30,0	60,0
	Wave Generator unten	7,0	12,0	18,0	35,0	70,0
	Wave Generator oben	8,5	14,0	21,0	40,0	80,0

• Ölschmierung

Für Harmonic Drive® CPL Getriebe-Einbausätze ist Ölschmierung möglich. Es muss ein eigenständiger Schmierraum vorgesehen sein. In Abbildung 1.2.22 und Tabelle 1.2.23 sind empfohlene Ölstände für horizontale und vertikale Einbaulagen angegeben.

Abbildung 1.2.22 **Betriebspositionen**

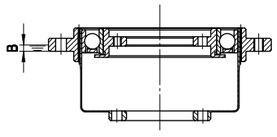
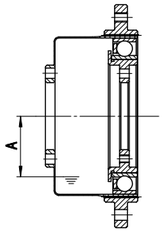
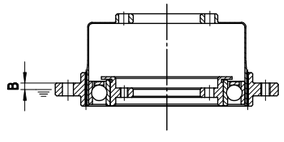
Wave Generator oben	Wave Generator senkrecht	Wave Generator unten
		
B = Ölstand	A = Ölstand	B = Ölstand

Tabelle 1.2.23 **[mm]**

Baugröße	Ölstände 14A	17A	20A	25A	32A
A	10	12	14	17	24
B	1	1	1	2	3

Ölbohrungen

Bei vertikaler Achse mit obenliegendem Wave Generator muss durch konstruktive Maßnahmen sichergestellt werden, dass das vom Wave Generator aus dem Flexspline herausgeschleuderte Öl wieder zurücklaufen kann. Dies kann durch eine Verbindung der beiden Ölräume mittels Ölbohrungen im Flexspline-Boden erfolgen. Bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen:

Abbildung 1.2.24

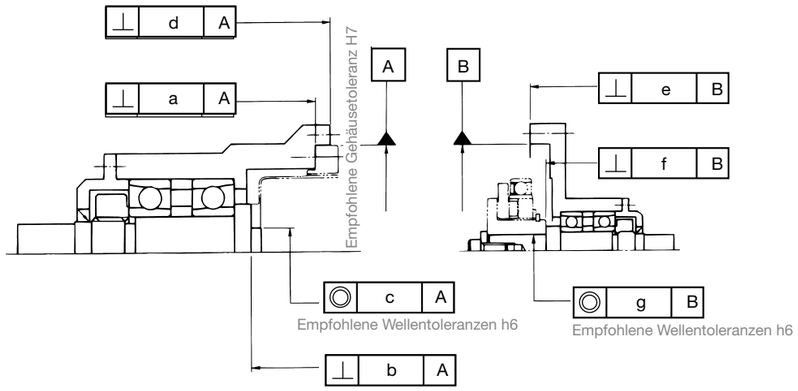


Tabelle 1.2.25 **[mm]**

Baugröße	14A	17A	20A	25A	32A
a	0,011	0,012	0,013	0,014	0,016
b	0,008	0,011	0,014	0,018	0,022
c	0,015	0,018	0,019	0,022	0,022
d	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026
e	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026
f	0,008	0,010	0,010	0,012	0,012
g	0,016	0,018	0,019	0,022	0,022

Motorwellentoleranzen sollten der DIN 42955 R entsprechen.

Montage

• Montage des Flexsplines

Klemmring

Zur Vermeidung einer Beschädigung des Getriebes muss darauf geachtet werden, dass Schraubenköpfe, Stifte oder Schraubenmuttern die Verformung des Flexsplines nicht behindern. Wir empfehlen den Einsatz eines Klemmringes mit den angegebenen Abmessungen. Material S45C (DINHC45), vergütet, HB200 bis 270 oder vergleichbar. Der Klemmring gehört nicht zum Lieferumfang.

Abbildung 1.2.26

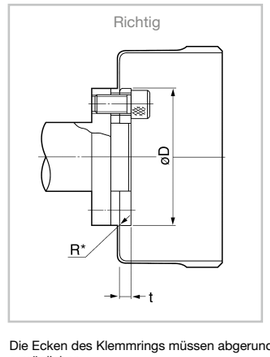
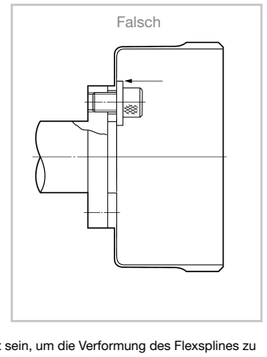


Abbildung 1.2.27



Die Ecken des Klemmrings müssen abgerundet sein, um die Verformung des Flexsplines zu ermöglichen.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Abmessungen des Klemmrings

Tabelle 1.2.28

[mm]

Baugröße	14A	17A	20A	25A	32A
$D^{\ 0}_{-0,1}$	24,5	29,0	34,0	42,0	55,0
$R^{\ +0,1}_{\ 0}$	1,2	1,2	1,4	1,5	2,0
t	3,0	3,0	3,0	5,0	7,0

Friction Shim

Zur Erhöhung des Reibungskoeffizienten zwischen Flexspline und kundenseitigem Abtriebselement wird eine beidseitig diamantbeschichtete Metallscheibe (Friction Shim) eingesetzt. Dieses Element gehört zum Lieferumfang.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Abbildung 1.2.29

Verschraubung Flexspline

Tabelle 1.2.30

Baugröße	[Einheit]	14A	17A	20A	25A	32A
Anzahl der Schrauben		12	14	12	12	12
Größe der Schrauben		M2,5	M2,5	M3	M4	M5
Teilkreisdurchmesser	[mm]	18,9	23,1	27,0	33,6	44,9
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	1,2	1,2	2,2	5,1	10,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	57	87	134	328	778

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,4 (durch Friction Shim).
Das übertragbare Drehmoment der Flexspline-Verschraubung ist bei einigen Produkten niedriger als die Grenze für Kollisionsdrehmoment, vergleiche mit Tabelle 1.2.3.
Wir empfehlen, das von der Flexspline-Verschraubung übertragbare Drehmoment im Betrieb nicht zu überschreiten.

• Montage des Circular Splines

Verschraubung Circular Spline

Tabelle 1.2.31

Baugröße	[Einheit]	14A	17A	20A	25A	32A
Anzahl der Schrauben		12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	75	100
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,1	2,1	2,1	5,1	10,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	110	130	150	315	690

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15.

• Montage des Wave Generators

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

Verschraubung Wave Generator

Tabelle 1.2.32

Baugröße	[Einheit]	14A	17A	20A	25A	32A
Anzahl der Schrauben		4	4	4	4	4
Größe der Schrauben		M2	M2	M2,5	M3	M4
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	0,60	0,60	1,23	2,15	5,10

Schraubenqualität: 12.9

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Kompakt, leicht und präzise

Die Getriebe-Einbausätze der Baureihe CSD-2A zeichnen sich durch kürzeste Bauform, geringes Gewicht sowie eine große Hohlwelle aus und eignen sich für Anwendungen mit kleinem Bauraum.

Merkmale

- Kürzeste Bauform
- Geringes Gewicht
- Große Hohlwelle zur Durchführung von Versorgungskabeln und Wellen
- Hohe Dynamik durch reduziertes Trägheitsmoment
- Ideal für Anwendungen mit eigener Lagerung

Bestellbezeichnung

Tabelle 1.3.1

Bestellbezeichnung	CSD	-	20	-	100	-	2A-GR	-	BB	-	SP
Baureihe											
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14 17 20 25 32 40 50								
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb					50 80 100 120 160						
Version											
Getriebe-Einbausatz Baugrößen 14, 17							2A-R				
Getriebe-Einbausatz Baugrößen 20 bis 50							2A-GR				
Option Flexspline-Hohldurchmesser											
Standardausführung (Feld bleibt leer)									[ ]		
Flexspline mit vergrößerter zentraler Bohrung (BB = big bore)									BB		
Option Kundenspezifische Ausführung (auf Anfrage)											
Standardausführung (Feld bleibt leer)										[ ]	
Sonderausführung										SP	

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 1.3.2

Baugröße		14	17	20	25	32	40	50
Untersetzung	50	●	●	●	●	●	●	●
	80	●	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 1.3.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment		Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Massenträgheitsmoment	Gewicht
							Schmierung		Schmierung			
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]		Öl	Fett	Öl	Fett	[kgm^2]	[kg]
14	50	12,0	4,8	3,7	24,0		14000	8500	6500	3500	0,021*10^{-4}	0,06
	80	16,0	7,7	5,4	31,0							
	100	19,0	7,7	5,4	31,0							
17	50	23	18	11	48		10000	7300	6500	3500	0,054*10^{-4}	0,1
	80	29	19	15	55[3]							
	100	37	27	16	55[3]							
	120	37	27	16	55[3]							
20	50	39	24	17	69		10000	6500	6500	3500	0,090*10^{-4}	0,13
	80	51	33	24	76[1,3]	65[2,3]						
	100	57	34	28	76[1,3]	65[2,3]						
	120	60	34	28	76[1,3]	65[2,3]						
	160	64	34	28	76[1,3]	65[2,3]						
25	50	69	38	27	127		7500	5600	5600	3500	0,282*10^{-4}	0,24
	80	96	60	44	152[1,3]	135[2,3]						
	100	110	75	47	152[1,3]	135[2,3]						
	120	117	75	47	152[1,3]	135[2,3]						
	160	123	75	47	152[1,3]	135[2,3]						
32	50	151	75	53	268		7000	4800	4600	3500	1,09*10^{-4}	0,51
	80	213	117	83	359[1,3]	331[2,3]						
	100	233	151	96	359[1,3]	331[2,3]						
	120	247	151	96	359[1,3]	331[2,3]						
	160	261	151	96	359[1,3]	331[2,3]						
40	50	281	137	96	480		5600	4000	3600	3000	2,85*10^{-4}	0,92
	80	364	198	144	685[1]	580[2,3]						
	100	398	260	185	694[1,3]	580[2,3]						
	120	432	315	205	694[1,3]	580[2,3]						
	160	453	316	206	694[1,3]	580[2,3]						
50	50	500	247	172	1000		4500	3500	3000	2500	8,61*10^{-4}	1,9
	80	659	363	260	1300							
	100	686	466	329	1440[1]	1315[2,3]						
	120	756	569	370	1440[1]	1315[2,3]						
	160	823	590	370	1577[1,3]	1315[2,3]						

[1] Standardausführung
[2] Ausführung mit vergrößertem Hohldurchmesser (BB)
[3] Das Kollisionsdrehmoment wird durch das max. übertragbare Drehmoment der Flexspline-Schraubverbindung begrenzt.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

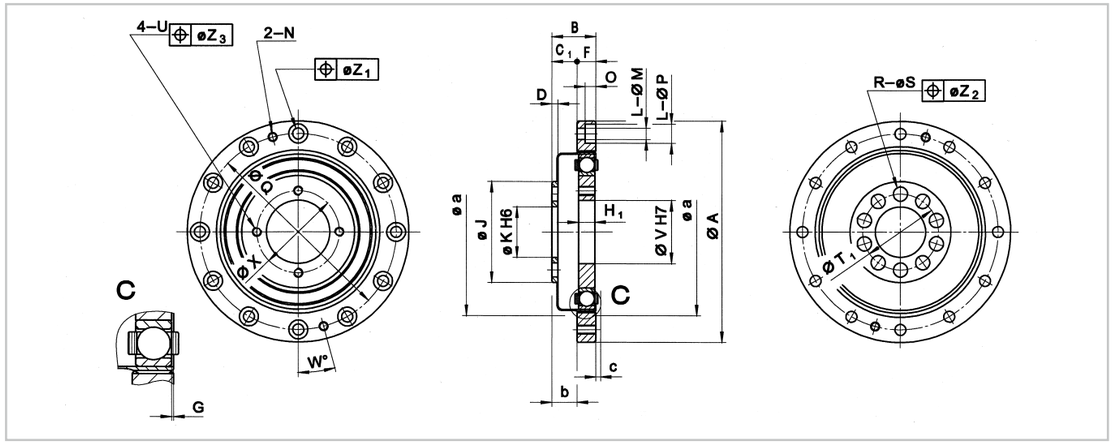
Details Wave Generator

Abbildung 1.3.4 **CSD-14, 17**

Abbildung 1.3.5 **CSD-20 ... 50**

• Abmessungen

Abbildung 1.3.6 **[mm]**



CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Tabelle 1.3.7

Baugröße	14	17	20		25		32		40		50	
	Standard	Standard	Standard	BB	Standard	BB	Standard	BB	Standard	BB	Standard	BB
Ø A h7	50	60	70		85		110		135		170	
B	11,0	12,5	14,0		17,0		22,0		27,0		33,0	
C_1	6,5 $^{+0,2}_{0}$	7,5 $^{+0,2}_{0}$	8 $^{+0,3}_{0}$		10 $^{+0,3}_{0}$		13 $^{+0,3}_{0}$		16 $^{+0,3}_{0}$		19,5 $^{+0,3}_{0}$	
D	1,4	1,7	2,0		2,0		2,5		3,0		3,5	
F	4,5	5,0	6,0		7,0		9,0		11,0		13,5	
G	0,3 $^{+0,2}_{0}$	0,3 $^{+0,2}_{0}$	0,3 $^{+0,2}_{0}$		0,4 $^{+0,2}_{0}$		0,5 $^{+0,2}_{0}$		0,6 $^{+0,2}_{0}$		0,8 $^{+0,2}_{0}$	
H_1	4 $^{0}_{-0,1}$	5 $^{0}_{-0,1}$	5,2 $^{0}_{-0,1}$		6,35 $^{0}_{-0,1}$		8,6 $^{0}_{-0,1}$		10,3 $^{0}_{-0,1}$		12,7 $^{0}_{-0,1}$	
Ø J	23,0	27,2	32,0		40,0		52,0		64,0		80,0	
Ø K H6	11	11	16	20	20	24	30	32	32	40	44	50
L - Ø M / Ø P	6 - Ø 3,4 / –	8 - Ø 3,4 / –	12 - Ø 3,4 / Ø 6,5		12 - Ø 3,4 / Ø 6,5		12 - Ø 4,5 / Ø 8		12 - Ø 5,5 / Ø 9,5		12 - Ø 6,6 / Ø 11	
N	M3	M3	M3		M3		M4		M5		M6	
O	–	–	3,3		3,3		4,4		5,4		6,5	
Ø Q	44	54	62		75		100		120		150	
R - Ø S	9 - Ø 3,4	8 - Ø 4,5	9 - Ø 4,5	12 - Ø 3,4	9 - Ø 5,5	12 - Ø 4,5	11 - Ø 6,6	14 - Ø 5,5	10 - Ø 9	14 - Ø 6,6	11 - Ø 11	14 - Ø 9
Ø T_1	17	19,5	24	26	30	32	41	42	48	52	62	65
U	M3	M3	M3		M3		M4		M5		M6	
Ø V H7	11	15	20		24		32		40		50	
W°	30,0	22,5	15,0		15,0		15,0		15,0		15,0	
Ø X	17	21	26		30		40		50		60	
Ø Z_1	0,20	0,20	0,20		0,20		0,25		0,25		0,30	
Ø Z_2	0,20	0,25	0,25	0,20	0,25		0,30	0,25	0,50	0,30	0,50	
Ø Z_3	0,25	0,25	0,20		0,20		0,25		0,25		0,30	
Ø a *	38	45	53		66		86		106		133	
b *	6,5	7,5	8,0		10,0		13,0		16,0		19,5	
c *	1,0	1,0	1,5		1,5		2,0		2,5		3,5	

* Minimaler Gehäuseabstand

• Genauigkeit

Tabelle 1.3.8

Baugröße	14, 17	≥ 20
Übertragungsgenauigkeit	< 1,5	< 1,0
Hystereseverlust	< 2	< 2
Lost Motion	< 1	
Wiederholgenauigkeit	< ±0,1	

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 1.3.9

	Symbol [Einheit]	Baugröße						
		14	17	20	25	32	40	50
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	2,0	3,9	7	14	29	54	108
	T_2 [Nm]	6,9	12,0	25	48	108	196	382
i = 50	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,47	1,20	2,0	3,7	8,4	15,0	30
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,37	0,88	1,3	2,7	6,1	11,0	21
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,29	0,67	1,1	2,0	4,7	8,8	17
≥ 80	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,61	1,30	2,5	4,7	11,0	20,0	37
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,44	0,94	1,7	3,7	7,8	14,0	29
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,40	0,84	1,3	2,7	6,1	11,0	21

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 1.3.10 **[Ncm]**

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	3,7	5,7	7,3	14,0	28	50	94
80	2,7	3,8	4,8	8,8	19	32	63
100	2,4	3,3	4,3	7,9	18	29	56
120	-	3,1	3,8	7,2	16	27	53
160	-	-	3,4	6,4	14	24	44

• Lastfreies Rückdrehmoment

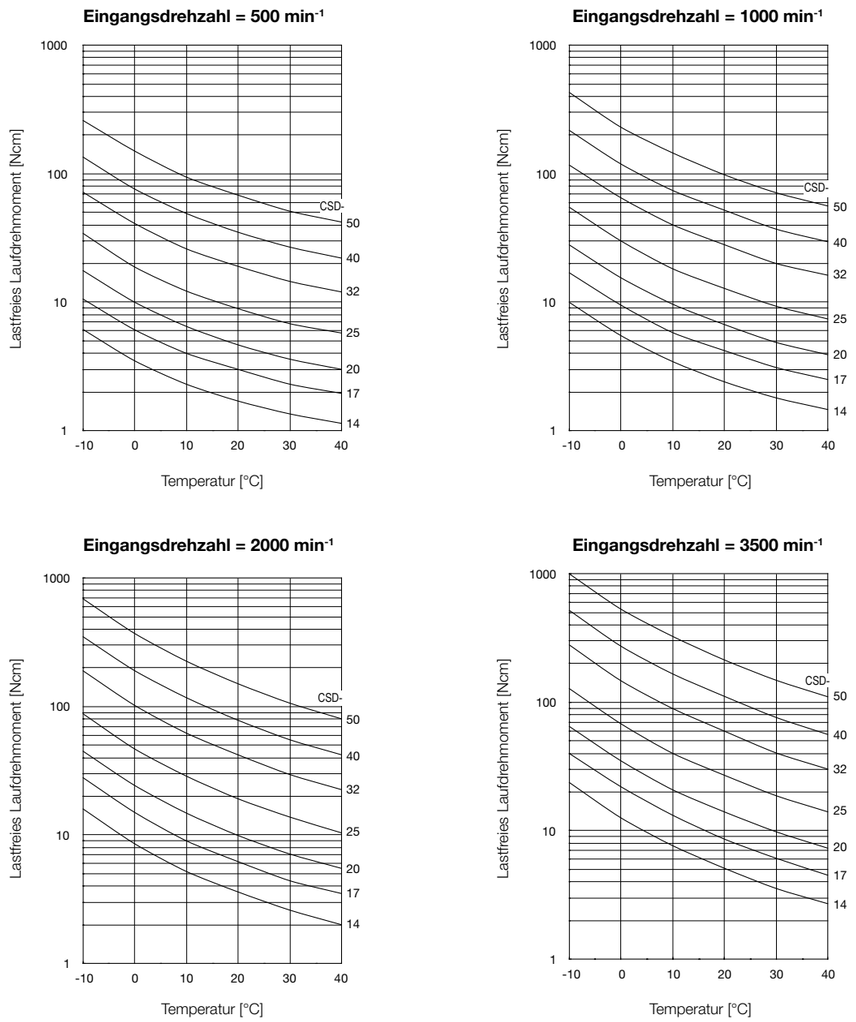
Tabelle 1.3.11 **[Nm]**

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	2,5	3,8	4,4	8,3	17	30	57
80	2,6	3,7	4,9	8,8	19	32	62
100	3,1	4,1	5,2	9,6	21	35	67
120	-	4,5	5,7	11,0	22	38	74
160	-	-	6,6	12,0	28	45	85

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 1.3.12



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 1.3.13 **[Ncm]**

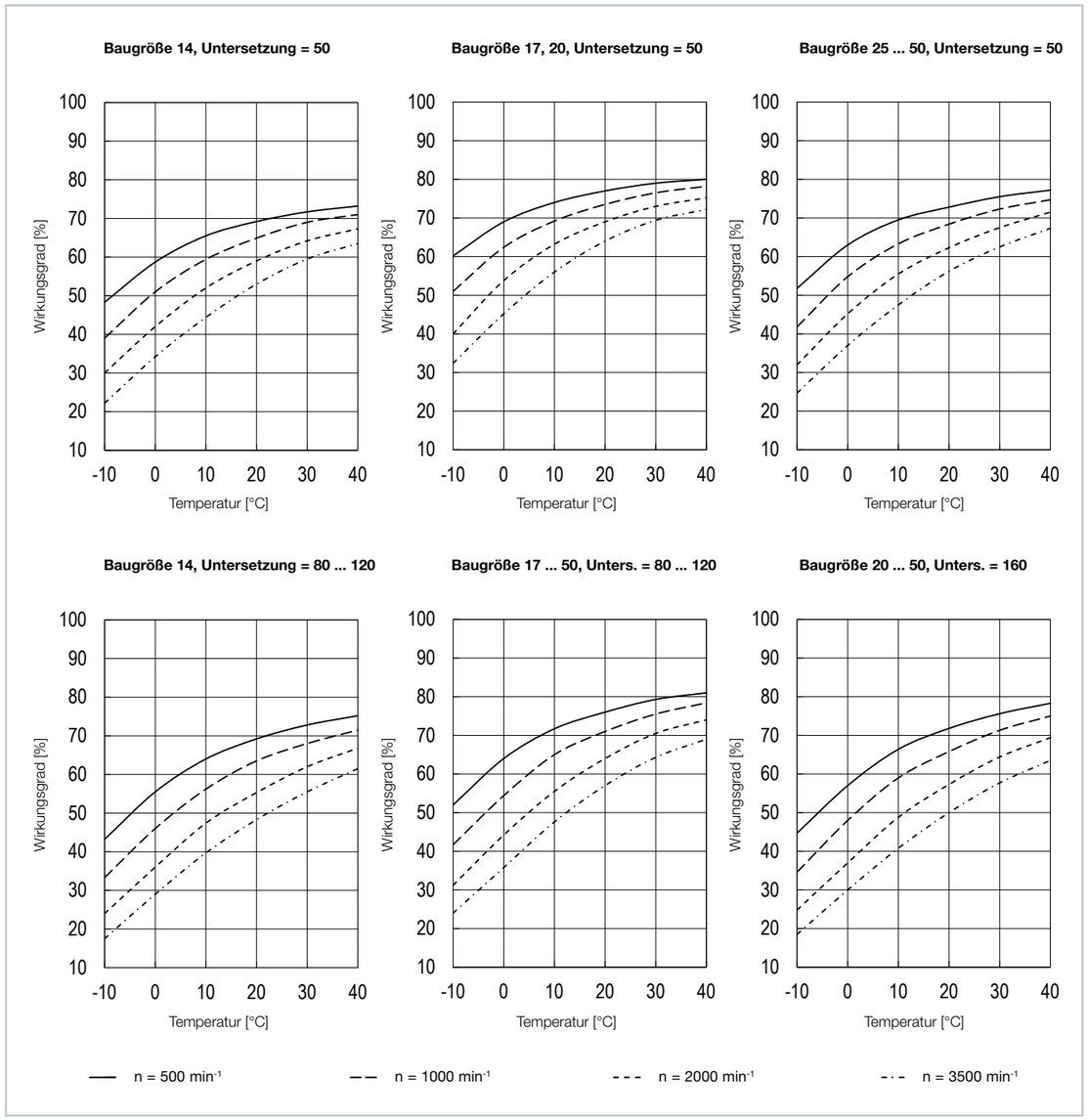
Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	0,56	0,95	1,40	2,60	5,40	9,60	18,00
80	0,1	0,1	0,2	0,4	0,8	1,5	2,7
120	-	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-1,1	-2,0
160	-	-	-0,39	-0,72	-1,50	-2,60	-4,80

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugrößen 14, 17) bzw. SK-1A (Baugrößen ≥ 20)

Abbildung 1.3.14



Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

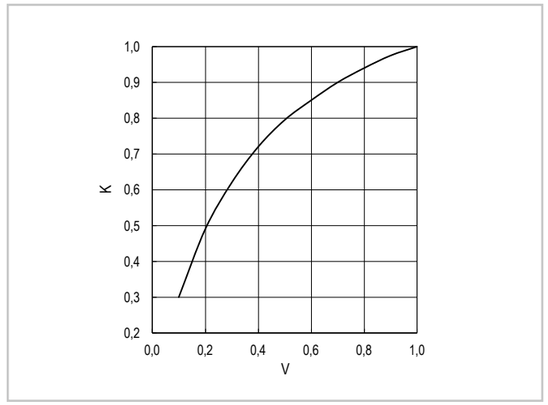
Berechnungsbeispiel

Produkt: CSD-20-80-2A-GR

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 24 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett
- SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/24 = 0{,}83$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 1.3.15: K = 0,95
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 1.3.14: η = 71 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 71\ \% \cdot 0{,}95 = 67\ \%$

Abbildung 1.3.15



Konstruktionshinweise

- Fettschmierung

Zur Sicherstellung einer optimalen Schmierung sollte der Getrieberaum kompakt gehalten werden, Beispiel siehe Abbildung 1.3.16 und Tabelle 1.3.17.

Bei Füllung des Getrieberaums mit mehr als 50 % Schmierfett steigt die Leckagegefahr. Darum sollte die Relation Fettvolumen/Getrieberaum kleiner als 0,5 sein. Beim Einbau mit vorwiegend oben oder unten liegendem Wave Generator sollte der Spalt c mit einer zusätzlichen Fettmenge gemäß Tabelle 1.3.17 gefüllt werden.

Verwendete Materialien:
- Circular Spline: Grauguss, blank
- Wave Generator, Flexspline: Stahl, blank

Abbildung 1.3.16

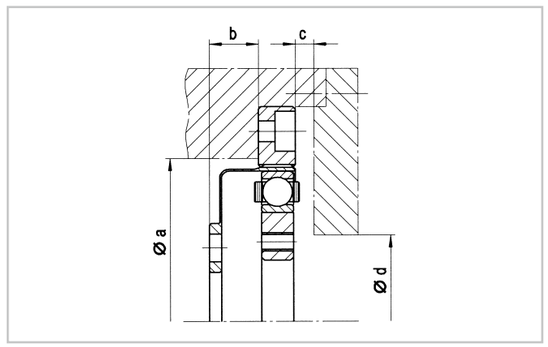


Tabelle 1.3.17

Symbol	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
ø a	38	45	53	66	86	106	133
b	6,5	7,5	8,0	10,0	13,0	16,0	19,5
c[1)]	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,5
c[2)]	3,0	3,0	4,5	4,5	6,0	7,5	10,5
ø d	16	26	30	37	37	45	45

[1)] Achse horizontal oder vertikal, Wave Generator unten
[2)] Achse vertikal, Wave Generator oben

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Schmierung

Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze werden standardmäßig ohne Schmierstoff geliefert. Sie müssen vor Inbetriebnahme gemäß der folgenden Darstellungen geschmiert werden.

• Fettschmierung

Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 1.3.18 genannten Schmierfette.

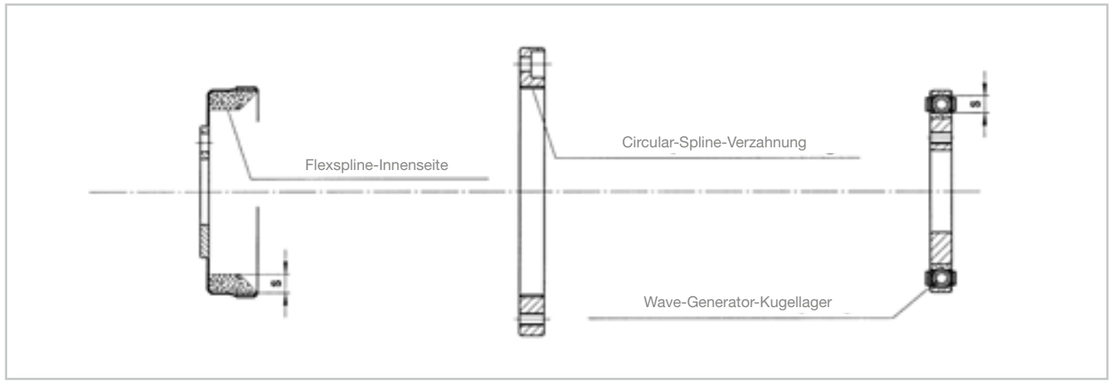
Tabelle 1.3.18

Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
SK-1A	-	-	O	O	O	O	O
SK-2	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	-
4BNo.2	□	□	□	□	□	□	□

O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Die Getriebe-Einbausätze müssen vor Inbetriebnahme in vier Bereichen geschmiert werden, siehe Abbildung 1.3.19.
- Flexspline: An der Innenwandung des Flexsplines umlaufend ein Fettreservoir anlegen. Das Maß „s“ soll ungefähr der Höhe des Wave-Generator-Kugellagers entsprechen.
- Verzahnungen: Jeweils die Zahnlücken mit Fett auffüllen
- Wave-Generator-Kugellager: Den Bereich Lagerkugeln und Lagerkäfig großzügig mit Fett einstreichen.

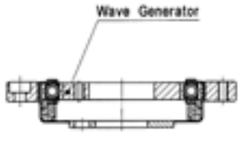
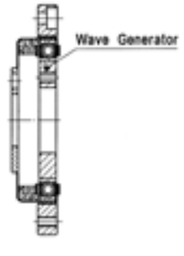
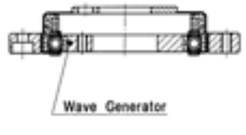
Abbildung 1.3.19



Die erforderliche Fettmenge ist neben der Baugröße auch von der Betriebsposition des Getriebes abhängig. Die im folgenden Text definierten Betriebspositionen „Wave Generator oben“ bzw. „Wave Generator unten“ beziehen sich auf die relative Lage des Wave Generators zum Flexspline-Flansch, siehe Abbildung 1.3.20.

Abbildung 1.3.20

Betriebspositionen

Wave Generator oben	Wave Generator senkrecht	Wave Generator unten
		

Bei überwiegendem Einsatz mit oben oder unten liegendem Wave Generator ist eine zusätzliche Fettbefüllung erforderlich, siehe Abbildung 1.3.21 und Tabelle 1.3.22.

Abbildung 1.3.21

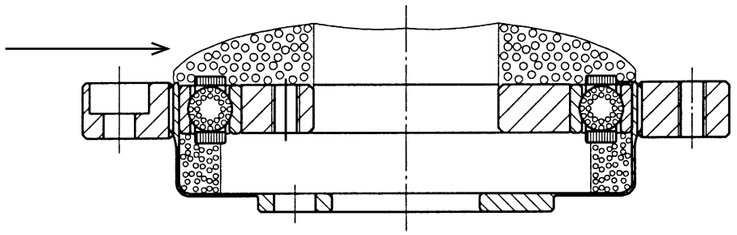


Tabelle 1.3.22

[g]

Baugröße		Fettmenge						
		14	17	20	25	32	40	50
Einbaulage	Achse waagerecht	3,5	5,2	9,0	17,0	37,0	68,0	131,0
	Wave Generator unten	3,9	6,0	10,0	19,0	42,0	78,0	149,0
	Wave Generator oben	4,6	7,1	12,0	22,0	48,0	88,0	175,0

• Ölschmierung

Für Harmonic Drive® CSD Getriebe-Einbausätze ist Ölschmierung möglich. Es muss ein eigenständiger Schmierraum vorgesehen sein. Bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen:

Abbildung 1.3.23

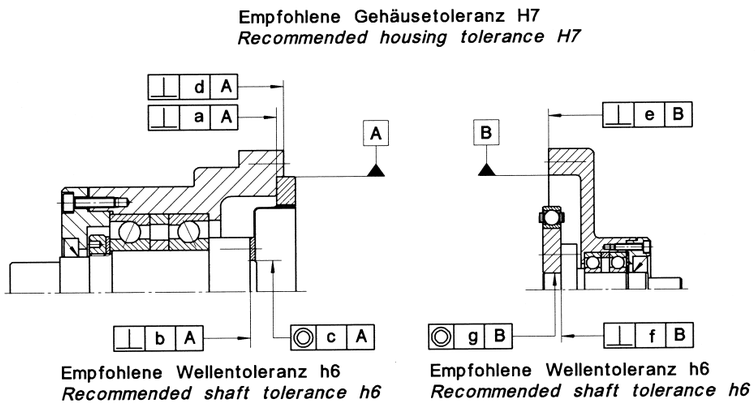


Tabelle 1.3.24

[mm]

Symbol	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
a	0,011	0,012	0,013	0,014	0,016	0,016	0,018
b	0,008	0,011	0,014	0,018	0,022	0,025	0,030
c	0,015	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024	0,030
d	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,028
e	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,028
f	0,008	0,010	0,010	0,012	0,012	0,012	0,015
g	0,016	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024	0,030

Montage

• Montage des Flexsplines

Zur Vermeidung einer Beschädigung des Getriebes muss darauf geachtet werden, dass Schraubenköpfe, Stifte oder Schraubenmuttern die Verformung des Flexsplines nicht behindern.

Die Schraubenköpfe dürfen den øJ am Flexspline nicht überragen, wie in Abbildung 1.3.25 und Tabelle 1.3.26 dargestellt. Andernfalls kann der Flexspline beschädigt werden. Ein Klemmring ist nicht erforderlich. Falls dennoch ein Klemmring eingesetzt wird, muss ein ausreichender axialer Abstand zwischen den Schraubenköpfen und dem Wave Generator sichergestellt werden. Unterlegscheiben sind nicht erforderlich. Falls dennoch Unterlegscheiben eingesetzt werden, dürfen diese den øJ nicht überragen.

Abbildung 1.3.25

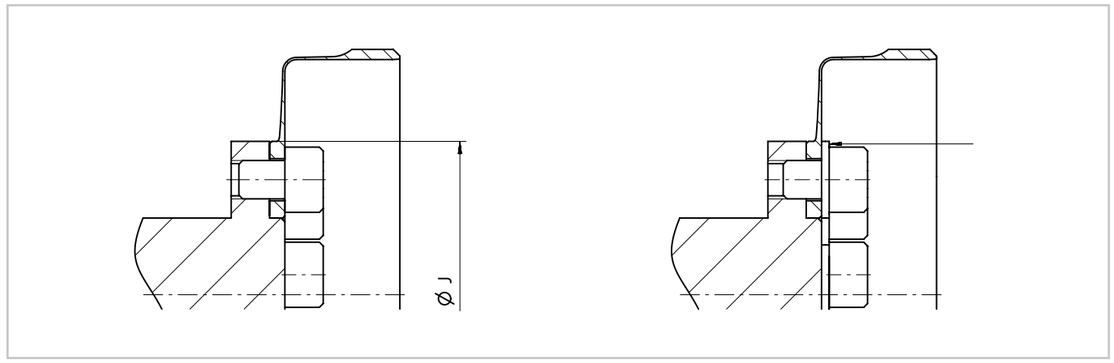


Tabelle 1.3.26

Symbol	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
øJ	23,0	27,2	32,0	40,0	52,0	64,0	80,0

Verschraubung Flexspline

Tabelle 1.3.27

	[Einheit]	CSD-2A							CSD-2A-BB				
		14	17	20	25	32	40	50	20	25	32	40	50
Anzahl der Schrauben		9	8	9	9	11	10	11	12	12	14	14	14
Größe der Schrauben		M3	M4	M4	M5	M6	M8	M10	M3	M4	M5	M6	M8
Teilkreisdurchmesser	[mm]	17	19,5	24	30	41	48	62	26	32	42	52	65
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	4,5	4,5	9,0	15,3	37,0	74,0	2,0	4,5	9,0	15,3	37,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	32	55	76	152	359	694	1577	65	135	331	580	1315

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient µ=0,15.

• Montage des Circular Splines

Bei der Montage des Circular Splines sind die Hinweise im Kapitel „Projektierung“ zu beachten.

Verschraubung Circular Spline

Tabelle 1.3.28

	[Einheit]	Baugröße						
		14	17	20	25	32	40	50
Anzahl der Schrauben		6	8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	75	100	120	150
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	55	90	155	188	422	810	1434

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient µ = 0,15.

• Montage des Wave Generators

Bei der Montage des Wave Generators ist das im Katalog/Bestätigungszeichnung angegebene Montagemaß „G“ gemäß Tabelle 1.3.7 einzuhalten.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Höchste Überlastfähigkeit und Lebensdauer

Die Getriebe-Einbausätze der Baureihe SHG-2A zeichnen sich durch höchste Drehmomentkapazität, Lebensdauer sowie Überlastfähigkeit aus und sind optional mit großer Hohlwelle verfügbar.

Die Getriebe-Einbausätze der Baureihe HFUS-2A ergänzen die verfügbaren SHG-Baugrößen und Untersetzungen bei im Vergleich etwas geringerer Lebensdauer.

Merkmale

- Höchste Drehmomentkapazität
- Höchste Lebensdauer
- Großer Drehmomentbereich
- Optional mit großer Hohlwelle zur Durchführung von Versorgungskabeln oder Wellen verfügbar
- Ideal für Anwendungen mit eigener Lagerung

Bestellbezeichnung

Tabelle 1.4.1

Bestellbezeichnung	SHG	-	20	-	100	-	2A-GR	-	SP
Baureihe	SHG HFUS								
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14 17 20 25 32 40 45 50 58 65						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 80 100 120 160				
Version Baugrößen 14, 17 Baugrößen 20 … 65							2A-R 2A-GR		
Option Kundenspezifische Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (Feld bleibt leer) Sonderausführung									[ ] SP

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 1.4.2

SHG-2A

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Untersetzung	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	●	●	●	●	●	●	●	-	-	-
	80	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●
Version	2A-R	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-
	2A-GR	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabelle 1.4.3

HFUS-2A

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Untersetzung	30	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	-	●[1]	●[1]	-
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Version	2A-R	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-
	2A-GR	-	-	●	●	●	●	●	●	●	-

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

1) Nur mit Ölschmierung. Fettschmierung kann verwendet werden, wenn das Durchschnittsdrehmoment T_{av} nicht größer als das halbe Nenndrehmoment T_N nach Tabelle 1.4.4 ist.

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 1.4.4

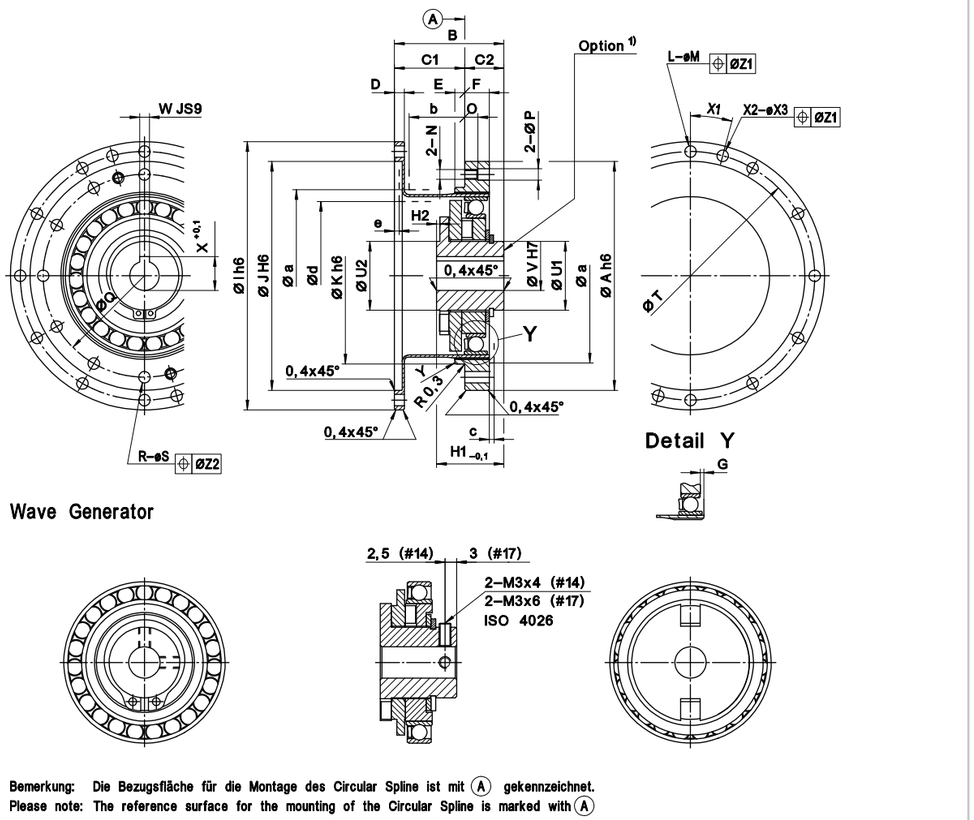
Baureihe	Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]		Massenträgheitsmoment	Gewicht
							Schmierung		Schmierung			
		i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Öl	Fett	Öl	Fett	[kgm^2]	[kg]
HFUS	14	30	9,0	6,8	4,0	17,0	14000	8500	6500	3500	0,033x10^{-4}	0,11
SHG	14	50	23	9	7	46						
	14	80	30	14	10	61						
	14	100	36	14	10	70						
HFUS	17	30	16,0	12,0	8,8	30,0	10000	7300	6500	3500	0,079x10^{-4}	0,18
SHG	17	50	44	34	21	91						
	17	80	56	35	29	113						
	17	100	70	51	31	143						
	17	120	70	51	31	112						
HFUS	20	30	27	20	15	50	10000	6500	6500	3500	0,193x10^{-4}	0,31
SHG	20	50	73	44	33	127						
	20	80	96	61	44	165						
	20	100	107	64	52	191						
	20	120	113	64	52	191						
	20	160	120	64	52	191						
HFUS	25	30	50	38	27	95	7500	5600	5600	3500	0,413x10^{-4}	0,48
SHG	25	50	127	72	51	242						
	25	80	178	113	82	332						
	25	100	204	140	87	369						
	25	120	217	140	87	395						
	25	160	229	140	87	408						
HFUS	32	30	100	75	54	200	7000	4800	4600	3500	1,69x10^{-4}	0,97
SHG	32	50	281	140	99	497						
	32	80	395	217	153	738						
	32	100	433	281	178	841						
	32	120	459	281	178	892						
	32	160	484	281	178	892						
SHG	40	50	523	255	178	892	5600	4000	3600	3000	4,5x10^{-4}	1,87
	40	80	675	369	268	1270						
	40	100	738	484	345	1400						
	40	120	802	586	382	1530						
	40	160	841	586	382	1530						
SHG	45	50	650	345	229	1235	5000	3800	3300	3000	8,68x10^{-4}	2,64
	45	80	918	507	407	1651						
	45	100	982	650	459	2041						
	45	120	1070	806	523	2288						
	45	160	1147	819	523	2483						
HFUS	50	50[1]	715	350	245	1430	4500	3500	3000	2500	12,5x10^{-4}	3,53
SHG	50	80	1223	675	484	2418						
	50	100	1274	866	611	2678						
	50	120	1404	1057	688	2678						
	50	160	1534	1096	688	3185						
HFUS	58	50[1]	1020	520	353	1960	4000	3000	2700	2200	27,3x10^{-4}	5,17
SHG	58	80	1924	1001	714	3185						
	58	100	2067	1378	905	4134						
	58	120	2236	1547	969	4329						
	58	160	2392	1573	969	4459						
SHG	65	80	2743	1352	969	4836	3500	2800	2400	1900	46,5x10^{-4}	7,04
	65	100	2990	1976	1236	6175						
	65	120	3263	2041	1236	6175						
	65	160	3419	2041	1236	6175						

[1] Nur mit Ölschmierung. Fettschmierung kann verwendet werden, wenn das Durchschnittsdrehmoment T_{av} (s. Kap. Projektierung) nicht größer als das halbe Nenndrehmoment T_N nach Tabelle 1.4.4 ist.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 1.4.5 **[mm]**



Bemerkung: Die Bezugsfläche für die Montage des Circular Spline ist mit (A) gekennzeichnet.
Please note: The reference surface for the mounting of the Circular Spline is marked with (A)

1) Nabe ohne Passfedernut bzw. mit anderem Durchmesser siehe Kapitel „Projektierung/Modifikationen des Wave Generators“.

Details Wave Generator

Das Design des Lagerkäfigs ist je nach Baureihe und Baugröße unterschiedlich.

Abbildung 1.4.6 **HFUS-14 ... 58, SHG-14,17,65**

Abbildung 1.4.7 **SHG-20 ... 58**

Tabelle 1.4.8 **[mm]**

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
øA h6		50	60	70	85	110	135	155	170	195	215
B	SHG-2A	28,5 $^{0}_{-0,4}$	32,5 $^{0}_{-0,4}$	33,5 $^{0}_{-0,4}$	37 $^{0}_{-0,5}$	44 $^{0}_{-0,6}$	53 $^{0}_{-0,6}$	58,5 $^{0}_{-0,6}$	64 $^{0}_{-0,7}$	75,5 $^{0}_{-0,7}$	83 $^{0}_{-0,7}$
	HFUS-2A	28,5 $^{0}_{-0,8}$	32,5 $^{0}_{-0,9}$	33,5 $^{0}_{-1,0}$	37 $^{0}_{-1,0}$	44 $^{0}_{-1,1}$	-	-	64 $^{0}_{-1,3}$	75,5 $^{0}_{-1,3}$	-
C1		17,5 $^{+0,4}_{0}$	20 $^{+0,5}_{0}$	21,5 $^{+0,8}_{0}$	24 $^{+0,8}_{0}$	28 $^{+0,8}_{0}$	34 $^{+0,6}_{0}$	38 $^{+0,6}_{0}$	41 $^{+0,6}_{0}$	48 $^{+0,6}_{0}$	52,5 $^{+0,6}_{0}$
C2		11,0	12,5	12,0	13,0	16,0	19,0	20,5	23,0	27,5	30,5
D		2,4	3,0	3,0	3,3	3,6	4,0	4,5	5,0	5,8	6,5
E		2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
F		6,0	6,5	7,5	10,0	14,0	17,0	19,0	22,0	25,0	29,0
G	SHG-2A	1,4	1,6	1,5	3,5	4,2	5,6	6,3	7,0	8,2	9,5
	HFUS-2A	0,4	0,3	0,1	2,1	2,5	-	-	4,2	4,8	-
H1	SHG-2A	18,5 $^{0}_{-0,1}$	20,7 $^{0}_{-0,1}$	21,5 $^{0}_{-0,1}$	21,6 $^{0}_{-0,1}$	23,6 $^{0}_{-0,1}$	29,7 $^{0}_{-0,1}$	30,5 $^{0}_{-0,1}$	34,8 $^{0}_{-0,1}$	38,3 $^{0}_{-0,1}$	44,6 $^{0}_{-0,1}$
	HFUS-2A	17,6 $^{0}_{-0,1}$	19,5 $^{0}_{-0,1}$	20,1 $^{0}_{-0,1}$	20,2 $^{0}_{-0,1}$	22,0 $^{0}_{-0,1}$	-	-	32,0 $^{0}_{-0,1}$	34,9 $^{0}_{-0,1}$	-
H2		-	-	-	-	-	0,4	-	0,8	-	2,2
øI h6	SHG-2A	60	72	82	104	134	164	190	214	240	276
	HFUS-2A	60	72	82	104	134	-	-	205	233	-
øJ H6		48	60	70	88	114	140	158	175	203	232
øK h6	Untersetzung ≥50	38	48	54	67	90	110	124	135	156	177
	Untersetzung =30	38	48	55	68	90	-	-	-	-	-
L		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
øM		3,5	3,4	3,5	4,5	5,5	6,6	6,6	9,0	9,0	11,0
N		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
O		6,0	6,5	4,0	6,0	7,0	9,0	12,0	13,0	15,0	15,0
øP		-	-	3,5	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0	11,0
øQ		44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
R	SHG-2A	8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	HFUS-2A	6	12	12	12	12	-	-	12	12	-
øS		3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0	11,0
øT	SHG-2A	54	66	76	96	124	152	180	200	226	258
	HFUS-2A	54	66	76	96	124	-	-	190	218	-
øU1		14	18	21	26	26	32	32	32	40	48
øU2		-	-	-	-	-	32	-	32	-	48
øV	Standard (H7)	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24
	Max.	8	10	13	15	16	20	20	20	25	30
WJs9		-	-	3	4	5	5	6	6	6	8
X		-	-	10,4 $^{+0,1}_{0}$	12,8 $^{+0,1}_{0}$	16,3 $^{+0,1}_{0}$	16,3 $^{+0,1}_{0}$	21,8 $^{+0,1}_{0}$	21,8 $^{+0,1}_{0}$	24,8 $^{+0,1}_{0}$	27,3 $^{+0,2}_{0}$
Y Fase		0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
øZ1		0,25	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50
øZ2		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50
øa	Minimaler Gehäuse-abstand	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
b		14,6	16,4	17,8	19,8	23,2	28,6	31,9	34,2	40,1	43,0
c		1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
ød		31	38	45	56	73	90	101	113	131	150
e		1,7	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,5	2,9	3,5

• Genauigkeit

Tabelle 1.4.9

[arcmin]

Baugröße	14		17		≥20	
Untersetzung	30	≥50	30	≥50	30	≥50
Übertragungsgenauigkeit	<2,0	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,0
Hystereseverlust	<3,0	<1,0	<3,0	<1,0	<3,0	<1,0
Lost Motion	<1,0					
Wiederholgenauigkeit	< ± 0,1					

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 1.4.10

	Symbol [Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Grenzdrehmomente	T1 [Nm]	2,0	3,9	7,0	14,0	29,0	54,0	76,0	108,0	168,0	235,0
	T2 [Nm]	6,9	12,0	25,0	48,0	108,0	196,0	275,0	382,0	598,0	843,0
i=30	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,34	0,67	1,10	2,10	4,90	-	-	-	-	-
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,24	0,44	0,71	1,30	3,00	-	-	-	-	-
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,19	0,34	0,57	1,00	2,40	-	-	-	-	-
i=50	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,57	1,30	2,30	4,40	9,80	18,00	26,00	34,00	54,00	78,00
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,47	1,10	1,80	3,40	7,80	14,00	20,00	28,00	44,00	61,00
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,34	0,81	1,30	2,50	5,40	10,00	15,00	20,00	31,00	44,00
i≥80	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,71	1,60	2,90	5,70	12,00	23,00	33,00	44,00	71,00	98,00
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,61	1,40	2,50	5,00	11,00	20,00	29,00	40,00	61,00	88,00
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,47	1,00	1,60	3,10	6,70	13,00	18,00	25,00	40,00	54,00

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 1.4.11

[Ncm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	HFUS	4,8	7,2	12,0	18,0	50,0	-	-	-	-	-
50	SHG	3,7	5,7	7,3	14,0	28,0	50,0	70,0	-	-	-
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	94	140	-
80	SHG	2,8	3,8	4,8	8,9	19,0	33,0	47,0	63,0	94,0	128,0
100	SHG	2,4	3,3	4,3	7,9	18,0	29,0	41,0	56,0	83,0	114,0
120	SHG	-	3,1	3,9	7,3	15,0	27,0	37,0	51,0	76,0	104,0
160	SHG	-	-	3,4	6,4	14,0	24,0	33,0	44,0	68,0	94,0

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 1.4.12

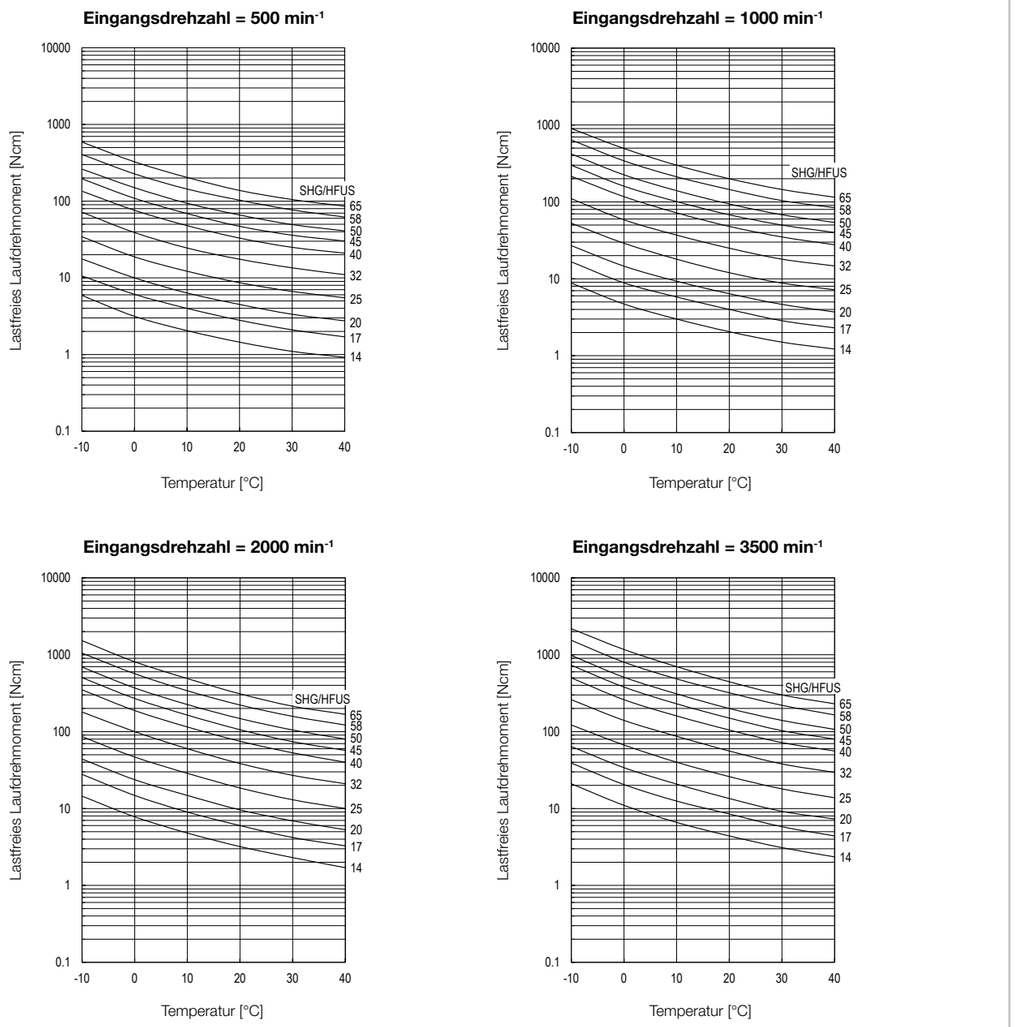
[Nm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	HFUS	2,3	3,5	6,1	11,0	23,0	-	-	-	-	-
50	SHG	2,2	3,4	4,4	8,2	17,0	30,0	42,0	-	-	-
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	56	84	-
80	SHG	2,7	3,7	4,6	8,6	18,0	32,0	45,0	60,0	90,0	123,0
100	SHG	2,8	4,0	5,2	9,5	21,0	35,0	49,0	67,0	100,0	137,0
120	SHG	-	4,5	5,6	10,0	21,0	40,0	54,0	73,0	110,0	151,0
160	SHG	-	-	6,6	12,0	26,0	45,0	64,0	85,0	130,0	180,0

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 1.4.13



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 1.4.14

[Ncm]

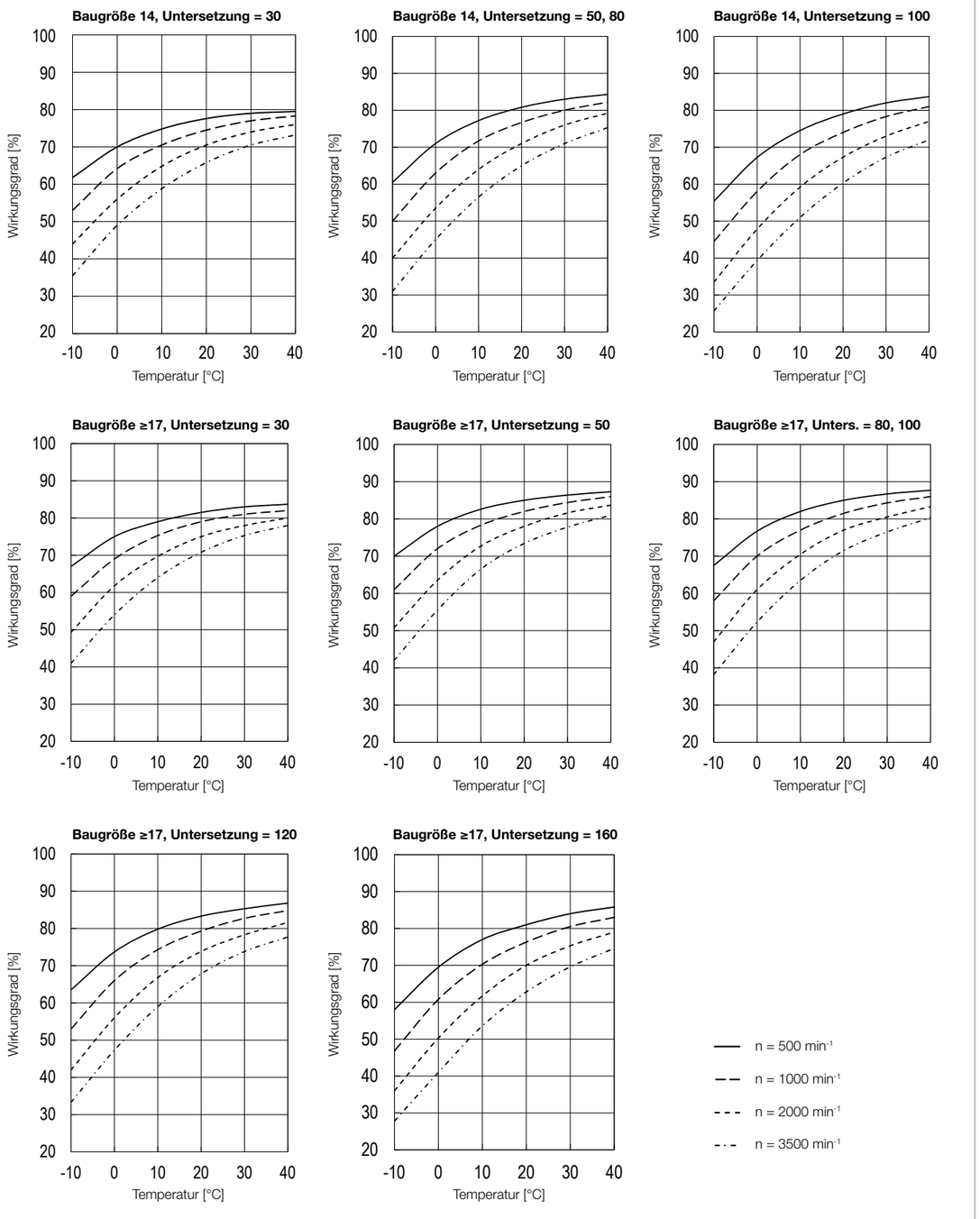
Untersetzung	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	1,2	2,1	3,1	5,7	11,7	-	-	-	-	-
50	0,5	0,9	1,4	2,5	5,2	9,2	12,7	17,0	25,8	–
80	0,1	0,1	0,2	0,4	0,8	1,4	2,0	2,6	4,0	5,4
120	–	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-1,9	-2,9	-4,0
160	–	–	-0,4	-0,7	-1,4	-2,5	-3,5	-4,6	-7,0	-9,7

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

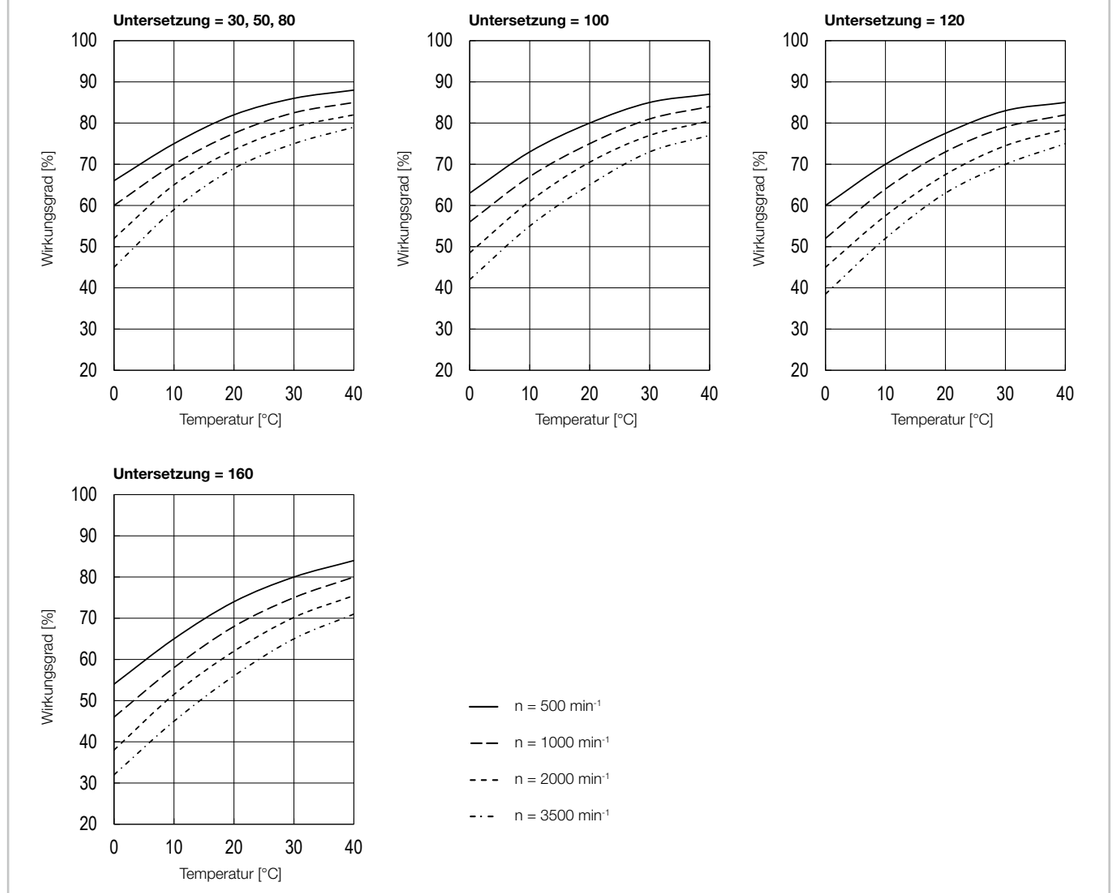
Abbildung 1.4.15



Wirkungsgrad für Ölschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Mineralöl DEA CLP 68.

Abbildung 1.4.16



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

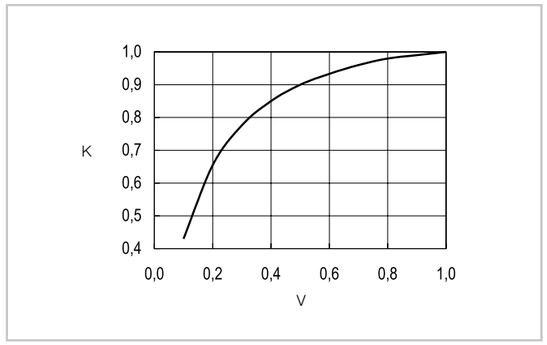
Produkt: SHG-20-80-2A-GR

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 44 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/44 = 0{,}45$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 1.4.17: K = 0,87
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 1.4.15: η = 82 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   ηL = 82 % · 0,87 = 71 %

Abbildung 1.4.17

Berechnungsfaktor K



Konstruktionshinweise

• Fettschmierung

Zur Sicherstellung einer optimalen Schmierung sollte der Getrieberaum kompakt gehalten werden, Beispiel siehe Abbildung 1.4.18 und Tabelle 1.4.19.

Bei Füllung des Getrieberaums mit mehr als 50 % Schmierfett steigt die Leckagegefahr. Darum sollte die Relation Fettvolumen/Getrieberaum kleiner als 0,5 sein. Beim Einbau mit vorwiegend oben oder unten liegendem Wave Generator sollte der Spalt c mit einer zusätzlichen Fettmenge gemäß Tabelle 1.4.19 gefüllt werden.

Verwendete Materialien:
- Circular Spline: Grauguss, blank
- Wave Generator, Flexspline: Stahl, blank

Abbildung 1.4.18

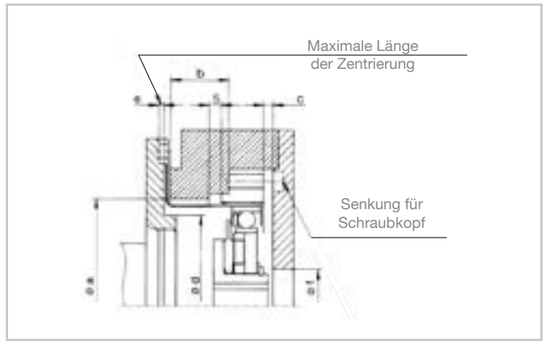


Tabelle 1.4.19

[mm]

Symbol	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
øa	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
b	14,6	16,4	17,8	19,8	23,2	28,6	31,9	34,2	40,1	43
c[1)]	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5
c[2)]	3	3	4,5	4,5	4,5	6	6	6	7,5	7,5
ød	31	38	45	56	73	90	101	113	131	150
e	1,7	2,1	2	2	2	2	2,3	2,5	2,9	3,5
øf	16	26	30	37	37	45	45	45	56	62

[1)] Achse horizontal oder vertikal, Wave Generator unten, [2)] Achse vertikal, Wave Generator oben

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Schmierung

Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze werden standardmäßig ohne Schmierstoff geliefert. Sie müssen vor Inbetrieb-nahme gemäß der folgenden Darstellungen geschmiert werden.

• Fettschmierung

Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 1.4.20 genannten Schmierfette.

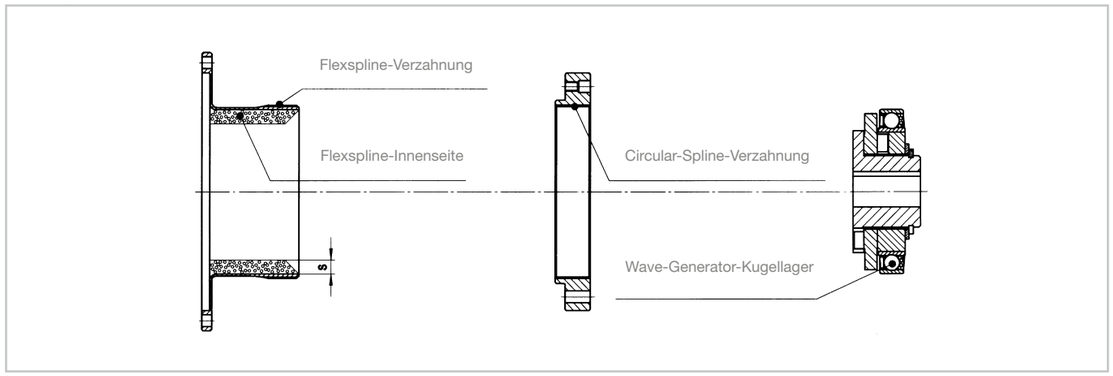
Tabelle 1.4.20

Untersetzung	Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße							
		14	17	20	25	32	40	45 … 58	65
30	SK-1A	-	-	O	O	O	-	-	-
	SK-2	O	O	-	-	-	-	-	-
	4BNo.2	Δ	Δ	□	□	□	-	-	-
	Flexolub-A1[1)]	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	-	-	-
≥50	SK-1A	-	-	O	O	O	O	O	O
	SK-2	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	-	-
	4BNo.2	□	□	□	□	□	□	□	□
	Flexolub-A1[1)]	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	-

[1)] nur für Baureihe HFUS-2A
O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Die Getriebe-Einbausätze müssen vor Inbetriebnahme in vier Bereichen geschmiert werden, siehe Abbildung 1.4.21.
- Flexspline: An der Innenwandung des Flexsplines umlaufend ein Fettreservoir anlegen. Das Maß „s“ soll ungefähr der Höhe des Wave-Generator-Kugellagers entsprechen.
- Verzahnungen: Jeweils die Zahnlücken mit Fett auffüllen
- Wave-Generator-Kugellager: Den Bereich Lagerkugeln und Lagerkäfig großzügig mit Fett einstreichen.

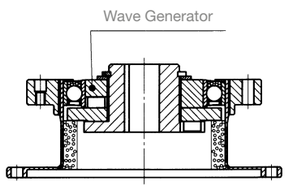
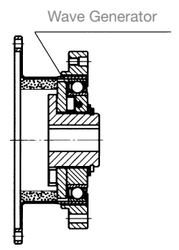
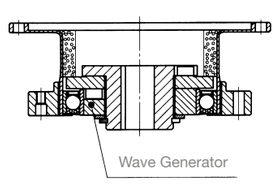
Abbildung 1.4.21



Die erforderliche Fettmenge ist neben der Baugröße auch von der Betriebsposition des Getriebes abhängig. Die im folgenden Text definierten Betriebspositionen „Wave Generator oben“ bzw. „Wave Generator unten“ beziehen sich auf die relative Lage des Wave Generators zum Flexspline-Flansch, siehe Abbildung 1.4.22.

Abbildung 1.4.22

Betriebspositionen

Wave Generator oben	Wave Generator senkrecht	Wave Generator unten
		

Bei überwiegendem Einsatz mit oben liegendem Wave Generator ist eine zusätzliche Fettmenge oberhalb des Wave Generators zu platzieren, siehe Abbildung 1.4.23 und Tabelle 1.4.24.

Abbildung 1.4.23

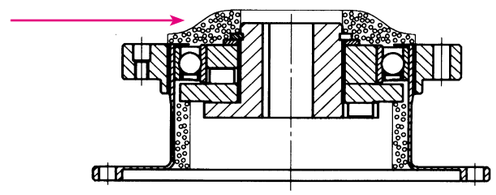


Tabelle 1.4.24

[g]

Baugröße		Fettmenge									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Einbaulage	Achse waagerecht	5,8	11,0	18,0	32,0	64,0	120,0	185,0	235,0	385,0	495,0
	Wave Generator unten	7,5	13,0	19,0	37,0	74,0	130,0	200,0	255,0	400,0	530,0
	Wave Generator oben	8,9	15,0	22,0	42,0	84,0	150,0	230,0	290,0	480,0	630,0

• Ölschmierung

Für Harmonic Drive® SHG-2A/HFUS-2A Getriebe-Einbausätze ist Ölschmierung möglich. Es muss ein eigenständiger Schmierraum vorgesehen sein. In Abbildung 1.4.25 und Tabelle 1.4.26 sind empfohlene Ölstände für horizontale und vertikale Einbaulagen angegeben.

Abbildung 1.4.25

Betriebspositionen

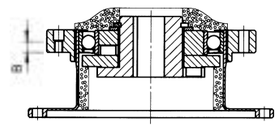
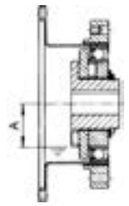
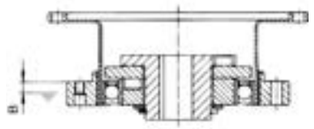
Wave Generator oben	Wave Generator senkrecht	Wave Generator unten
 B = Ölstand	 A = Ölstand	 B = Ölstand

Tabelle 1.4.26

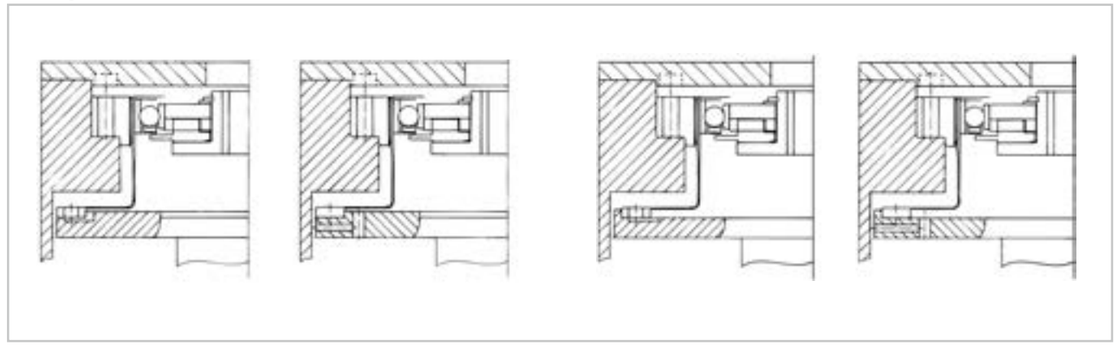
[mm]

Baugröße	Ölstände									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
A	10	12	14	17	24	31	35	38	44	50
B	2,5	3,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0	12,0	13,0	15,0

Ölbohrungen

Bei vertikaler Achse mit obenliegendem Wave Generator muss durch konstruktive Maßnahmen sichergestellt werden, dass das vom Wave Generator aus dem Flexspline herausgeschleuderte Öl wieder zurücklaufen kann. Dies kann durch eine Verbindung der beiden Ölräume mittels Bohrungen oder Nuten im Flexspline-Befestigungsflansch erfolgen. Beispielhafte Konstruktionen siehe Abbildung 1.4.27. Bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

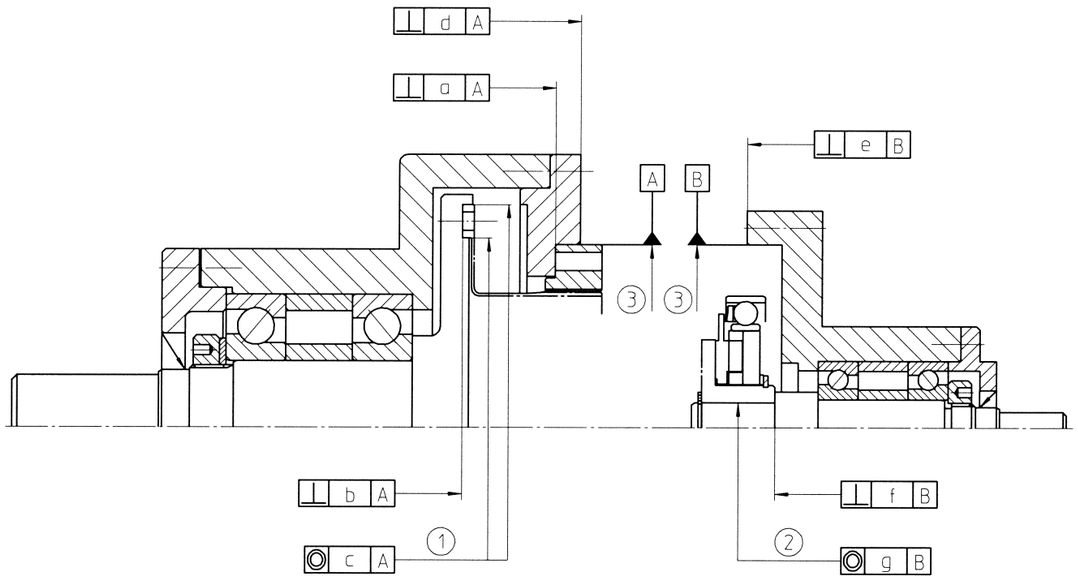
Abbildung 1.4.27



Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen:

Abbildung 1.4.28



① Empfohlene Wellentoleranz h6 oder H6 ② Empfohlene Wellentoleranz h6 ③ Empfohlene Gehäusetoleranz H7

Tabelle 1.4.29 **[mm]**

Symbol	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
a	0,011	0,012	0,013	0,014	0,016	0,016	0,017	0,018	0,020	0,023
b	0,016	0,021	0,024	0,035	0,042	0,048	0,053	0,057	0,062	0,035
c	0,015	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024	0,027	0,030	0,032	0,035
d	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034
e	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034
f	0,017 (0,008)	0,020 (0,010)	0,024 (0,012)	0,024 (0,012)	0,024 (0,012)	0,032 (0,012)	0,032 (0,013)	0,032 (0,015)	0,032 (0,015)	0,032 (0,015)
g	0,030 (0,016)	0,034 (0,018)	0,044 (0,019)	0,047 (0,022)	0,050 (0,022)	0,063 (0,024)	0,065 (0,027)	0,066 (0,030)	0,068 (0,033)	0,070 (0,035)

Die in Klammern angegebenen Werte sind empfohlene Toleranzen für einen Wave Generator ohne Oldham-Kupplung. Diese Kupplung wird zum Ausgleich von Exzentrizitätsfehlern der Motorwelle eingesetzt und ist im Standardgetriebe eingebaut. Bei einer direkten Befestigung des Wave Generators auf der Motorwelle ohne Oldham-Kupplung (Option) sollten die Motorwellentoleranzen der DIN 42955 R entsprechen.

Montage

• Montage des Flexsplines

Bei der Montage des Flexsplines muss darauf geachtet werden, dass Schraubenköpfe, Unterlegscheiben, Stifte oder Schraubenmuttern die Verformung des Flexsplines nicht behindern, da ansonsten die einwandfreie Funktion des Getriebes nicht gewährleistet ist und es zum Ausfall kommen kann.

Daher dürfen die Befestigungselemente nicht in den durch das Maß ø D gekennzeichneten Bereich hineinragen, siehe Abbildung 1.4.30, Abbildung 1.4.31 und Tabelle 1.4.32.

Abbildung 1.4.30

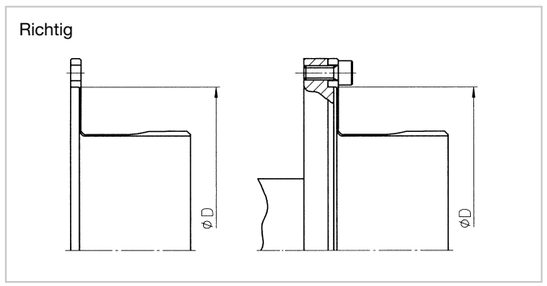


Abbildung 1.4.31

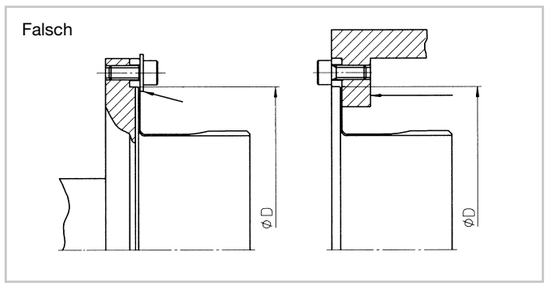


Tabelle 1.4.32

Symbol	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ø D	48	60	70	88	114	140	158	175	203	232

Verschraubung Flexspline (Baureihe SHG-2A)

Tabelle 1.4.33

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	54	66	76	96	124	152	180	200	226	258
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,4	2,4	2,4	5,4	10,8	18,4	18,4	44,0	44,0	74,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	108	198	228	486	1000	1740	3098	4163	6272	9546

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15.

Verschraubung Flexspline (Baureihe HFUS-2A)

Tabelle 1.4.34

	[Einheit]	Baugröße						
		14	17	20	25	32	50	58
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M8	M8
Teilkreisdurchmesser	[mm]	54	66	76	96	124	190	218
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	37,0	37,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	88	157	186	402	843	3312	5076

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15.

- Montage des Circular Splines

Verschraubung Circular Spline (Baureihe SHG-2A)

Tabelle 1.4.35

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		8	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	75	100	120	140	150	175	195
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3	37,0	37,0	74,0	74,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	72	175	196	419	901	1530	3238	3469	6475	7215

Verschraubung Circular Spline (Baureihe HFUS-2A)

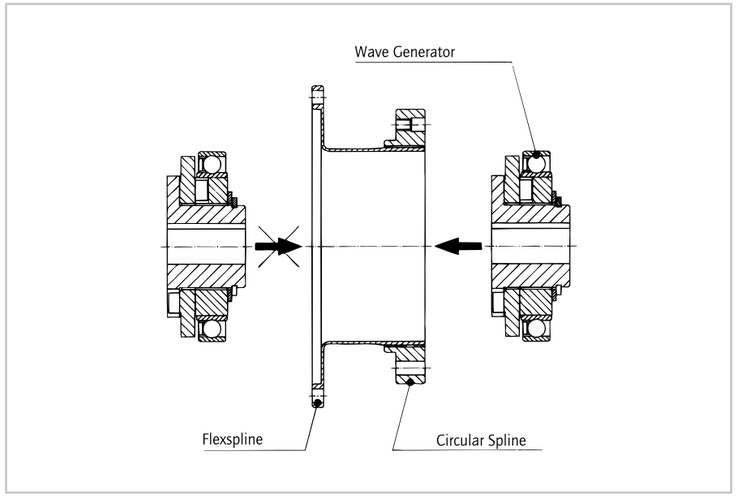
Tabelle 1.4.36

	[Einheit]	Baugröße						
		14	17	20	25	32	50	58
Anzahl der Schrauben		6	12	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M8	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	75	100	150	175
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	37,0	74,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	54	131	147	314	676	2620	4820

- Montage des Wave Generators

Die Montage des Wave Generators muss in Pfeilrichtung erfolgen, siehe Abbildung 1.4.37. Bei der Montage ist das im Katalog/Bestätigungszeichnung angegebene axiale Montagemaß (relative axiale Position zum Flexspline-Flansch „B“, Tabelle 1.4.8) einzuhalten.

Abbildung 1.4.37



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager

Baureihe	CSG-2UH/ HFUC-2UH	CPU-M	CPU-H	CPU-S	SHG-2UH/ HFUS-2UH	SHG-2SH/ HFUS-2SH	SHG-2SO/ HFUS-2SO	FBS-2UH
Bauform	M	M	CH	S	CH	OH	M	CH
Drehmomentkapazität und Lebensdauer	●●●/●●	●●	●●	●●	●●●/●●	●●●/●●	●●●/●●	●
Übertragungsgenauigkeit	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Kleiner Außendurchmesser	●●	●	●	●	●	●	●	●●
Kurze Baulänge	●●	●●	●	●	●	●●	●●	●
Kippmoment Abtriebslager	●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Geringes Gewicht	●●	●	●	●	●	●●	●●	●
Kapitel / Seite	2.1 /98	2.3 / 130	2.3 / 130	2.3 / 130	2.5 / 178	2.5 / 178	2.5 / 178	2.10 / 260
Eckdaten								
Maximales Drehmoment [Nm]	9 … 6840	9 … 1840	9 … 1840	9 … 1840	9 … 3419	9 … 3419	9 … 3419	25 … 106
Kippmoment Abtriebslager [Nm]	41 … 4210	73 … 2222	73 … 2222	73 … 2222	74 … 2740	74 … 2740	74 … 2740	93 … 129
Hohlwellendurchmesser [mm]	-	-	14 … 70	-	14 … 80	14 … 80	-	41,0 … 55,1
Konfigurationen								
Baugrößen (BG)	14 … 90	14 … 58	14 … 58	14 … 58	14 … 65	14 … 65	14 … 65	25, 32
Untersetzung	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 160	30 … 100

Baureihe	CSD-2UH	CSD-2UF	SHD-2SH	CSF-ULW	CSF Mini (versch. Versionen)	PMG	CSF-2UP
Bauform	M	M	M	M	M/S	M/S	M
Drehmomentkapazität und Lebensdauer	●	●	●	●●	●●	●	●●
Übertragungsgenauigkeit	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●●
Kleiner Außendurchmesser	●●	●	●●	●●	●●●	●●●	●●
Kurze Baulänge	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●●
Kippmoment Abtriebslager	●●	●●●	●●	●●	●	●	●●●
Geringes Gewicht	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●
Kapitel / Seite	2.4 / 160	2.4 / 160	2.6 / 202	2.2 / 118	2.7 / 216	2.8 / 238	2.9 / 248
Eckdaten							
Maximales Drehmoment [Nm]	12 … 823	12 … 453	12 … 453	1,8 … 92	0,09 … 28	0,3 … 14,7	1,8 … 28
Kippmoment Abtriebslager [Nm]	41 … 759	91 … 849	37 … 424	2,9 … 18,9	0,27 … 13,2	-	15 … 75
Hohlwellendurchmesser [mm]	-	9 … 37	11 … 40	3 … 19	-	-	-
Konfigurationen							
Baugrößen (BG)	14 … 50	14 … 40	14 … 40	8 … 20	3 … 14	5 … 14	8 … 14
Untersetzung	50 … 160	50 … 160	50 … 160	30 … 160	30 … 100	50 … 110	30 … 100

●●● perfekt ●● optimal ● gut

Legende:
Bauform: Getriebe mit Abtriebslager
M Motoranbaugetriebe
OH Offenes Hohlwellengetriebe
CH Geschlossenes Hohlwellengetriebe
S Eingangswellengetriebe

Inhalt

2.1 CSG-2UH/HFUC-2UH 98

Produktbeschreibung 98
Bestellbezeichnung 99
Kombinationen 100
Technische Daten 101
- Leistungsdaten 101
- Abmessungen 102
- Genauigkeit 106
- Torsionssteifigkeit 106
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 107
- Lastfreies Rückdrehmoment 107
- Lastfreies Laufdrehmoment 108
- Wirkungsgrad 109
Abtriebslager 111
- Leistungsdaten 111
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 112
Montage 113
- Montagetoleranzen 113
- Empfohlene Gehäuseabmessungen 113
- Verschraubung 114
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 116
Schmierung 116
- Fettschmierung 116
- Ölschmierung 116

2.2 CSF-ULW 118

Produktbeschreibung 118
Bestellbezeichnung 119
Kombinationen 119
Technische Daten 120
- Leistungsdaten 120
- Abmessungen 120
- Genauigkeit 122
- Torsionssteifigkeit 122
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 122
- Lastfreies Rückdrehmoment 122
- Lastfreies Laufdrehmoment 123
- Wirkungsgrad 124
Abtriebslager 126
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 127
Montage 127
- Montagetoleranzen 127
- Verschraubung 128
- Verschraubung an der Abtriebsseite 128
- Verschraubung an der Gehäuseseite 128
- Verschraubung am Wave Generator 128
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 129
Schmierung 129

2.3 CPU-M/H/S 130

Produktbeschreibung 130
Bestellbezeichnung 131
Kombinationen 131
Technische Daten 132
- Leistungsdaten 132
Genauigkeit 133
- Torsionssteifigkeit 133
Abtriebslager 133
- Leistungsdaten 133
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 134
Montage 135
- Verschraubung 135
Technische Daten CPU-M 136
- Abmessungen 136
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 138
- Lastfreies Rückdrehmoment 138
- Lastfreies Laufdrehmoment 139
- Wirkungsgrad 140
Montagetoleranzen 141
Adapterflansch 142
Montage 144
Fettreservoir 144
Adaptionsbeispiele 145
- Gehäuse 145
- Motor 145
- Individuelle Adaption für Gehäuse und Motor 145
Technische Daten CPU-H 146
- Abmessungen 146
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 148
- Lastfreies Rückdrehmoment 148
- Eingangslagerung 148
- Lastfreies Laufdrehmoment 150
- Wirkungsgrad 151
- Kontinuierlicher Betrieb 152
- Maximal zulässige Betriebszeit bei kontinuierlichem Betrieb 152
- Montage der Eingangswelle CPU-H 153
Technische Daten CPU-S 154
- Abmessungen 154
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 156
- Lastfreies Rückdrehmoment 156
- Eingangslagerung 156
- Lastfreies Laufdrehmoment 157
- Wirkungsgrad 158
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 159
Schmierung 159
- Fettschmierung 159
- Ölschmierung 159

2.4 CSD-2UH/2UF 160

Produktbeschreibung 160
Bestellbezeichnung 161
Kombinationen 161
Technische Daten 162
- Leistungsdaten 162
- Abmessungen 163
- Genauigkeit 165
- Torsionssteifigkeit 165
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 165
- Lastfreies Rückdrehmoment 166
- Lastfreies Laufdrehmoment 167
- Wirkungsgrad 169
Abtriebslager 172
- Leistungsdaten 172
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 173
Montagetoleranzen 174
Montage 174
Konstruktionshinweise 176
- Empfohlene Gehäuseabmessungen 176
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 176
Schmierung 177
Anwendungsbeispiel 177

2.5 SHG-/HFUS-2UH/2SO/2SH 178

Produktbeschreibung 178
Bestellbezeichnung 179
Kombinationen 180
Technische Daten 181
- Leistungsdaten 181
- Genauigkeit 182
- Torsionssteifigkeit 182
Abtriebslager 182
- Leistungsdaten 182
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 183
Montage 184
- Verschraubung 184
- Verschraubung an der Abtriebsseite 184
- Verschraubung an der Gehäuseseite 185
- Gehäusedetail 185
Technische Daten SHG/HFUS-2UH 186
- Abmessungen 186
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 188
- Lastfreies Rückdrehmoment 188
- Lastfreies Laufdrehmoment 189
- Korrekturwerte lastfreies Laufdrehmoment 189
- Wirkungsgrad 190
- Kontinuierlicher Betrieb Hohlwellengetriebe SHG-2UH/HFUS-2UH 192
- Maximal zulässige Betriebszeit bei kontinuierlichem Betrieb 192
Technische Daten SHG/HFUS-2SO 194
- Abmessungen 194
Technische Daten SHG/HFUS-2SH 196
- Abmessungen 196
Montage SHG/HFUS-2SO/2SH 198
- Montagetoleranzen 198
- Einbau des Wave Generators 199
- Anwendungsbeispiel 199
Konstruktionshinweise 200
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 200
Schmierung 200
- Fettschmierung 200
- Ölschmierung 200

Inhalt

2.6 SHD-2SH 202

Produktbeschreibung 202
Bestellbezeichnung 203
Kombinationen 203
Technische Daten 204
- Leistungsdaten 204
- Vergleich SHG-2UH zu SHD-2SD 204
- Abmessungen 205
- Genauigkeit 206
- Torsionssteifigkeit 206
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 206
- Lastfreies Rückdrehmoment 206
- Lastfreies Laufdrehmoment 207
- Wirkungsgrad 208
Abtriebslager 210
- Leistungsdaten 210
Montagetoleranzen 210
- O-Ring-Nut am Flexspline 211
Montage 212
- Montage an der A-Seite (Flexspline) 212
- Montage an der B-Seite (Circular Spline) 212
- Einbau des Wave Generators 213
Konstruktionshinweise 213
- Empfohlene Gehäuseabmessungen 213
- Gehäusedetail 214
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 214
Schmierung 214
- Fettmenge 215
Anwendungsbeispiel 215

2.7 CSF Mini 216

Produktbeschreibung 216
Bestellbezeichnung 217
Kombinationen 217
- Versionen 218
Technische Daten 218
- Leistungsdaten 218
- Abmessungen 219
- Genauigkeit 226
- Torsionssteifigkeit 226
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 226
- Lastfreies Rückdrehmoment 226
- Lastfreies Laufdrehmoment 227
- Wirkungsgrad 229
Abtriebslager 233
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 233
- Eingangslagerung 234
Montagetoleranzen 235
- Bohrungsdurchmesser Wave Generator 235
Montage 236
- Montage des Gehäuseflansches 236
- Montage des Abtriebsflansches 236
Schmierung 237

2.8 PMG 238

Produktbeschreibung 238
Bestellbezeichnung 239
Kombinationen 239
Technische Daten 240
- Leistungsdaten 240
- Abmessungen 241
- Genauigkeit 243
- Torsionssteifigkeit 243
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 243
- Lastfreies Rückdrehmoment 243
- Wirkungsgrad 244
Abtriebslager 245
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 245
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 245
Montage 246
- Montagetoleranzen 246
Schmierung 246
- Fettschmierung 246

2.9 CSF-2UP 248

Produktbeschreibung 248
Bestellbezeichnung 249
Kombinationen 249
Technische Daten 250
- Leistungsdaten 250
- Abmessungen 251
- Genauigkeit 252
- Torsionssteifigkeit 252
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 252
- Lastfreies Rückdrehmoment 252
- Lastfreies Laufdrehmoment 253
- Wirkungsgrad 254
Abtriebslager 255
- Leistungsdaten 255
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 256
Montage 256
- Montagetoleranzen 256
- Bohrungsdurchmesser Wave Generator 257
- Verschraubung 257
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 257
Schmierung 258
Anwendungsbeispiel 258

2.10 FBS-2UH 260

Produktbeschreibung 260
Bestellbezeichnung 261
Kombinationen 261
Technische Daten 262
- Leistungsdaten 262
- Abmessungen 263
- Genauigkeit 264
- Torsionssteifigkeit 264
- Lastfreies Anlaufdrehmoment 264
- Lastfreies Rückdrehmoment 264
- Lastfreies Laufdrehmoment 265
- Wirkungsgrad 266
Abtriebslager 267
- Leistungsdaten 267
- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen 268
Eingangslagerung 268
- Axiales Lagerspiel der Eingangswelle 268
Konstruktionshinweise 269
- Belastbarkeit der Eingangswelle 269
- Gehäusedetail 269
- Verwendete Materialien und Beschichtungen 270
Montage 270
- Verschraubung 270
Schmierung 270
Anwendungsbeispiel 271

Produktbeschreibung

Höchste Drehmomentkapazität und lebenslange Präzision

Die Getriebe mit Abtriebslager der Baureihe CSG-2UH zeichnen sich durch höchste Drehmomentkapazität und Lebensdauer bei kleinem Außendurchmesser sowie lebenslanger Präzision und Spielfreiheit aus.

Die Getriebe mit Abtriebslager der Baureihe HFUC-2UH ergänzen die verfügbaren CSG-Baugrößen und -Untersetzungen bei im Vergleich etwas geringerer Lebensdauer.

Durch Verwendung von Aluminium im Bereich des Getriebegehäuses weist die Version Lightweight (LW) ein um 30 % reduziertes Gewicht auf und eignet sich somit hervorragend für gewichtsoptimierte Anwendungen. Sie ist verfügbar in den Baureihen CSG und HFUC bei unveränderten Leistungsdaten.

Merkmale:

- Höchste Drehmomentkapazität
- Hervorragende, lebenslange Präzision und Spielfreiheit
- Höchste Lebensdauer
- Großer Drehmomentbereich
- Integriertes präzises Kreuzrollenlager

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.1.1

Bestellbezeichnung	CSG	-	20	-	100	-	2UH	-	LW	-	SP
Baureihe	CSG HFUC										
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14 17 20 25 32 40 45 50 58 65 80 90								
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 80 100 120 160						
Version Getriebe mit Abtriebslager							2UH				
Option Leichbauweise Standardausführung (Feld bleibt leer) Leichtbauvariante									[ ] LW		
Option Kundenspezifische Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (Feld bleibt leer) Sonderausführung											[ ] SP

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.1.2

CSG-2UH/2UH-LW

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Untersetzung	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	●	●	●	●	●	●	●	-	-	-
	80	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabelle 2.1.3

HFUC-2UH/2UH-LW

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80[1]	90[1]
Untersetzung	30	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar
1) Nur in der Standardvariante 2UH verfügbar.

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.1.4

Baureihe	Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]	Grenze für Durchschnittsdrehmoment T_A [Nm]	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1} T_N [Nm]	Grenze für Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}] Fettschmierung	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}] Fettschmierung	Massenträgheitsmoment [kgm^2]	Gewicht [kg] 2UH	Gewicht [kg] 2UH-LW
HFUC	14	30	9,0	6,8	4,0	17,0	8500	3500	0,033x10^{-4}	0,52	0,32
CSG	14	50	23	9	7	46					
	14	80	30	14	10	58[2]					
	14	100	36	14	10	58[2]					
HFUC	17	30	16,0	12,0	8,8	30,0	7300	3500	0,079x10^{-4}	0,68	0,46
CSG	17	50	44	34	21	91					
	17	80	56	35	29	109[2]					
	17	100	70	51	31	109[2]					
	17	120	70	51	31	109[2]					
HFUC	20	30	27	20	15	50	6500	3500	0,193x10^{-4}	0,98	0,64
CSG	20	50	73	44	33	127					
	20	80	96	61	44	165					
	20	100	107	64	52	191					
	20	120	113	64	52	191					
	20	160	120	64	52	191					
HFUC	25	30	50	38	27	95	5600	3500	0,413x10^{-4}	1,50	1,10
CSG	25	50	127	72	51	242					
	25	80	178	113	82	332					
	25	100	204	140	87	369					
	25	120	217	140	87	395 (382)[3]					
	25	160	229	140	87	408 (382)[3]					
HFUC	32	30	100	75	54	200	4800	3500	1,690x10^{-4}	3,20	2,20
CSG	32	50	281	140	99	497					
	32	80	395	217	153	738					
	32	100	433	281	178	841					
	32	120	459	281	178	892					
	32	160	484	281	178	892					
CSG	40	50	523	255	178	892	4000	3000	4,500x10^{-4}	5,00	3,50
	40	80	675	369	268	1270					
	40	100	738	484	345	1400					
	40	120	802	586	382	1530 (1488)[3]					
	40	160	841	586	382	1530 (1488)[3]					
CSG	45	50	650	345	229	1235	3800	3000	8,680x10^{-4}	7,00	5,10
	45	80	918	507	407	1651					
	45	100	982	650	459	2041					
	45	120	1070	806	523	2288					
	45	160	1147	819	523	2483					
HFUC	50	50[1]	715	175	122	1430	3500	2500	12,50x10^{-4}	8,90	7,00
CSG	50	80	1223	675	484	2418					
	50	100	1274	866	611	2678					
	50	120	1404	1057	688	2678					
	50	160	1534	1096	688	3185					
HFUC	58	50[1]	1020	260	176	1960	3000	2200	27,30x10^{-4}	14,60	11,30
CSG	58	80	1924	1001	714	3185					
	58	100	2067	1378	905	4134					
	58	120	2236	1547	969	4329					
	58	160	2392	1573	969	4459					
HFUC	65	50[1]	1420	360	245	2830	2800	1900	46,80x10^{-4}	20,90	16,20
CSG	65	80	2743	1352	969	4836					
	65	100	2990	1976	1236	6175					
	65	120	3263	2041	1236	6175					
	65	160	3419	2041	1236	6175					
HFUC	80	50[1]	2440	630	436	4870	2300	1500	122,0x10^{-4}	30,80	-
	80	80	3430	1830	1320	6590					
	80	100	4220	2360	1700	7910					
	80	120	4590	3130	1990	7910					
	80	160	4910	3130	1990	7910					
HFUC	90	50[1]	3530	860	590	6660	2000	1300	214,0x10^{-4}	42,50	-
	90	80	3990	2510	1550	7250					
	90	100	5680	3360	2270	9020					
	90	120	6160	4300	2570	9800					
	90	160	6840	4300	2700	11300					

1) Bei Sonderausführung des Getriebes mit Ölschmierung ist ein höheres Durchschnittsdrehmoment T_{av} und Nenndrehmoment T_N möglich.
2) Das Kollisionsdrehmoment wird begrenzt durch das übertragbare Drehmoment der Schraubverbindung.
3) Die Werte in Klammern sind gültig für die Version CSG-LW. Das Kollisionsdrehmoment wird begrenzt durch das übertragbare Drehmoment der Schraubverbindung.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 2.1.5

CSG-14-2UH/2UH-LW ... CSG-58-2UH/2UH-LW [mm]

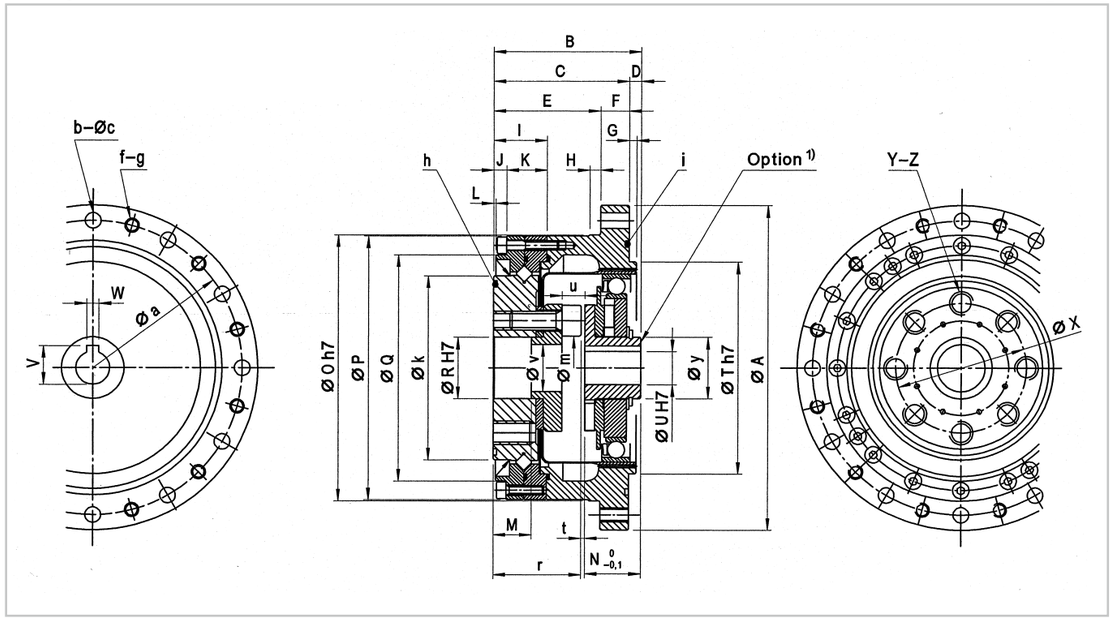
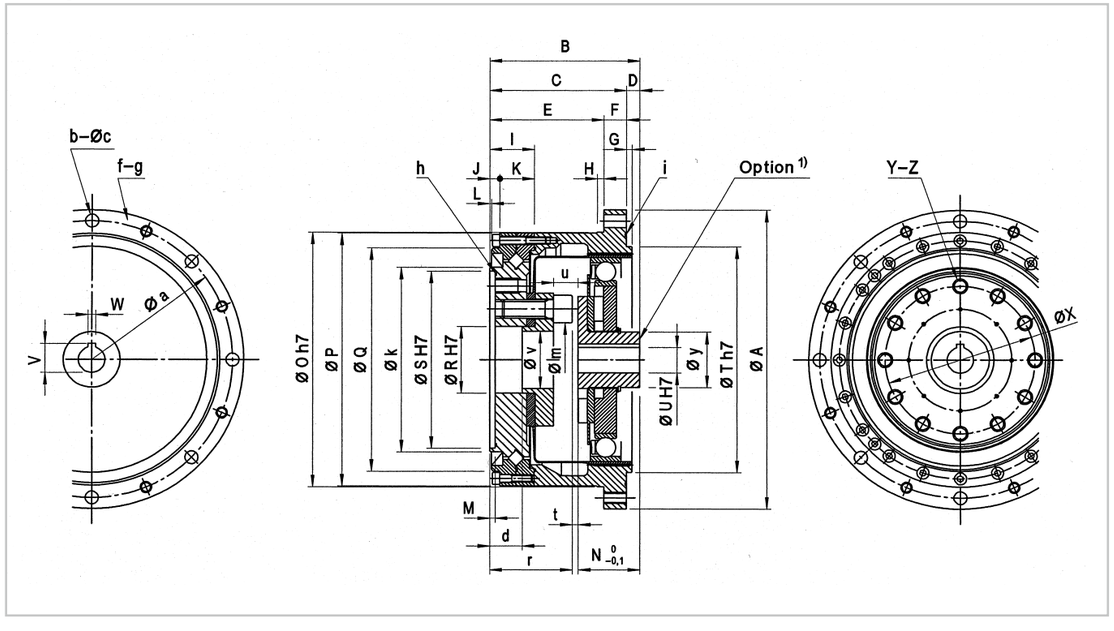


Abbildung 2.1.6

CSG-65-2UH/2UH-LW [mm]



1) Nabe ohne Passfeder bzw. mit anderem Durchmesser siehe Kapitel „Projektierung".

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Tabelle 2.1.7

CSG-2UH/2UH-LW [mm]

Symbol		Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ØA		73	79	93	107	138	160	180	190	226	260
B		$41{,}0^{\ 0}_{-0{,}9}$	$45{,}0^{\ 0}_{-0{,}9}$	$45{,}5^{\ 0}_{-1{,}0}$	$52{,}0^{\ 0}_{-1{,}0}$	$62{,}0^{\ 0}_{-1{,}1}$	$72{,}5^{\ 0}_{-1{,}1}$	$79{,}5^{\ 0}_{-1{,}2}$	$90{,}0^{\ 0}_{-1{,}3}$	$104{,}5^{\ 0}_{-1{,}3}$	$115{,}0^{\ 0}_{-1{,}3}$
C		34,0	37,0	38,0	46,0	57,0	66,5	74,0	85,0	97,0	108,5
D		$7{,}0^{\ 0}_{-0{,}4}$	$8{,}0^{\ 0}_{-0{,}4}$	$7{,}5^{\ 0}_{-0{,}4}$	$6{,}0^{\ 0}_{-0{,}5}$	$5{,}0^{\ 0}_{-0{,}6}$	$6{,}0^{\ 0}_{-0{,}6}$	$5{,}5^{\ 0}_{-0{,}6}$	$5{,}0^{\ 0}_{-0{,}6}$	$7{,}5^{\ 0}_{-0{,}6}$	$6{,}5^{\ 0}_{-0{,}6}$
E		27,0	29,0	28,0	36,0	45,0	50,5	58,0	69,0	77,0	84,5
F		7	8	10	10	12	16	16	16	20	24
G		2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
H	CSG	3,5	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	CSG-LW	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6
I		16,5	16,5	16,5	18,5	22,5	24,0	27,0	31,0	35,0	39,0
J		4,5	4,5	4,0	4,5	5,5	7,5	7,0	8,0	8,5	8,5
K		12,0	12,0	12,5	14,0	17,0	16,5	20,0	23,0	26,5	30,5
L	CSG	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5
	CSG-LW	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,6	1,6	1,0	1,5	1,5
M		9,4	9,5	9,0	12,0	15,0	5,0	6,0	8,0	10,0	4,0
$N^{\ 0}_{-0{,}1}$		18,5	20,7	21,5	21,6	23,6	29,7	30,5	34,8	38,3	44,6
ØO h7		56	63	72	86	113	127	148	158	186	212
ØP	CSG	56	62	70	85	112	123	147	157	185	210
	CSG-LW	54,6	61,6	69,6	85,0	110,0	124,5	143,0	155,0	183,4	208,4
ØQ	CSG	42,5	49,5	58,0	73,0	96,0	109,0	127,0	137,0	161,0	186,0
	CSG-LW	40,5	47,5	55,5	71,0	91,1	103	123	130	155	180
ØR H7		11	10	14	20	26	32	32	40	46	52
ØS H7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	142
ØT h7		38	48	56	67	90	110	124	135	156	177
ØU H7		6	8	12	14	14	14	19	19	22	24
V		-	-	$13{,}8^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$16{,}3^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$16{,}3^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$16{,}3^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$21{,}8^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$21{,}8^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$24{,}8^{\ +0{,}1}_{\ 0}$	$27{,}3^{\ +0{,}2}_{\ 0}$
W JS9		-	-	4	5	5	5	6	6	6	8
ØX		23	27	32	42	55	68	82	84	100	110
Y		6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
Z		M4x8	M5x10	M6x9	M8x12	M10x15	M10x15	M12x18	M14x21	M16x24	M16x24
Øa		65	71	82	96	125	144	164	174	206	236
b	CSG	8	8	8	10	12	10	12	14	12	8
	CSG-LW	6	8	8	10	12	10	16	18	16	12
Øc		4,5	4,5	5,5	5,5	6,6	9,0	9,0	9,0	11,0	14,0
d		-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
f	CSG	8	8	8	10	12	10	12	14	12	8
	CSG-LW	6	8	8	10	12	10	16	18	16	12
g		M4	M4	M5	M5	M6	M8	M8	M8	M10	M12
h (O-Ring)		29,00x0,50	34,50x0,80	40,64x1,14	53,28x0,99	70,50x2,00	82,27x1,78	99,50x2,00	104,5x2,00	124,5x2,00	134,5x2,00
i (O-Ring)		49,5x2,0	55,5x2,0	66,5x2,0	79,5x2,0	104,5x2,0	124,5x2,0	144,5x2,0	154,5x2,0	179,5x2,0	204,5x2,0
Øk		31	38	45	58	78	90	107	112	135	155
Øm		10,0	10,5	15,5	20,0	27,0	34,0	36,0	39,0	46,0	56,0
r		21,4	23,5	23,0	29,0	37,0	39,5	45,5	53,0	62,8	66,5
t		1,1	0,8	1,0	1,4	1,4	3,3	3,5	2,2	3,4	3,9
u		5,1	5,8	6,0	7,4	9,4	13,3	15,5	16,2	19,4	19,9
Øv		8	7	10	15	20	24	25	32	38	44
Øy		14	18	21	26	26	32	32	32	40	48

Details Wave Generator

Abbildung 2.1.8

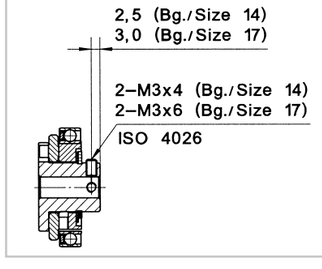
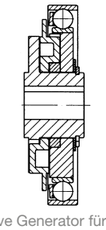
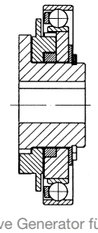


Abbildung 2.1.9



Wave Generator für CSG
Baugrößen 20, 25, 32, 45, 58

Abbildung 2.1.10



Wave Generator für CSG
Baugrößen 40, 50, 65

Abbildung 2.1.11

HFUC-14-2UH/2UH-LW ... HFUC-58-2UH/2UH-LW

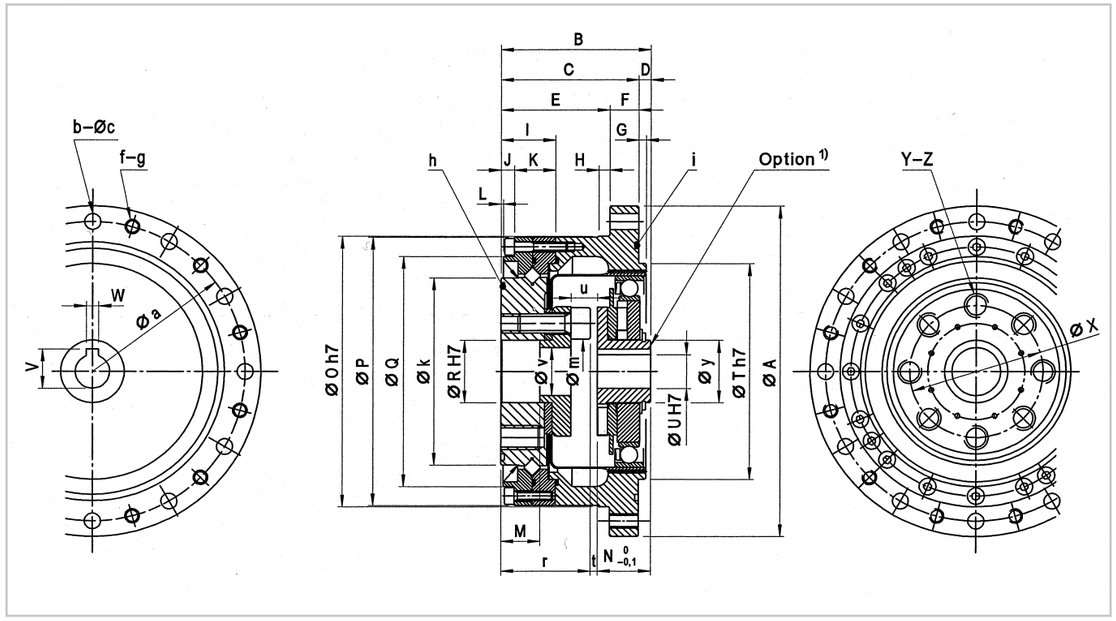
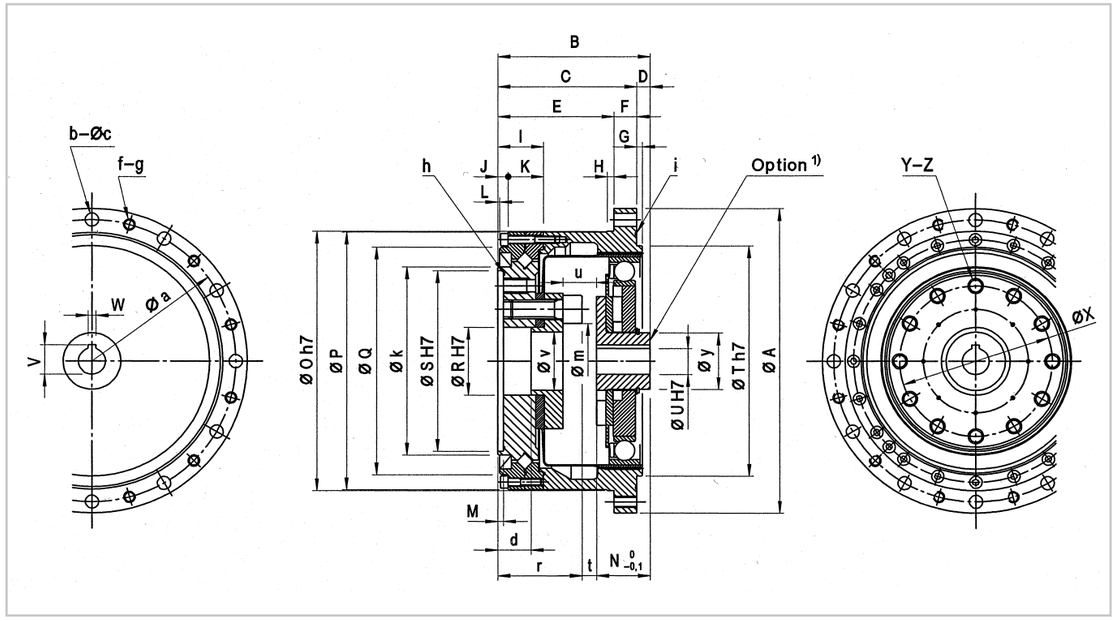


Abbildung 2.1.12

HFUC-65-2UH/2UH-LW ... HFUC-90-2UH/2UH-LW



1) Nabe ohne Passfeder bzw. mit anderem Durchmesser siehe Kapitel „Projektierung“.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Tabelle 2.1.13

HFUC-2UH/-2UH-LW [mm]

Symbol		Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
ØA		73	79	93	107	138	-	-	190	226	260	294	324
B*		$41{,}0^{0}_{-0{,}9}$	$45{,}0^{0}_{-0{,}9}$	$45{,}5^{0}_{-1{,}0}$	$52{,}0^{0}_{-1{,}0}$	$62{,}0^{0}_{-1{,}1}$	-	-	$90{,}0^{0}_{-1{,}3}$	$104{,}5^{0}_{-1{,}3}$	$115{,}0^{0}_{-1{,}3}$	$137{,}0^{0}_{-1{,}3}$	$152{,}5^{0}_{-1{,}3}$
C		34,0	37,0	38,0	46,0	57,0	-	-	85,0	97,0	108,5	130,0	146,5
D		$7{,}0^{0}_{-0{,}8}$	$8{,}0^{0}_{-0{,}9}$	$7{,}5^{0}_{-1{,}0}$	$6{,}0^{0}_{-1{,}0}$	$5{,}0^{0}_{-1{,}1}$	-	-	$5{,}0^{0}_{-1{,}3}$	$7{,}5^{0}_{-1{,}3}$	$6{,}5^{0}_{-1{,}3}$	$7{,}0^{0}_{-1{,}3}$	$6{,}0^{0}_{-1{,}3}$
E		27,0	29,0	28,0	36,0	45,0	-	-	69,0	77,0	84,5	106,0	122,5
F		7	8	10	10	12	-	-	16	20	24	24	24
G		2	2	3	3	3	-	-	4	5	5	6	6
H	HFUC	3,5	4,0	5,0	5,0	5,0	-	-	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0
	HFUC-LW	4	4	5	5	5	-	-	6	6	6	-	-
I		16,5	16,5	16,5	18,5	22,5	-	-	31,0	35,0	39,0	45,0	48,0
J		4,5	4,5	4,0	4,5	5,5	-	-	8,0	8,5	8,5	12,0	11,0
K		12,0	12,0	12,5	14,0	17,0	-	-	23,0	26,5	30,5	33,0	37,0
L	HFUC	0,5	1,1	1,1	1,1	1,2	-	-	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0
	HFUC-LW	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	-	-	1,0	1,5	1,5	-	-
M		9,4	9,5	9,0	12,0	15,0	-	-	8,0	10,0	4,0	6,0	6,0
$N^{0}_{-0{,}1}$		17,6	19,5	20,1	20,2	22,0	-	-	32,0	34,9	40,9	49,1	48,2
ØO h7		56	63	72	86	113	-	-	158	186	212	248	276
ØP	HFUC	55	62	70	85	112	-	-	157	185	210	246	274
	HFUC-LW	54,6	61,6	69,6	85,0	110,0	-	-	155,0	183,4	208,4	-	-
ØQ	HFUC	42,5	49,5	58,0	73,0	96,0	-	-	137,0	161,0	186,0	212,0	242,0
	HFUC-LW	40,5	47,5	55,5	71,0	91,1	-	-	130,0	155,0	180,0	-	-
ØR H7		11	10	14	20	26	-	-	40	46	52	80	72
ØS H7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	142	168	192
ØT h7	i ≥ 50	38	48	56	67	90	-	-	135	156	177	218	245
	i = 30	38	48	56	68	90	-	-	-	-	-	-	-
ØU H7		6	8	12	14	14	-	-	19	22	24	28	28
V		-	-	$13{,}8^{+0{,}1}_{0}$	$16{,}3^{+0{,}1}_{0}$	$16{,}3^{+0{,}1}_{0}$	-	-	$21{,}8^{+0{,}1}_{0}$	$24{,}8^{+0{,}1}_{0}$	$27{,}3^{+0{,}2}_{0}$	$31{,}3^{+0{,}2}_{0}$	$31{,}3^{+0{,}2}_{0}$
W JS9		-	-	4	5	5	-	-	6	6	8	8	8
ØX		23	27	32	42	55	-	-	84	100	110	135	160
Y		6	6	8	8	8	-	-	8	8	8	12	12
Z		M4x8	M5x10	M6x9	M8x12	M10x15	-	-	M14x21	M16x24	M16x24	M16x24	M16x24
Øa		65	71	82	96	125	-	-	174	206	236	270	300
b	HFUC	6	6	6	8	12	-	-	12	12	8	12	12
	HFUC-LW	6	8	8	10	12	-	-	18	16	12	-	-
Øc		4,5	4,5	5,5	5,5	6,6	-	-	9,0	11,0	14,0	14,0	14,0
d		-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	12	35
f	HFUC	6	6	6	8	12	-	-	12	12	8	12	12
	HFUC-LW	6	8	8	10	12	-	-	18	16	12	-	-
g		M4	M4	M5	M5	M6	-	-	M8	M10	M12	M12	M12
h (O-Ring)		29,00x0,50	34,50x0,80	40,64x1,14	53,28x0,99	70,50x2,00	-	-	104,5x2,00	124,5x2,00	134,5x2,00	159,5x2,70	184,5x2,70
i (O-Ring)		49,5x2,0	55,5x2,0	66,5x2,0	79,5x2,0	104,5x2,0	-	-	154,5x2,0	179,5x2,0	204,5x2,0	234,5x2,7	267,5x2,7
Øk		31	38	45	58	78	-	-	112	135	155	180	200
Øm		10,0	10,5	15,5	20,0	27,0	-	-	39,0	46,0	56,0	81,0	80,0
r		21,4	23,5	23,0	29,0	37,0	-	-	53,0	62,8	66,5	75,0	89,0
t		2,0	2,0	2,4	2,8	3,0	-	-	5,0	6,8	7,6	12,9	15,3
u		6,0	7,0	7,4	8,8	11,0	-	-	19,0	22,8	23,6	28,9	35,3
Øv		8	7	10	15	20	-	-	32	38	44	55	62
Øy		14	18	21	26	26	-	-	32	40	48	55	60

Details Wave Generator

Abbildung 2.1.14

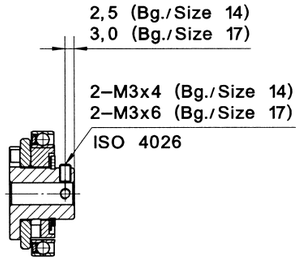
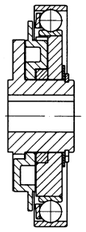
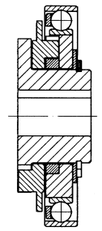


Abbildung 2.1.15



Wave Generator für HFUC
Baugrößen 20, 25, 32, 45, 58, 90

Abbildung 2.1.16



Wave Generator für HFUC
Baugrößen 40, 50, 65, 80

• Genauigkeit

Tabelle 2.1.17

[arcmin]

Baugröße	14			17			20			25			32			40 ... 90	
Untersetzung	30	50	≥80	30	50	≥80	30	50	≥80	30	50	≥80	30	50	≥80	50	≥80
Übertragungsgenauigkeit	<2,0	<1,5		<1,5			<1,5	<1,0		<1,5	<1,0		<1,5	<1,0		<1,0	
Hystereseverlust	<3,0	<2,0	<1,0	<3,0	<2,0	<1,0	<3,0	<2,0	<1,0	<3,0	<2,0	<1,0	<3,0	<2,0	<1,0	<2,0	<1,0
Lost Motion	< 1																
Wiederholgenauigkeit	< ± 0,1																

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.1.18

	Symbol [Einheit]	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Grenzdrehmoment	T_1 [Nm]	0,2	3,9	7,0	14	29	54	76	108	168	235	430	618
	T_2 [Nm]	6,9	12,0	25	48	108	196	275	382	598	843	1570	2260
i = 30	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,34	0,67	1,10	2,10	4,90	-	-	-	-	-	-	-
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,24	0,44	0,71	1,30	3,00	-	-	-	-	-	-	-
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,19	0,34	0,57	1,00	2,40	-	-	-	-	-	-	-
i = 50	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,57	1,30	2,30	4,40	9,80	18	26	34	54	78	145	206
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,47	1,10	1,80	3,40	7,80	14	20	28	44	61	115	162
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,34	0,81	1,30	2,50	5,40	10	15	20	31	44	81	118
i ≥ 80	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,71	1,60	2,90	5,70	12,00	23	33	44	71	98	185	263
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,61	1,40	2,50	5,00	11,00	20	29	40	61	88	162	230
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,47	1,00	1,60	3,10	6,70	13	18	25	40	54	100	145

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Abbildung 2.1.19

[Ncm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
30	HFUC	6,4	9,3	15	25	54	-	-	-	-	-	-	-
50	CSG	4,5	6,7	8,6	17	34	61	85	-	-	-	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	110	160	220	360	500
80	CSG	3,1	4,4	5,4	10	21	39	54	73	108	154	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	230	320
100	CSG	2,8	3,7	4,7	8,8	20	34	47	64	97	132	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	280
120	CSG	-	3,4	4,2	8,0	17	31	43	57	88	121	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190	250
160	CSG	-	-	3,6	6,9	15	26	36	50	75	102	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155	220

• Lastfreies Rückdrehmoment

Abbildung 2.1.20

[Nm]

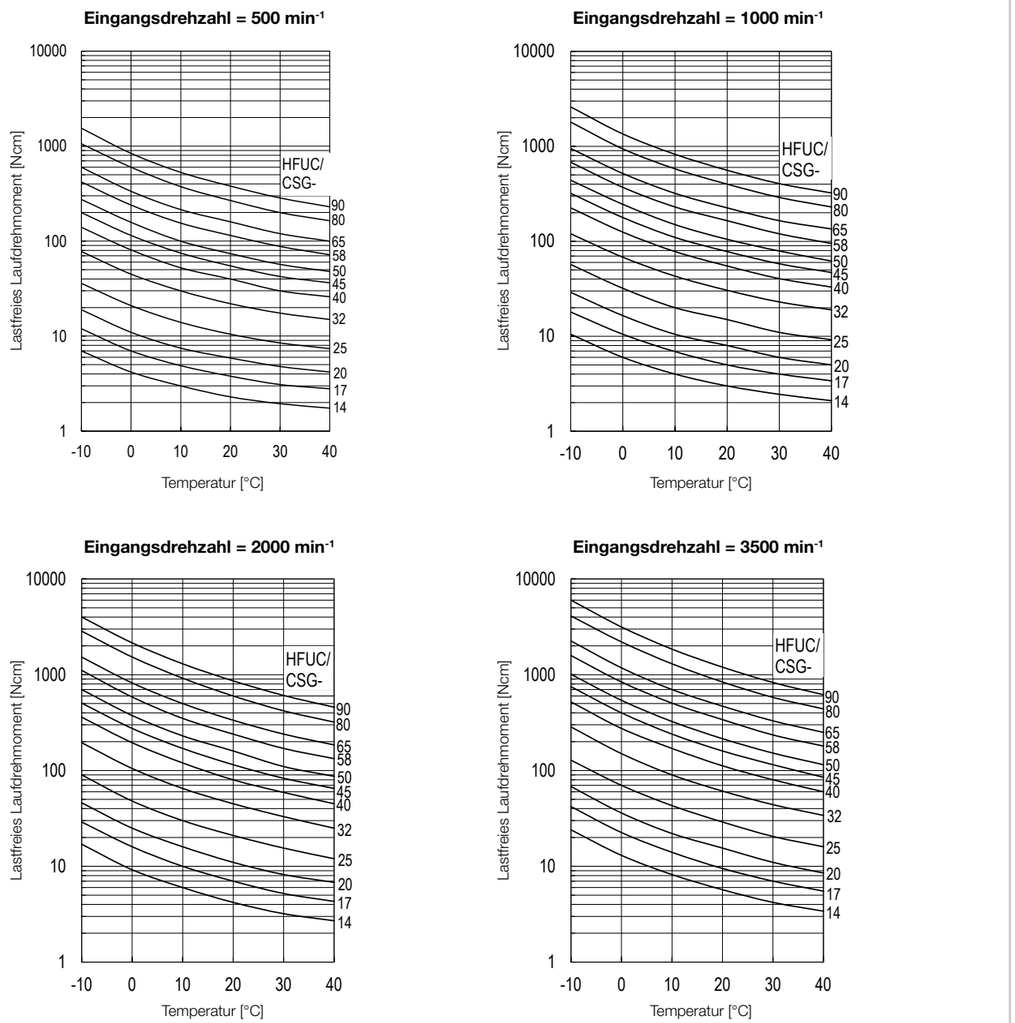
Untersetzung	Baureihe	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
30	HFUC	2,4	3,8	6,2	11	23	-	-	-	-	-	-	-
50	CSG	1,8	3,3	5,2	9,9	20	36	52	-	-	-	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	62	95	130	220	300
80	CSG	1,8	3,3	5,3	10	21	36	53	69	106	154	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	220	300
100	CSG	2,0	3,6	5,6	11	22	40	56	75	121	165	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	230	330
120	CSG	-	3,9	6,1	12	24	43	61	80	121	176	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	350
160	CSG	-	-	7,0	14	29	51	70	94	143	198	-	-
	HFUC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	410

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.1.21

CSG-2UH / HFUC-2UH



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

Tabelle 2.1.22

[Ncm]

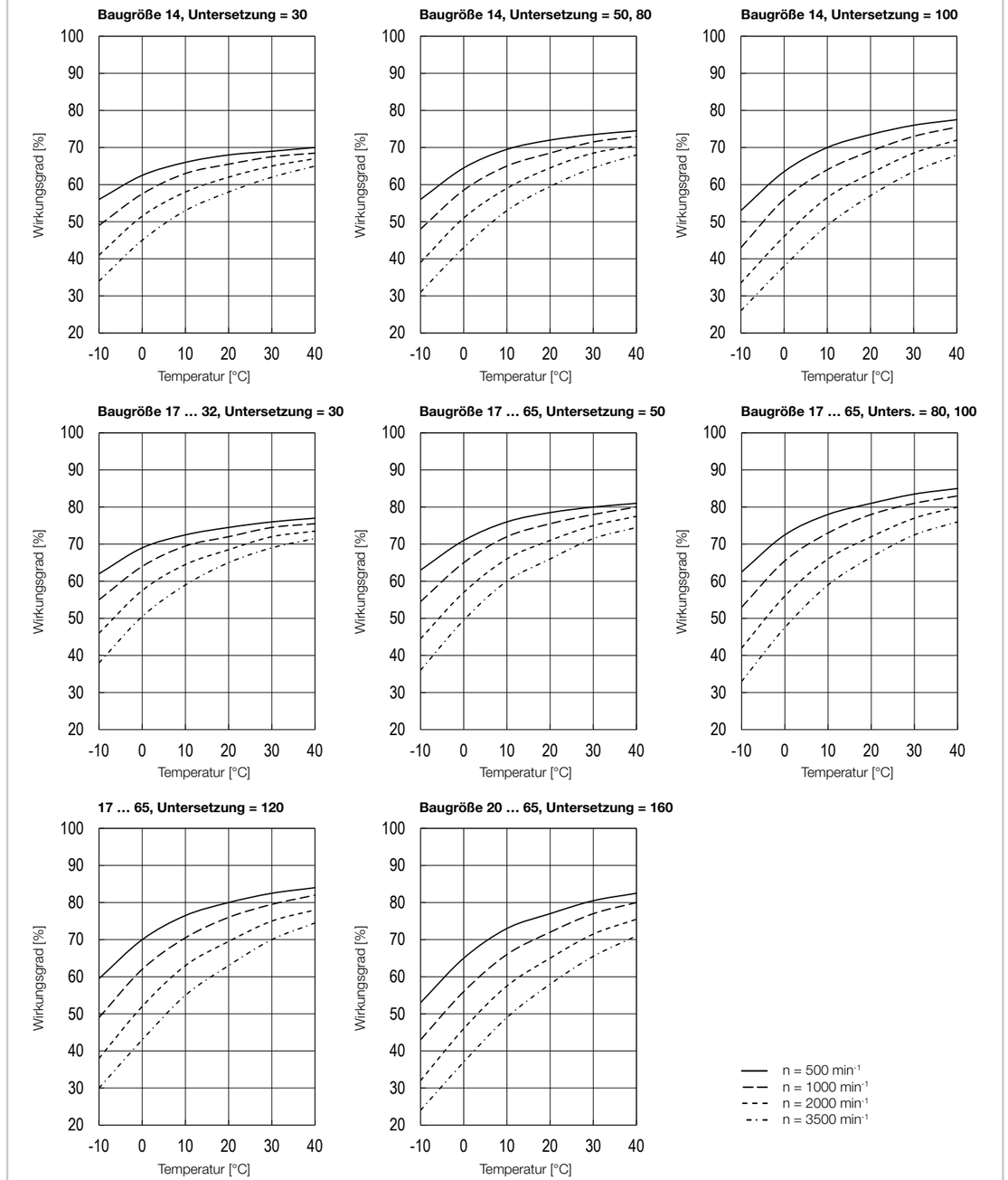
Untersetzung	Baugröße											
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
30	2,5	3,8	5,4	8,8	16,0	-	-	-	-	-	-	-
50	1,1	1,6	2,3	3,8	7,1	12,0	16,0	21,0	30,0	41,0	67,0	91,0
80	0,2	0,3	0,5	0,7	1,3	2,1	2,9	3,7	5,3	7,2	12,0	17,0
120	-	-0,2	-0,3	-0,5	-0,9	-1,5	-2,1	-2,6	-3,8	-5,1	-8,0	-12,0
160	-	-	-0,8	-1,2	-2,2	-3,5	-4,9	-6,2	-8,9	-12,0	-21,0	-30,0

• Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße 20 … 90).

Abbildung 2.1.23

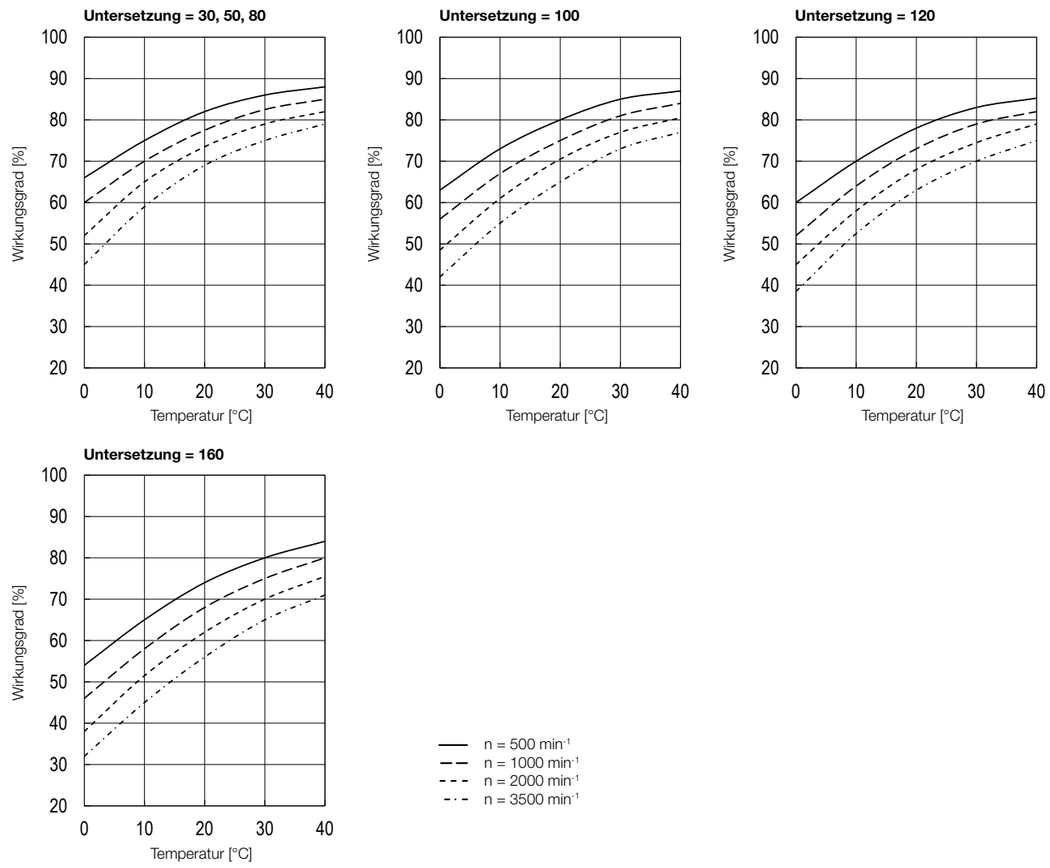


Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgrad für Ölschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Mineralöl DEA CLP 68.

Abbildung 2.1.24



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

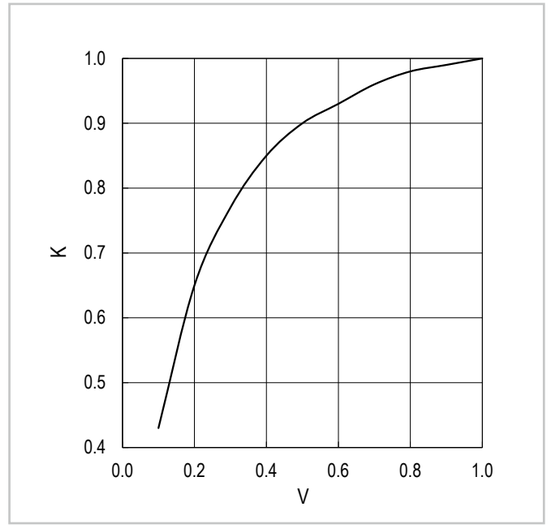
Produkt: CSG-20-80-2UH

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 36 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 44 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 36/44 = 0,82$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.1.25: K = 0,97
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.1.23: η = 79 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 79\ \% \cdot 0,97 = 77\ \%$

Abbildung 2.1.25

Berechnungsfaktor K



Abtriebslager

- Leistungsdaten

Tabelle 2.1.26

CSG-2UH/HFUC-2UH

	Symbol [Einheit]	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Lagertyp[1]		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,035	0,0425	0,050	0,062	0,080	0,096	0,111	0,119	0,141	0,160	0,185	0,214
Abstand[2]	R [m]	0,0095	0,0095	0,0095	0,0115	0,0130	0,0145	0,0155	0,0180	0,0205	0,0225	0,0260	0,0285
Dynamische Tragzahl	C [N]	4700	5290	5780	9600	15000	21300	23000	34800	51800	55600	76400	83200
Statische Tragzahl	C_0 [N]	6070	7550	9000	15100	25000	36500	42600	60200	90400	103000	143000	168000
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3][4]	M [Nm]	41	64	91	156	313	450	686	759	1180	1860	2740	4210
Kippsteifigkeit[5]	K_B [Nm/arcmin]	13	22,5	37	70	157	265	410	497	823	1175	1900	2943
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	1004	1130	1235	2051	3205	4550	4914	7435	11066	11878	16322	17582
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	673	757	827	1374	2147	3049	3292	4981	7414	7958	10936	11780

1) Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
2) Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: M = 0, $F_r = 0$ I F_r: M = 0, $F_a = 0$
5) Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

Tabelle 2.1.27

CSG-2UH-LW/HFUC-2UH-LW

	Symbol [Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Lagertyp[1]		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,035	0,043	0,050	0,064	0,083	0,096	0,111	0,119	0,141	0,160
Abstand[2]	R [m]	0,0093	0,0091	0,0098	0,0118	0,0133	0,0148	0,0158	0,0180	0,0205	0,0185
Dynamische Tragzahl	C [N]	4700	5290	5780	9600	15000	21300	23000	34800	51800	55600
Statische Tragzahl	C_0 [N]	6070	7550	9000	15100	25000	36500	42600	60200	90400	103000
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3][4]	M [Nm]	33,6	52,5	74,6	127,9	256,7	369,0	562,5	622	838	1525
Kippsteifigkeit[5]	K_B [Nm/arcmin]	10,5	18,6	30,5	57,6	128,6	217	336	407	585	963
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	1004	1130	1235	2051	3205	4550	4914	7435	11066	11878
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	673	757	827	1374	2147	3049	3292	4981	7414	7958

1) Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
2) Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: $M = 0$, $F_r = 0$ I F_r: $M = 0$, $F_a = 0$
5) Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Abbildung 2.1.28

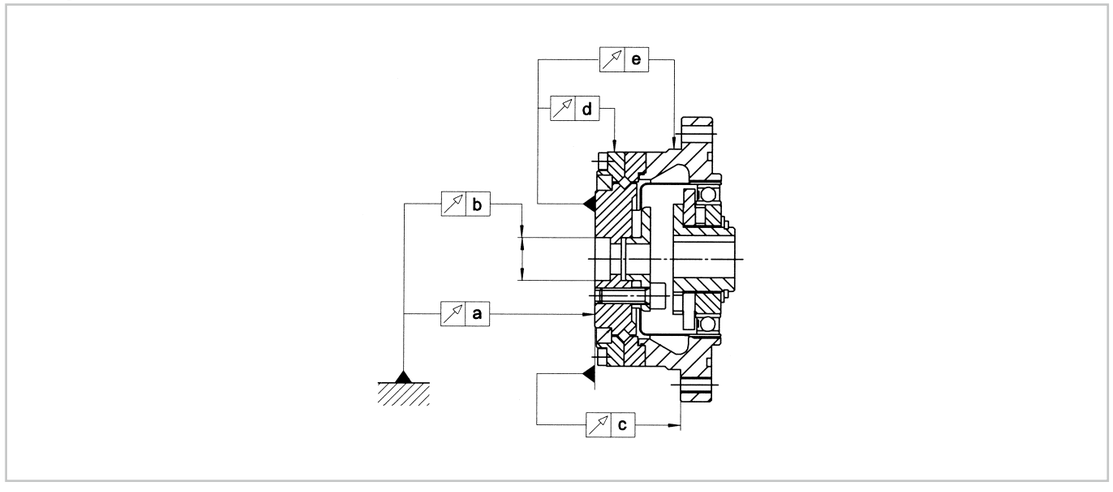


Tabelle 2.1.29

[mm]

Symbol	Baugröße											
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
a	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015	0,018	0,018	0,018	0,018	0,022	0,022
b	0,010	0,012	0,012	0,013	0,013	0,015	0,015	0,015	0,017	0,017	0,020	0,020
c	0,024	0,026	0,038	0,045	0,056	0,060	0,068	0,069	0,076	0,085	0,090	0,090
d	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,020	0,020
e	0,038	0,038	0,047	0,049	0,054	0,060	0,065	0,067	0,070	0,075	0,080	0,090

Montage

• Montagetoleranzen

Abbildung 2.1.30

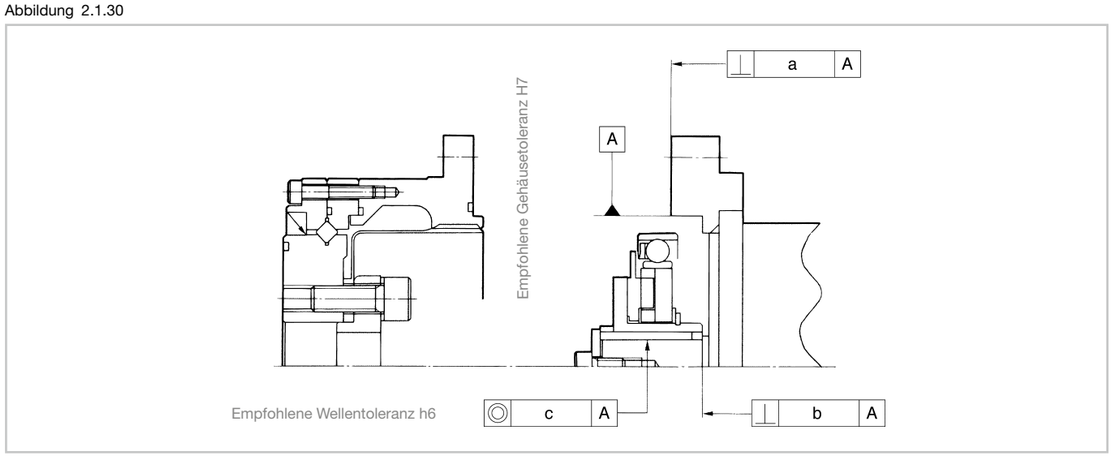


Tabelle 2.1.31

[mm]

Symbol	Empfohlene Toleranz Welle/Bohrung der Anschlusskomponenten	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
a		0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034	0,043	0,050
b		0,017	0,020	0,020	0,024	0,024	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,036	0,036
		(0,008)	(0,010)	(0,010)	(0,012)	(0,012)	(0,012)	(0,013)	(0,015)	(0,015)	(0,015)	(0,015)	(0,015)
Øc	h6	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063	0,065	0,066	0,068	0,070	0,090	0,091
		(0,016)	(0,018)	(0,019)	(0,022)	(0,022)	(0,024)	(0,027)	(0,030)	(0,033)	(0,035)	(0,043)	(0,046)

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.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Empfohlene Gehäuseabmessungen

Die Getriebe werden mit einer Lebensdauerfettschmierung geliefert. Ein zusätzliches Schmieren der Getriebe bei der Montage ist nicht notwendig. Beim Einbau sollten die Abmessungen gemäß Tabelle 2.1.33 berücksichtigt werden.

Abbildung 2.1.32

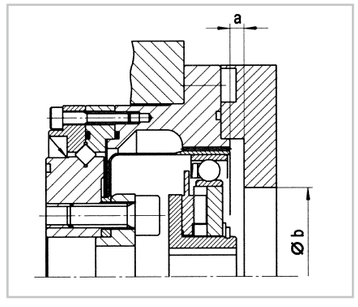


Tabelle 2.1.33

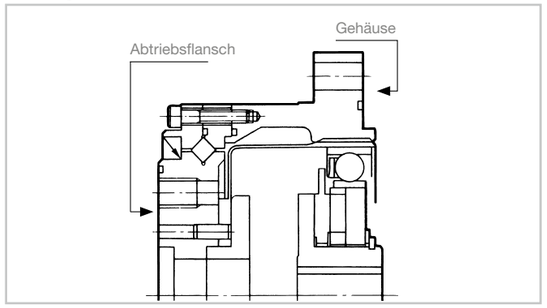
[mm]

Symbol	Baugröße											
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
a*	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0
a**	3,0	3,0	4,5	4,5	4,5	6,0	6,0	6,0	7,5	7,5	9,0	9,0
Øb	16	26	30	37	37	45	45	45	56	62	67	73

*Wave Generator senkrecht oder nach unten angeordnet
**Wave Generator nach oben angeordnet

- Verschraubung

Abbildung 2.1.34



Verschraubung an der Abtriebsseite

Tabelle 2.1.35 **CSG-2UH**

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

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.1.36 **CSG-2UH-LW**

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

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.1.37 **HFUC-2UH**

	[Einheit]	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Anzahl der Schrauben		6	6	8	8	8	-	-	8	8	8	12	12
Größe der Schrauben		M4	M5	M6	M8	M10	-	-	M14	M16	M16	M16	M16
Teilkreisdurchmesser	[mm]	23	27	32	42	55	-	-	84	100	110	135	160
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	9,0	15,3	37	74	-	-	205	319	319	319	319
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	49	91	204	486	1108	-	-	3070	4980	5480	10200	12100

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.1.38 **HFUC-2UH-LW**

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		6	6	8	8	8	-	-	8	8	8
Größe der Schrauben		M4	M5	M6	M8	M10	-	-	M14	M16	M16
Teilkreisdurchmesser	[mm]	23	27	32	42	55	-	-	84	100	110
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	9,0	15,3	37	74	-	-	205	319	319
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	49	91	204	486	1019	-	-	3070	4980	5480

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Verschraubung an der Gehäuseseite

Tabelle 2.1.39 **CSG-2UH**

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		8	8	8	10	12	10	12	14	12	8
Größe der Schrauben		M4	M4	M5	M5	M6	M8	M8	M8	M10	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	65	71	82	96	125	144	164	174	206	236
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	4,5	9,0	9,0	15,3	37	37	37	74	128
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	182	196	365	538	1200	2100	2844	3251	5717	6293

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.1.40 **CSG-2UH-LW**

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		6	8	8	10	12	10	16	18	16	12
Größe der Schrauben		M4	M4	M5	M5	M6	M8	M8	M8	M10	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	65	71	82	96	125	144	164	174	206	236
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	3,2	3,2	6,4	6,4	10,8	26,5	26,5	26,5	51,9	90,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	98	143	261	382	482	1488	2712	3237	5350	6649

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.1.41 **HFUC-2UH**

	[Einheit]	Baugröße											
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Anzahl der Schrauben		6	6	6	8	12	-	-	12	12	8	12	12
Größe der Schrauben		M4	M4	M5	M5	M6	-	-	M8	M10	M12	M12	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	65	71	82	96	125	-	-	174	206	236	270	300
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	4,5	4,5	9,0	9,0	15,3	-	-	37	74	128	128	128
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	137	147	274	431	1200	-	-	3040	5717	6293	10025	11245

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.1.42 **HFUC-2UH-LW**

	[Einheit]	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		6	8	8	10	12	-	-	18	16	12
Größe der Schrauben		M4	M4	M5	M5	M6	-	-	M8	M10	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	65	71	82	96	125	-	-	174	206	236
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	3,2	3,2	6,4	6,4	10,8	-	-	26,5	51,9	90,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	9,8	143	261	382	842	-	-	3237	5350	6649

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: blanker Stahl
Circular Spline: blanker Grauguss
- CSG/HFUC-2UH: blanker Grauguss (einteilig mit integriertem Circular Spline)
- CSG/HFUC-2UH-LW: blankes Aluminium

Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator: blanker Stahl

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei Harmonic Drive SE anzufragen.

Schmierung

• Fettschmierung

Die Getriebe mit Abtriebslager HFUC-/CSG-2UH werden vollständig gefettet geliefert. Sie sind werkseitig mit einer Lebensdauerfettschmierung versehen. Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 2.1.43 genannten Schmierfette. Das Abtriebslager ist mit Harmonic Drive® Schmierfett 4BNo.2 gefettet.

Tabelle 2.1.43

Untersetzung	Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße							
		14	17	20	25	32	40	45 ... 58	65 ... 90
30 (HFUC)	Flexolub-A1	O	O	O	O	O	-	-	-
	SK-1A	-	-	Δ	Δ	Δ	-	-	-
	SK-2	Δ	Δ	-	-	-	-	-	-
	4BNo.2	Δ	Δ	□	□	□	-	-	-
≥50	SK-1A	-	-	O	O	O	O	O	O
	SK-2	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	-	-
	4BNo.2	□	□	□	□	□	□	□	□
	Flexolub-A1[1)]	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	-

1) Nur für Baureihe HFUC
O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

• Ölschmierung

Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager inklusive Ölschmierung sind kundenspezifische Sonderanfertigungen. Schmierung und Nachschmierung werden individuell festgelegt.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

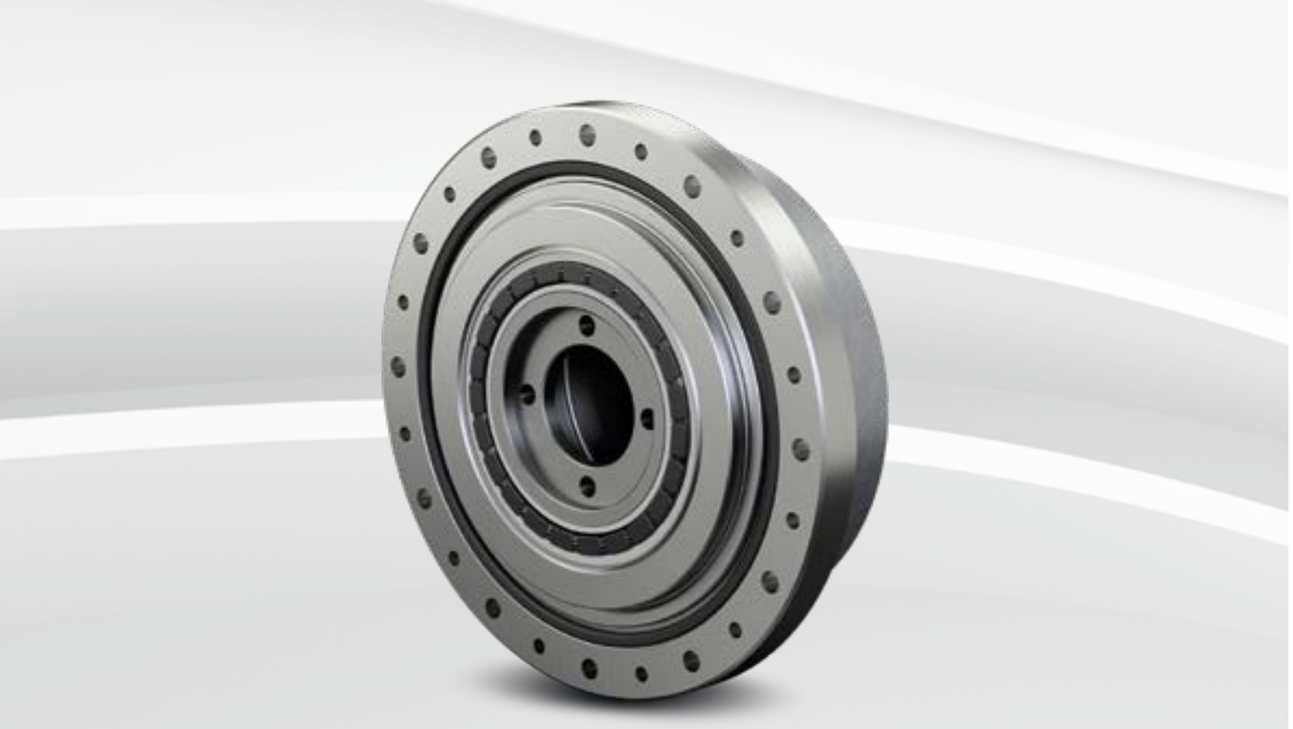
Produktbeschreibung

Unübertroffen geringes Gewicht kombiniert mit einer kurzen Bauform

Die Getriebe der Baureihe CSF-ULW zeichnen sich durch geringstes Gewicht kombiniert mit einer kurzen Baulänge aus. Die ULW-Baureihe erreicht die gleichen Leistungsdaten wie die Baureihe HFUC-2UH bei einer Gewichtseinsparung von ca. 50 % und einer Baulängenreduktion von ca. 30 %. Diese Präzisionsgetriebe eignen sich ideal für den Einsatz in Handachsen kleiner und kollaborierender Roboter sowie auch für Industrieanwendungen, bei denen ein geringes Gewicht gefordert wird.

Merkmale:

- Unübertroffen geringes Gewicht
- Kurze Baulänge
- Integriertes Abtriebslager
- Hohe Präzision



Bestellbezeichnung

Tabelle 2.2.1

Bestellbezeichnung	CSF	-	14	-	80	-	2UH	-	ULW	-	SP
Baureihe											
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			8 11 14 17 20								
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 80 100 120 160						
Version Getriebe mit Abtriebslager							2UH				
Spezifikation Ultra-light weight Typ (Leichtbauvariante)									ULW		
Kundenspezifische Ausführung Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (= Feld bleibt leer)											SP [ ]

Kombinationen

Tabelle 2.2.2

Baugröße		8	11	14	17	20
Untersetzung	30	●	●	-	-	-
	50	●	●	●	●	●
	80	-	-	●	●	●
	100	●	●	●	●	●
	120	-	-	-	●	●
	160	-	-	-	-	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.2.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment	Gewicht
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Fettschmierung	Fettschmierung	[kgm^2]	[kg]
8	30	1,8	1,4	0,9	3,3	8500	3500	1,7 x10^{-7}	0,090
	50	3,3	2,3	1,8	6,6				
	100	4,8	3,3	2,4	9,0				
11	30	4,5	3,4	2,2	8,5	8500	3500	8,6 x10^{-7}	0,150
	50	8,3	5,5	3,5	17,0				
	100	11,0	8,9	5,0	25,0				
14	50	18,0	6,9	5,4	35,0	8500	3500	2,2 x10^{-6}	0,230
	80	23,0	11,0	7,8	47,0				
	100	28,0	11,0	7,8	54,0				
17	50	34	26	16	70	7300	3500	5,5 x10^{-6}	0,320
	80	43	27	22	87				
	100	54	39	24	108				
	120	54	39	24	86				
20	50	56	34	25	98	6500	3500	1,1 x10^{-5}	0,450
	80	74	47	34	127				
	100	82	49	40	147				
	120	87	49	40	147				
	160	92	49	40	147				

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 2.2.4

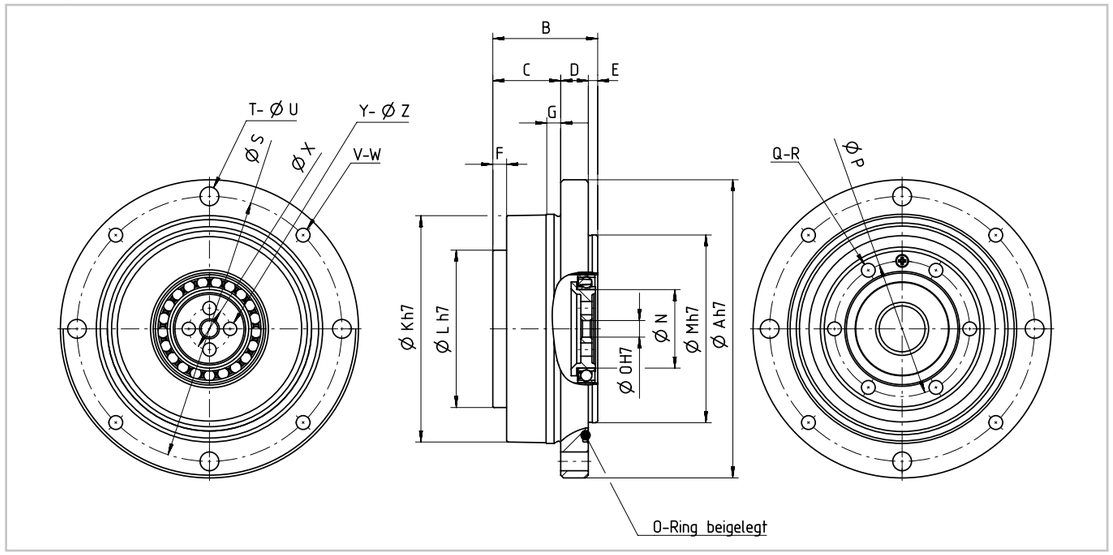


Abbildung 2.2.5

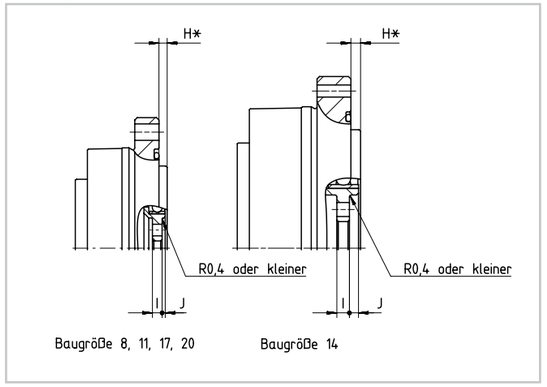


Tabelle 2.2.6 **[mm]**

Symbol	Baugröße				
	8	11	14	17	20
ø A h7	54	63	71	81	93
B	19,0	21,5	25,5	28,5	31,5
C	12,3	13,0	16,5	18,0	20,5
D	5,0	6,5	7,0	8,0	8,0
E	1,7	2,0	2,0	2,5	3,0
F	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
G	2,5	3,3	3,0	3,0	3,0
H*	0,65 $^{0}_{-0,3}$	0,35 $^{0}_{-0,7}$	0,30 $^{+0,8}_{0}$	0,20 $^{0}_{-0,9}$	0,30 $^{0}_{-1,0}$
I	2,0	2,4	2,6	2,7	3,1
J	0,70	1,30	1,88	2,00	2,60
ø K h7	41,5	50,5	58,5	67,5	77,0
ø L h7	28,5	36,5	43,5	52,0	60,5
ø M h7	34	42	49	57	63
ø N	12,5	18,2	22,0	26,5	31,5
ø O H7	3	7	11	13	19
ø P	24,5	32,0	39,0	47,5	56,0
Q	6	8	10	16	18
R	M3x4,0	M3x4,5	M3x4,5	M3x4,5	M3x4,5
ø S	48,0	57,0	65,0	74,5	84,5
T	4	4	6	10	12
U	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
V	4	4	6	10	12
W	M3	M3	M3	M3	M3
X	7,5	12,0	16,0	19,5	25,5
Y	4	4	4	4	4
Z	2,4	2,9	2,9	3,4	3,4

*Das Maß H ist das Wave-Generator-Einstellmaß. Beachten Sie die in der Tabelle angegebenen Toleranzen.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.2.7

[arcmin]

Baugröße	8		11		14		17		20	
Untersetzung	30	≥50	30	≥50	50	≥80	50	≥80	50	≥80
Übertragungsgenauigkeit	<2,0		<2,0	<1,5	<1,5		<1,5		<1,0	
Hystereseverlust	<3,0	<2,0	<3,0	<2,0	<2,0	<1,0	<2,0	<1,0	<2,0	<1,0

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.2.8

	Symbol [Einheit]	Baugröße 8	11	14	17	20
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	0,29	0,80	2,00	3,90	7,00
	T_2 [Nm]	0,75	2,00	6,90	12,00	25,00
i = 30	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,054	0,160	-	-	-
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,044	0,130	-	-	-
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,034	0,084	-	-	-
i = 50	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,084	0,320	0,570	1,300	2,300
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,067	0,300	0,470	1,100	1,800
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,044	0,220	0,340	0,810	1,300
i ≥ 80	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,120	0,440	0,710	1,600	2,900
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,100	0,340	0,610	1,400	2,500
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,091	0,270	0,470	1,000	1,600

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.2.9

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße 8	11	14	17	20
30	1,5	3,0	-	-	-
50	0,9	1,8	3,6	5,5	7,2
80	-	-	2,6	3,6	4,5
100	0,7	1,2	2,3	3,1	4,0
120	-	-	-	2,9	3,6
160	-	-	-	-	3,1

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.2.10

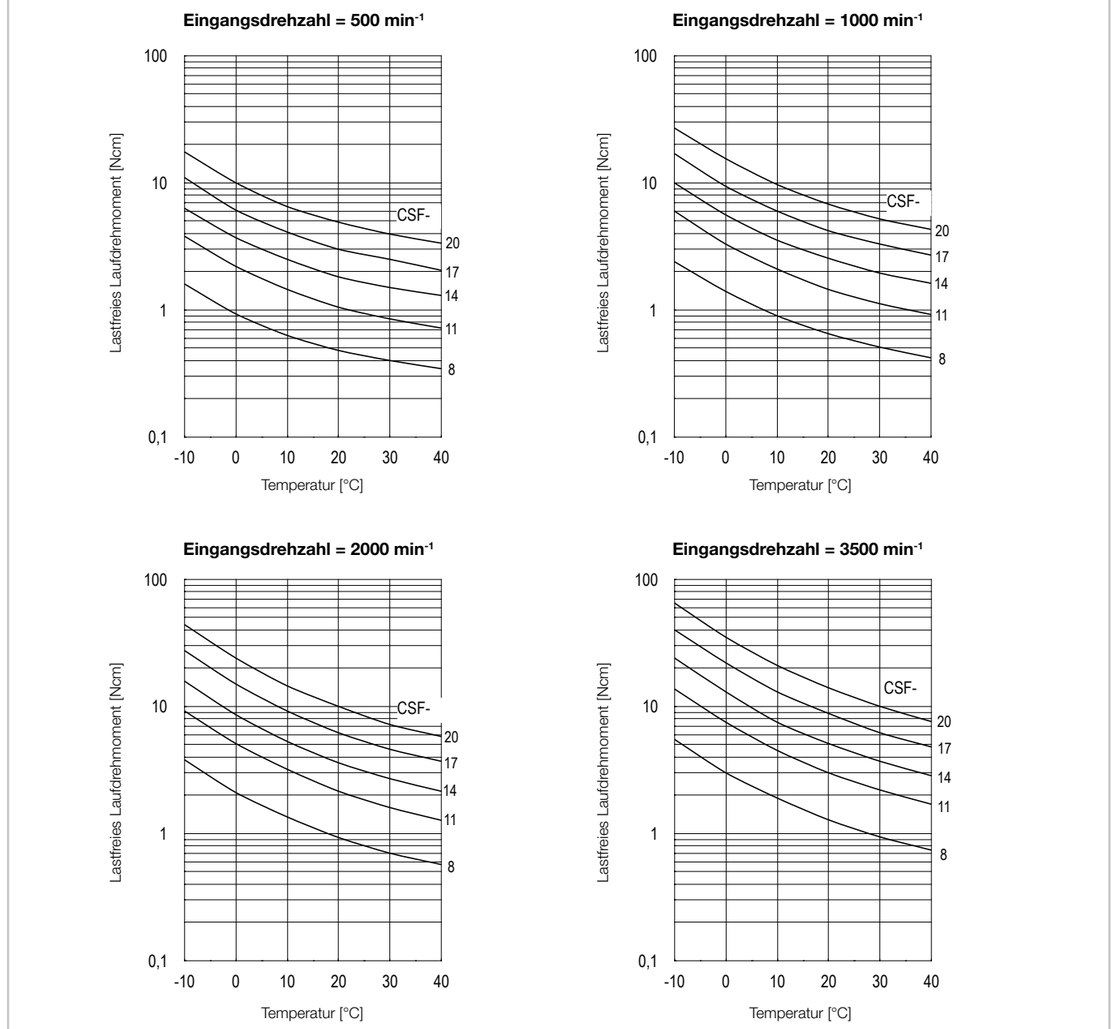
[Nm]

Untersetzung	Baugröße 8	11	14	17	20
30	0,70	1,4	-	-	-
50	0,55	1,1	1,6	2,7	4,3
80	-	-	1,6	2,7	4,5
100	0,75	1,5	1,9	3,0	4,8
120	-	-	-	3,3	5,2
160	-	-	-	-	6,1

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.2.11



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

Tabelle 2.2.12

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße 30	50	80	120	160
8	0,54	0,23	-	-	-
11	1,05	0,43	-	-	-
14	-	0,63	0,11	-	-
17	-	1,01	0,17	-0,13	-
20	-	1,54	0,27	-0,19	-0,45

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 8 … 17) bzw. SK-1A (Baugröße 20).

Abbildung 2.2.13

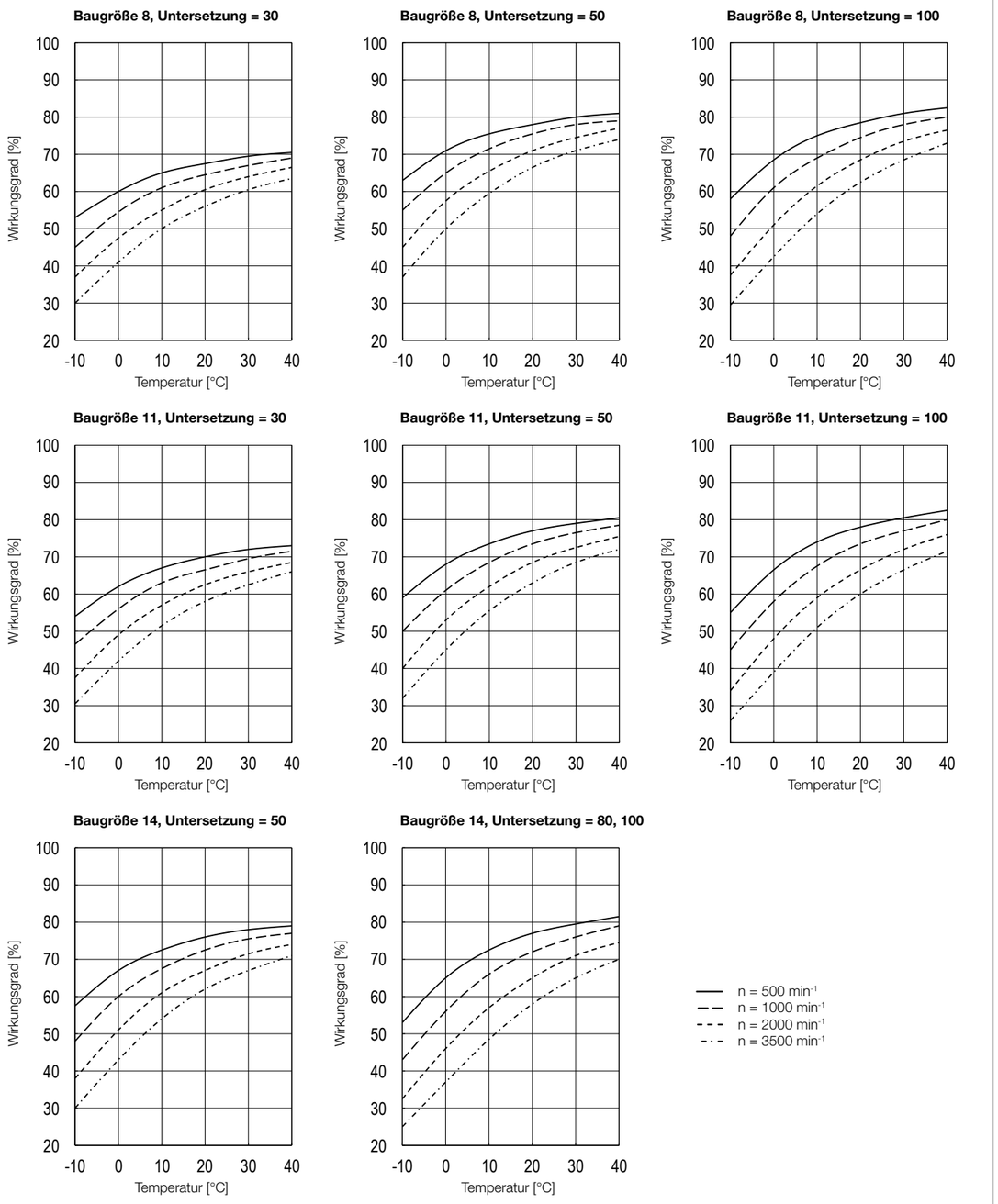
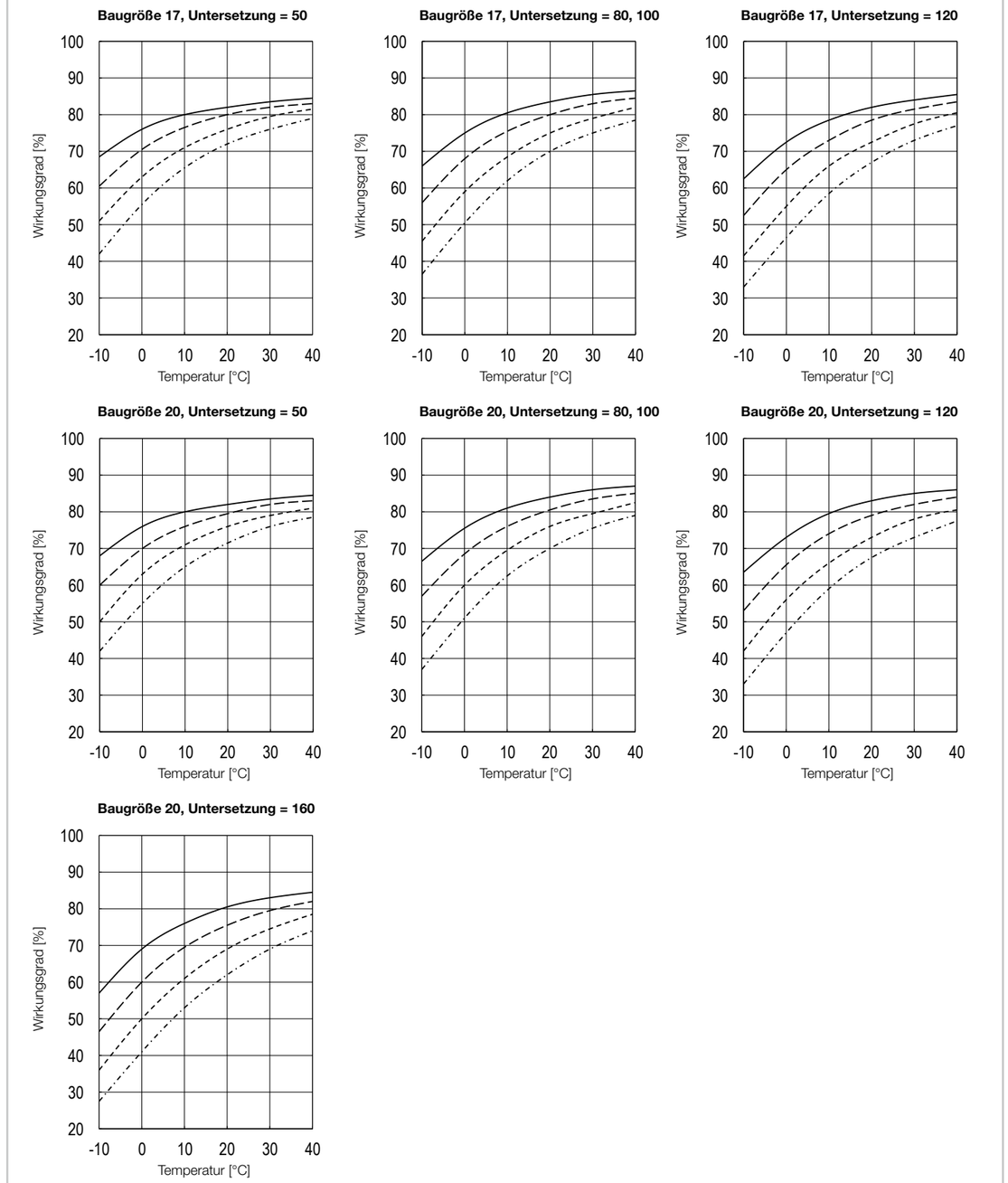


Abbildung 2.2.14



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab:
Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel:

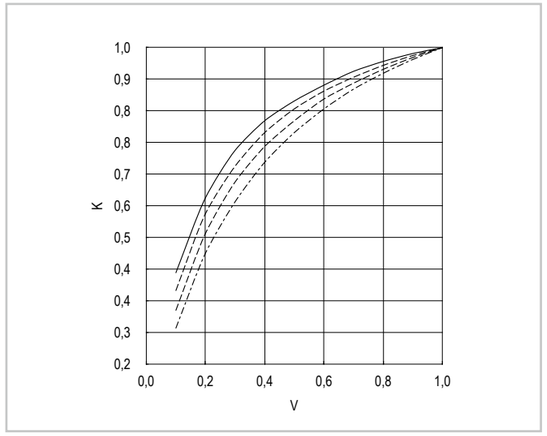
Produkt: CSF-14-80-2UH-ULW

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 6,0 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 7,8 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-2, Schmiermitteltemperatur: 20 °C

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 6,0/7,8 = 0,77$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.2.15: K = 0,94
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgradkennlinie Abbildung 2.2.13: η = 73 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 73\ \% \cdot 0,94 = 69\ \%$

Abbildung 2.2.15

Berechnungsfaktor K



Abtriebslager

Die CSF-ULW Getriebe sind mit einem Vierpunktlager zur direkten Aufnahme der externen Lasten ausgestattet.

Tabelle 2.2.16

	Symbol [Einheit]	Baugröße 8	11	14	17	20
Lagertyp [1]		F	F	F	F	F
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,0290	0,0371	0,0443	0,0527	0,0614
Abstand [2]	R [m]	0,00790	0,00815	0,00840	0,00920	0,00970
Dynamische Tragzahl	C [N]	1800	2800	3900	5200	6700
Statische Tragzahl	C_0 [N]	2200	3500	5000	7000	9400
Zulässiges dynamisches Kippmoment [3,4]	M [Nm]	8,7	14,0	26,0	40,0	56,0
Kippsteifigkeit [5]	K_B [Nm/arcmin]	2,9	5,0	8,7	13,4	18,9
Zulässige Axiallast [4]	F_a [N]	353	548	764	1019	1312
Zulässige Radiallast [4]	F_r [N]	236	367	512	682	879

[1] Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
[2] Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
[3] Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
[4] Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: M = 0, $F_r = 0$ I F_r: M = 0, $F_a = 0$
[5] Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Abbildung 2.2.17

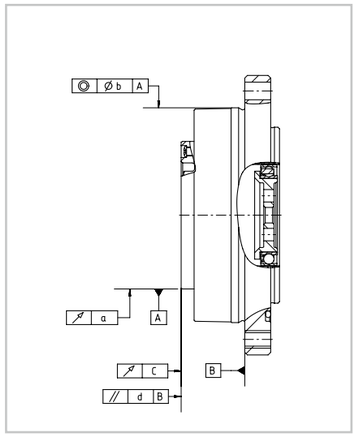


Tabelle 2.2.18 **[mm]**

Symbol	Baugröße 8	11	14	17	20
a	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
ø b	0,050	0,050	0,060	0,060	0,070
c	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
d	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025

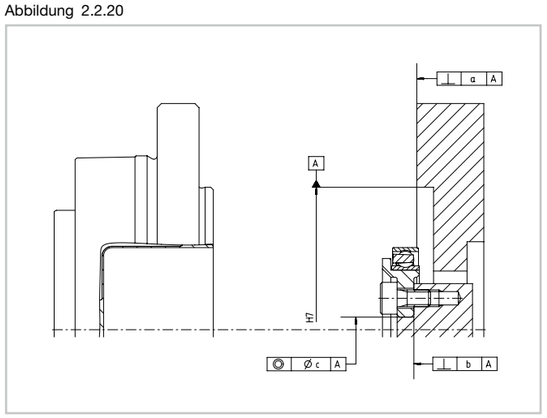
Montage

• Montagetoleranzen

Tabelle 2.2.19 **[mm]**

Symbol	Empfohlene Toleranz Welle/Bohrung der Anschlusskomponenten	Baugröße 8	11	14	17	20
a		0,010	0,011	0,011	0,015	0,017
b		0,006	0,007	0,008	0,010	0,010
ø c	h6	0,006	0,007	0,016	0,018	0,019

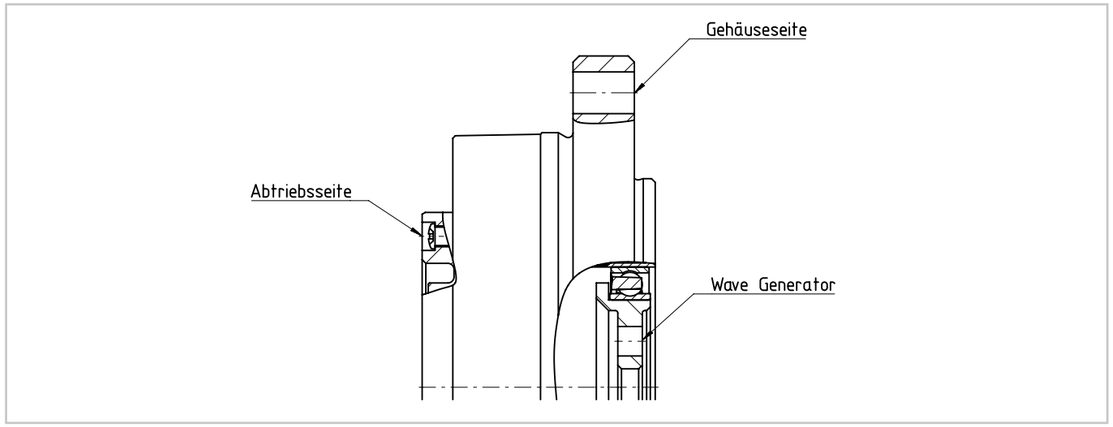
Abbildung 2.2.20



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Verschraubung

Abbildung 2.2.21



• Verschraubung an der Abtriebsseite

Tabelle 2.2.22

	[Einheit]	Baugröße				
		8	11	14	17	20
Anzahl der Schrauben		6	8	10	16	18
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M3
Teilkreisdurchmesser	[mm]	24,54	32,00	39,00	47,50	56,00
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	30,6	53,3	81,2	158,0	210,0

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

• Verschraubung an der Gehäuseseite

Tabelle 2.2.23

	[Einheit]	Baugröße				
		8	11	14	17	20
Anzahl der Schrauben		4	4	6	10	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M3
Teilkreisdurchmesser	[mm]	48,0	57,0	65,0	74,5	84,5
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	28,0	33,2	56,8	108,0	147,0

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

• Verschraubung am Wave Generator

Tabelle 2.2.24

	[Einheit]	Baugröße				
		8	11	14	17	20
Anzahl der Schrauben		4	4	4	4	4
Größe der Schrauben		M2	M2,5	M2,5	M3	M3
Teilkreisdurchmesser	[mm]	7,5	12,0	16,0	19,5	25,5
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	0,54	1,08	1,08	2,00	2,00
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	2,53	6,48	8,64	16,20	21,20

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: blanker Stahl
Circular Spline: blanker Grauguss
Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator: blanker Stahl
Gehäuse: blankes Aluminium

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei Harmonic Drive SE anzufragen.

Schmierung

Fettschmierung ist für die Getriebe CSF-2UH-ULW Standard. Die Getriebe werden vollständig gefettet geliefert. Zusätzliches Fett bei der Montage wird nicht benötigt. Als Schmierstoff wird Harmonic Drive® SK-1A bzw. SK-2 verwendet. Das Abtriebslager ist mit Multemp HL-D gefettet. Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 2.2.25 genannten Schmierfette.

Tabelle 2.2.25

Harmonic Drive® Schmierfett	Untersetzung	8	11	14	17	20
SK-1A	≥50	-	-	-	-	O
SK-2		O	O	O	O	Δ

O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Flexible Antriebskonfiguration und verstärktes Abtriebslager

Die Getriebe der Baureihe CPU bestehen aus einem präzisen Getriebe-Einbausatz HFUC-2A sowie einem kippsteifen Abtriebslager. Sie sind mit Hohlwelle, Eingangswelle oder als Motoranbau-Getriebe verfügbar.

Merkmale

- Drei Versionen für unterschiedliche Einbausituationen
- Höchste Übertragungsgenauigkeit
- Integriertes kippsteifes Abtriebslager
- Optional mit Korrosionsschutz
- Großer Drehmomentbereich

CPU-M
Getriebe für den direkten Motoranbau

CPU-H
Hohlwellengetriebe zur Durchführung von Versorgungsleitungen für weiterführende Antriebssysteme

CPU-S
Getriebe mit Eingangswelle für den Antrieb mit Riemenscheibe oder Stirnrad

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.3.1

Bestellbezeichnung	CPU	-	25		A	-	100	-	M	-	11.2	-	SP
Baureihe													
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14										
			17										
			20										
			25										
			32										
			40										
			45										
			50										
			58										
Produktgeneration					A								
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)							30						
							50						
							80						
							100						
							120						
							160						
Version													
Getriebe für Motoranbau									M				
Getriebe mit Hohlwelle									H				
Getriebe mit Eingangswelle									S				
Motor-Adaptionscode Nur für CPU-M, wenn mit spezifischem Motor-Adapterflansch geliefert. Der Code wird von der Harmonic Drive SE festgelegt.													
Option Kundenspezifische Ausführung (auf Anfrage)													
Standardausführung (Feld bleibt leer)													[ ]
Sonderausführung													SP

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.3.2

CPU

Baugröße		14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Untersetzung	30	●	●	●	●	●	-	-	-	-
	50	●	●	●	●	●	●	●	●[1]	●[1]
	80	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●	●	●	●
Version	M	●								
	H	●								
	S	●								

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

[1] Nur mit Ölschmierung. Fettschmierung kann verwendet werden, wenn das Durchschnittsdrehmoment T_{av} nicht größer als das halbe Nenndrehmoment T_N nach Tabelle 2.3.3 ist.

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.3.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment [x10^{-4} kgm^2]	Gewicht [kg]
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Fettschmierung	Fettschmierung	M H S	M H S
14A	30	9,0	6,8	4,0	17,0	8500	3500[2] 3000[3]	0,033 0,091 0,025	0,54 0,67 0,64
	50	18	6,9	5,4	35				
	80	23	11	7,8	47				
	100	28	11	7,8	54				
17A	30	16	12	8,8	30	7300	3500[2] 3000[3]	0,079 0,193 0,059	0,79 1,00 0,95
	50	34	26	16	70				
	80	43	27	22	87				
	100	54	39	24	110				
	120	54	39	24	86				
20A	30	27	20	15	50	6500	3500[2] 3000[3]	0,193 0,404 0,173	1,30 1,55 1,40
	50	56	34	25	98				
	80	74	47	34	127				
	100	82	49	40	147				
	120	87	49	40	147				
	160	92	49	40	147				
25A	30	50	38	27	95	5600	3500[2] 2575[3]	0,413 1,070 0,320	1,95 2,40 2,50
	50	98	55	39	186				
	80	137	87	63	255				
	100	157	108	67	284				
	120	167	108	67	304				
	160	176	108	67	314				
32A	30	100	75	54	200	4800	3500[2] 1980[3]	1,69 2,85 1,20	3,95 5,00 5,40
	50	216	108	76	382				
	80	304	167	118	568				
	100	333	216	137	647				
	120	353	216	137	686				
	160	372	216	137	686				
40A	50	402	196	137	686	4000	3000[2] 1300[3]	4,50 9,28 3,41	6,9 8,8 8,8
	80	519	284	206	980				
	100	568	372	265	1080				
	120	617	451	294	1180				
	160	647	451	294	1180				
45A	50	500	265	176	950	3800	3000[2] 1250[3]	8,68 13,80 5,80	9,6 12,1 11,8
	80	706	390	313	1270				
	100	755	500	353	1570				
	120	823	620	402	1760				
	160	882	630	402	1910				
50A	50	715	175[1]	122[1]	1430	3500	2500[2] 1200[3]	12,5 25,2 9,95	12,6 16,0 15,0
	80	941	519	372	1860				
	100	980	666	470	2060				
	120	1080	813	529	2060				
	160	1180	843	529	2450				
58A	50	1020	260[1]	176[1]	1960	3000	2200[2] 1100[3]	27,3 49,5 20,5	17,8 22,8 22,1
	80	1480	770	549	2450				
	100	1590	1060	696	3180				
	120	1720	1190	745	3330				
	160	1840	1210	745	3430				

[1] Bei Einsatz von Ölschmierung ist ein höheres Nenndrehmoment und Durchschnittsdrehmoment möglich. Bitte kontaktieren Sie die Harmonic Drive SE.
[2] Gültig für CPU-S und CPU-M.
[3] Gültig für CPU-H. Höhere Werte auf Anfrage.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Genauigkeit

Tabelle 2.3.4

[arcmin]

Baugröße			14A ... 17A			20A ... 32A			≥40A	
Untersetzung			30	50	≥ 80	30	50	≥ 80	50	≥ 80
Übertragungsgenauigkeit	CPU-H, -S		< 2,0	< 1,2	< 1,0	< 1,5	< 1,0	< 0,8	< 0,7	< 0,5
	CPU-M	Wave Generator mit Oldham-Kupplung								
		Solid Wave Generator [1]	< 2,0	< 1,5		< 1,5	< 1,0			
Hystereseverlust			< 3	< 2	< 1	< 3	< 2	< 1	< 2	< 1
Lost Motion			< 1							
Wiederholgenauigkeit			< ±0,1							

[1] Höhere Genauigkeit auf Anfrage

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.3.5

	Symbol [Einheit]	Baugröße 14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	2,0	3,9	7,0	14,0	29,0	54,0	76,0	108,0	168,0
	T_2 [Nm]	6,9	12,0	25,0	48,0	108,0	196,0	275,0	382,0	598,0
i = 30	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	3,4	6,7	11,0	21,0	49,0	-	-	-	-
	K_2 [x 10^3 Nm/rad]	2,4	4,4	7,1	13,0	30,0	-	-	-	-
	K_1 [x 10^3 Nm/rad]	1,9	3,4	5,7	10,0	24,0	-	-	-	-
i = 50	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	5,7	13,0	23,0	44,0	98,0	180,0	260,0	340,0	540,0
	K_2 [x 10^3 Nm/rad]	4,7	11,0	18,0	34,0	78,0	140,0	200,0	280,0	440,0
	K_1 [x 10^3 Nm/rad]	3,4	8,1	13,0	25,0	54,0	100,0	150,0	200,0	310,0
i ≥ 80	K_3 [x 10^3 Nm/rad]	7,1	16,0	29,0	57,0	120,0	230,0	330,0	440,0	710,0
	K_2 [x 10^3 Nm/rad]	6,1	14,0	25,0	50,0	110,0	200,0	290,0	400,0	610,0
	K_1 [x 10^3 Nm/rad]	4,7	10,0	16,0	31,0	67,0	130,0	180,0	250,0	400,0

Abtriebslager

• Leistungsdaten

Tabelle 2.3.6

	Symbol [Einheit]	Baugröße 14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Lagertyp[1]		C	C	C	C	C	C	C	C	C
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,0465	0,0590	0,0700	0,0880	0,1140	0,1340	0,1500	0,1710	0,1920
Abstand[2]	R [m]	0,014	0,014	0,016	0,018	0,020	0,026	0,024	0,028	0,029
Dynamische Tragzahl	C [N]	8250	10700	21000	21800	34500	43300	77600	81600	87400
Statische Tragzahl	C_0 [N]	11400	14800	27000	35800	59000	81600	135000	149000	171000
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3,4]	M [Nm]	73	114	172	254	578	886	1253	1558	2222
Zulässiges statisches Kippmoment[4]	M_0 [Nm]	155	276	603	1050	2242	3645	6750	8493	10944
Kippsteifigkeit[5]	K_B [Nm/arcmin]	23	40	70	114	350	522	749	1020	1550
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	2030	2286	4486	5298	9357	10361	20018	20830	22218
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	1360	1532	3006	3550	6269	6942	13412	13956	14886

[1] Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
[2] Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
[3] Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
[4] Die Daten gelten für M: F_a = 0, F_r = 0 I F_r: M = 0, F_r = 0 I F_r: M = 0, F_a = 0
[5] Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (±20 %).

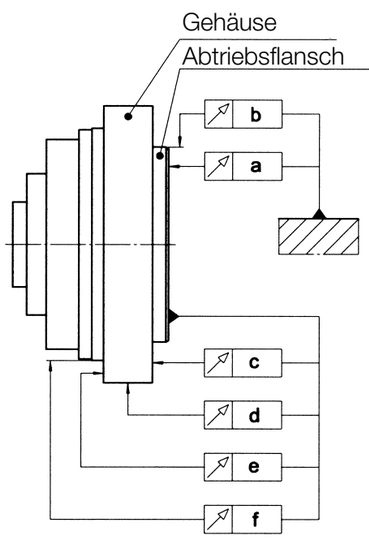
• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Tabelle 2.3.7 **[mm]**

Symbol	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
a	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,012	0,012	0,015	0,015
b	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
c	0,010	0,010	0,010	0,010	0,012	0,012	0,012	0,015	0,015
d	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
e	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
f	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015

Abbildung 2.3.8



Montage

• Verschraubung

Verschraubung an der Abtriebsseite

Tabelle 2.3.9

	[Einheit]	Baugröße								
		14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Anzahl der Schrauben		12	12	12	12	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M4	M4	M5	M6	M8	M10	M10	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	43	52	62	76	96	118	135	152	175
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,3	5,1	5,1	10,0	17,4	42,2	83,0	83,0	83,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	85	188	228	463	847	1964	3621	4086	4688

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Verschraubung an der Gehäuseseite

Tabelle 2.3.10

	[Einheit]	Baugröße								
		14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	68	80	89	105	135	168	190	206	236
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,3	2,3	2,3	5,1	10,0	17,4	42,2	42,2	83,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	89	158	177	378	805	1482	3158	3419	6317

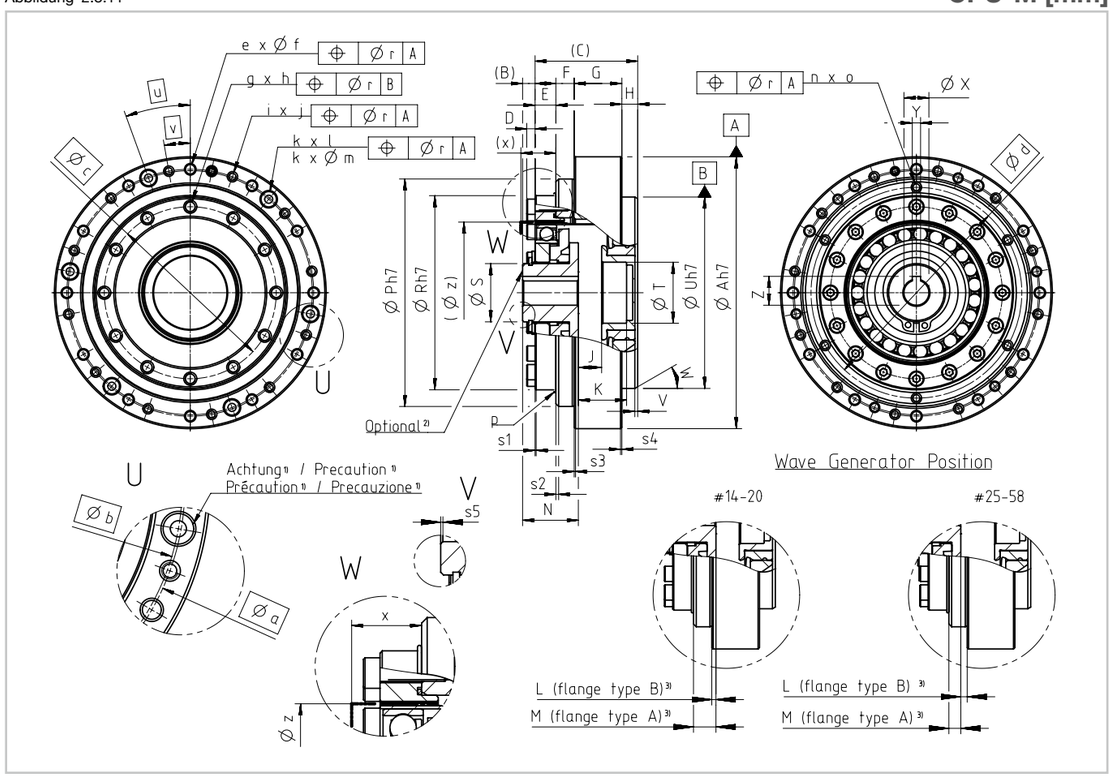
Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Technische Daten CPU-M

• Abmessungen

Abbildung 2.3.11

CPU-M [mm]



1) Senkbohrung nur für Motoradaption, nicht für Last nutzen!
2) Nabe ohne Passfedernut bzw. mit anderem Durchmesser siehe Kapitel „Projektierung“.
3) Erläuterungen s. Abbildung 2.3.24

Tabelle 2.3.12

CPU-M [mm]

Symbol	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
ØA h7	78	88	98	116	148	180	206	222	255
B	5,00	6,00	4,5	3,00	2,00	2,00	1,50	1,05	2,50
C	27,0	31,0	37,0	43,0	54,0	63,5	66,5	77,5	84,0
D	3	3	3	4	5	6	8	8	10
E	6,0	6,5	7,5	10,0	14,0	17,0	19,0	22,0	25,0
F	4,0	6,0	6,6	7,5	9,5	10,0	8,5	12,5	11,0
G	12,0	13,5	17,2	19,0	24,0	29,0	32,0	35,0	41,0
H	5,0	5,0	5,7	6,5	6,5	7,5	7,0	8,0	7,0
J	6,7	8,0	8,4	10,8	14,8	16,5	21,1	22,0	29,8
K	12,2	15,5	17,4	21,8	29,8	33,5	36,1	42,0	47,3
L	2,6 $^{+0,4}_{0}$	1,0 $^{+0,45}_{0}$	1,5 $^{+0,5}_{0}$	0,3 $^{0}_{-0,5}$	3,5 $^{0}_{-0,55}$	1,5 $^{0}_{-0,55}$	1,1 $^{0}_{-0,6}$	3,5 $^{0}_{-0,65}$	3,6 $^{0}_{-0,65}$
M	6,6 $^{+0,4}_{0}$	7,0 $^{+0,45}_{0}$	8,1 $^{+0,5}_{0}$	7,2 $^{+0,5}_{0}$	6,0 $^{+0,55}_{0}$	8,5 $^{+0,55}_{0}$	7,4 $^{+0,6}_{0}$	9,0 $^{+0,65}_{0}$	7,4 $^{+0,65}_{0}$
N	17,6 $^{0}_{-0,1}$	19,5 $^{0}_{-0,1}$	20,1 $^{0}_{-0,1}$	20,2 $^{0}_{-0,1}$	22,0 $^{0}_{-0,1}$	27,5 $^{0}_{-0,1}$	27,9 $^{0}_{-0,1}$	32,0 $^{0}_{-0,1}$	34,9 $^{0}_{-0,1}$
ØP h7	60	72	82	96	125	154	175	190	217
ØR h7	50	60	70	85	110	135	155	170	195
Ø S	14	18	21	26	26	32	32	32	40
Ø T	16	19	22	26	37	42	47	52	72
ØU h7	49	59	69	84	110	132	152	168	193
V	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W [°]	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ØX H7	6	8	9	11	14	14	19	19	22
Y JS9	-	-	3	4	5	5	6	6	6
Z	-	-	10,4 $^{+0,1}_{0}$	12,8 $^{+0,1}_{0}$	16,3 $^{+0,1}_{0}$	16,3 $^{+0,1}_{0}$	21,8 $^{+0,1}_{0}$	21,8 $^{+0,1}_{0}$	24,8 $^{+0,1}_{0}$
Ø a	68	80	89	105	135	168	190	206	236
Ø b	68	78	88	105	135	165	190	206	234
Ø c	43	52	62	76	96	118	135	152	175
Ø d	55,0	66,0	76,0	91,0	118,0	144,0	164,5	180,0	206,0
e	8	12	12	12	12	12	12	12	12
Ø f	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0
g	12	12	12	12	12	12	12	12	12
h	M3 x 6	M4 x 8	M4 x 8	M5 x 10	M6 x 10	M8 x 14	M10 x 14	M10 x 16	M10 x 15
i	8	12	12	12	12	12	12	12	12
j	M3 x 6	M3 x 6	M3 x 6	M4 x 8	M5 x 10	M6 x 12	M8 x 12	M8 x 16	M10 x 16
k	4	6	6	6	6	6	6	6	6
l	Ø 5,5 x 3,0	Ø 5,5 x 3,0	Ø 5,5 x 3,0	Ø 6,5 x 3,4	Ø 8 x 4,4	Ø 10 x 6,0	Ø 11 x 6,8	Ø 11 x 6,4	Ø 15 x 9,0
Ø m	2,9	2,9	2,9	3,4	4,5	5,5	6,6	6,6	9,0
n	6	6	6	6	6	6	8	6	8
o	M2,5 x 5	M3 x 6	M3 x 6	M3 x 6	M4 x 8	M5 x 10	M5 x 10	M6 x 12	M6 x 12
p (o-Ring)	49,9 x 0,80	59,28 x 0,78	69 x 1,00	83 x 1,00	108 x 1,00	133 x 1,50	150 x 1,50	165 x 1,50	193 x 1,50
Ø r	0,25	0,25	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
s1	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °
s2	0,8 x 45 °	0,8 x 45 °	1,0 x 45 °	1,0 x 45 °	1,0 x 45 °	1,0 x 45 °	1,0 x 45 °	1,0 x 45 °	1,0 x 45 °
s3	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °
s4	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °
s5	0,5 x 45 °	0,5 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °	0,4 x 45 °
u [°]	30	20	20	20	20	20	20	20	20
v [°]	15	10	10	8	10	10	10	10	10
Minimaler Gehäuseabstand x	38	45	53	66	86	106	119	133	154
Minimaler Gehäuseabstand Ø z	7,0	7,5	9,0	11,5	15,5	19,0	21,0	24,0	27,5

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Details Wave Generator

Abbildung 2.3.13

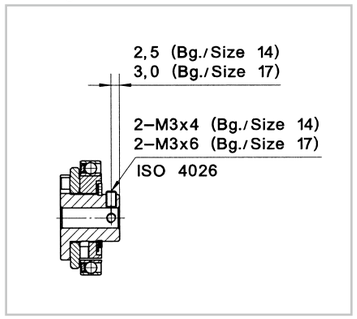
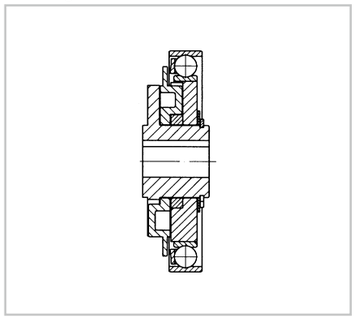
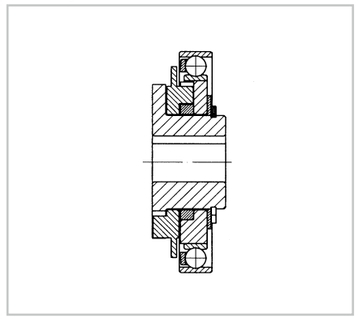


Abbildung 2.3.14



Wave Generator
für CPU-M Baugrößen 20, 25, 32, 45, 58

Abbildung 2.3.15



Wave Generator
für CPU-M Baugrößen 40, 50

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.3.16

[Ncm]

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

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.3.17

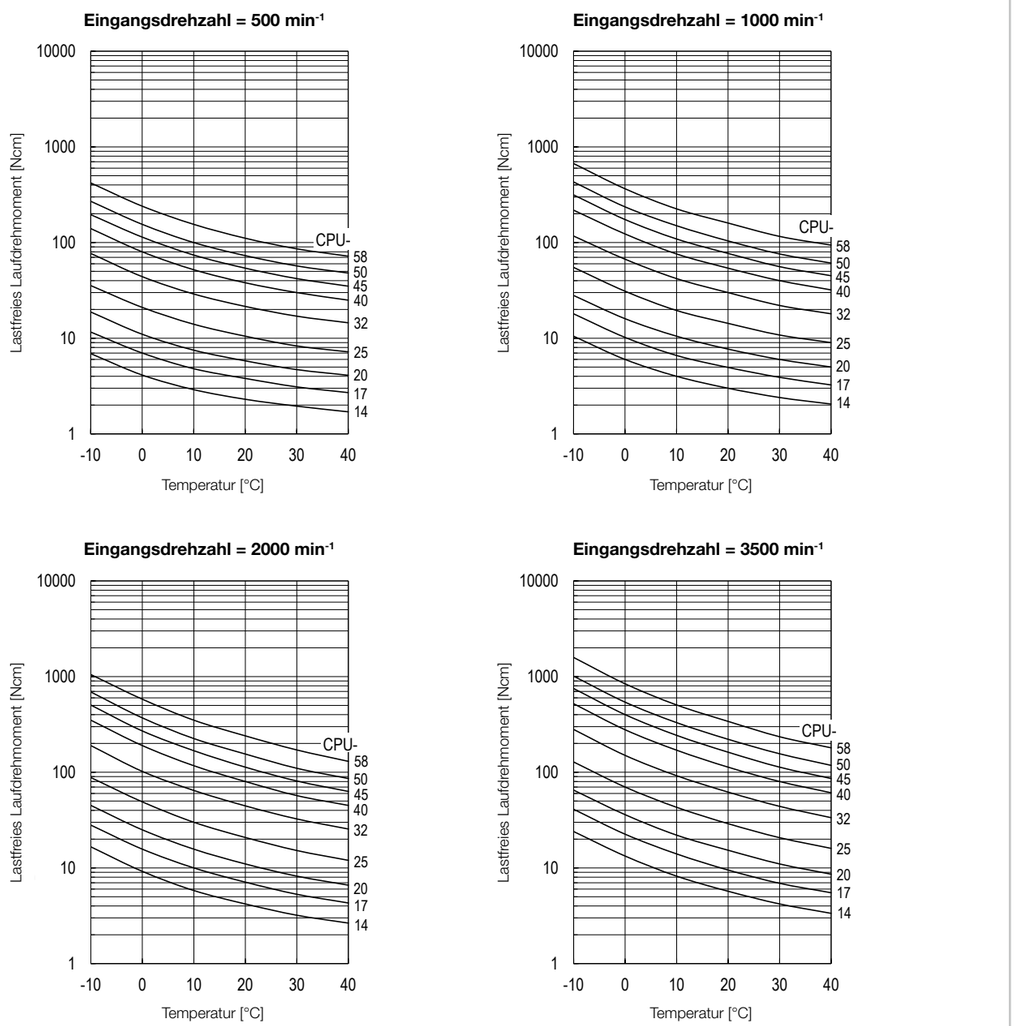
[Nm]

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

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.3.18



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 2.3.19

[Ncm]

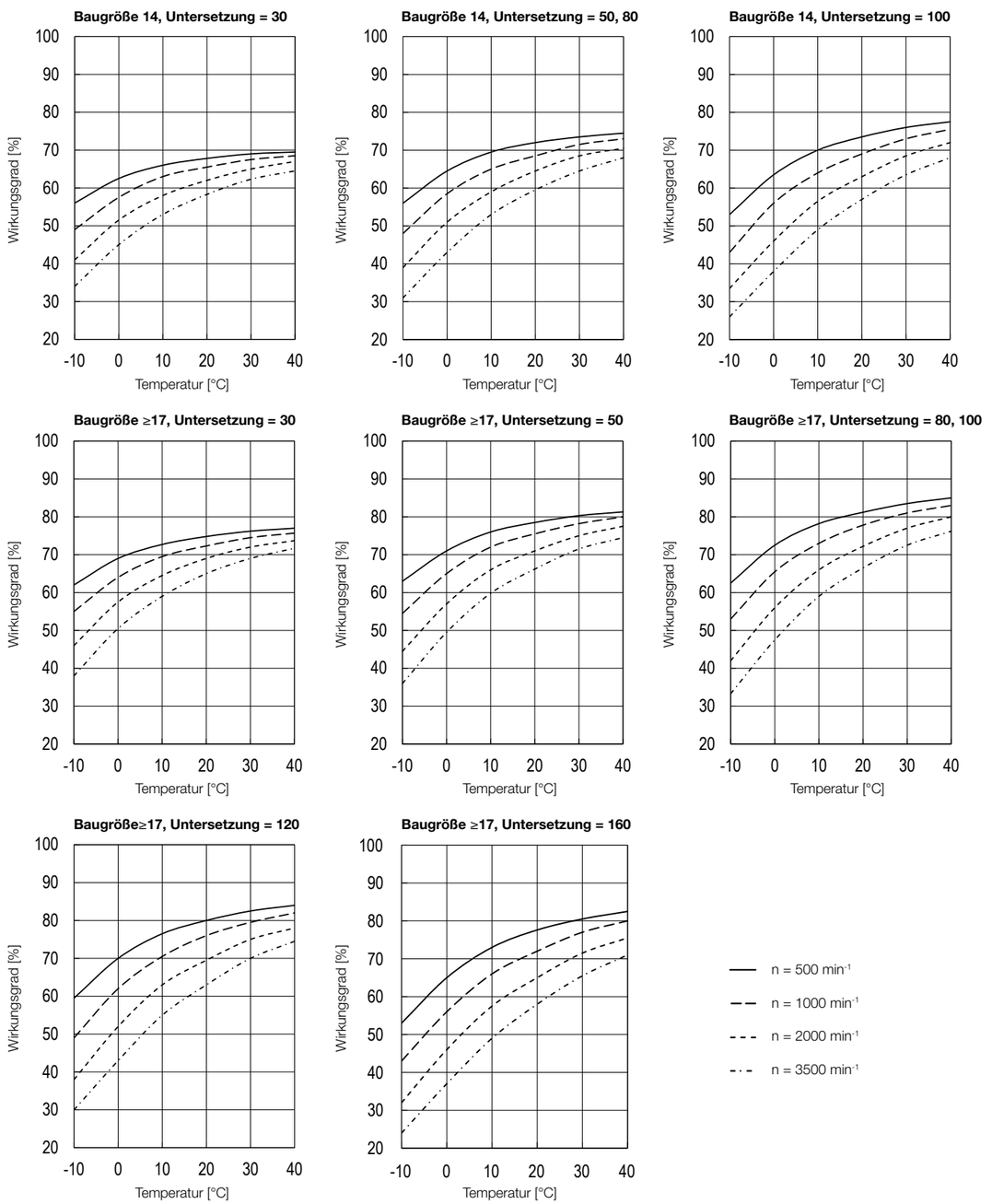
Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	2,5	3,8	5,4	8,8	16,0	-	-	-	-
50	1,1	1,6	2,3	3,8	7,1	12,0	16,0	21,0	30,0
80	0,2	0,3	0,5	0,7	1,3	2,1	2,9	3,7	5,3
120	-	-0,2	-0,3	-0,5	-0,9	-1,5	-2,1	-2,6	-3,8
160	-	-	-0,8	-1,2	-2,2	-3,5	-4,9	-6,2	-8,9

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

Abbildung 2.3.20



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

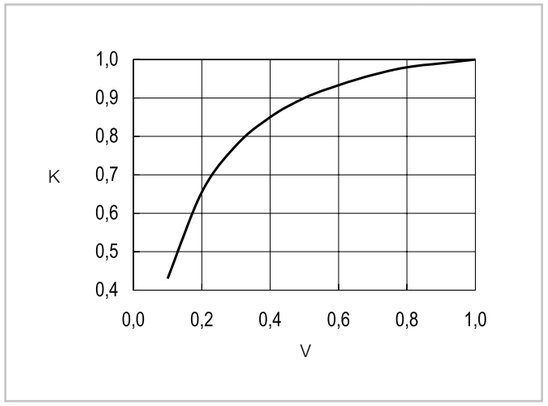
CPU-20A-80-M

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 34 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors $V= T_{av}/T_N = 20/34 = 0,59$ (Für $V > 1$ ist $K = 1$)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.3.21: K = 0,93
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.3.20: $\eta = 78$ %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads $\eta_L = 78\ \% \cdot 0,93 = 73\ \%$

Abbildung 2.3.21

Berechnungsfaktor K



Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen:

Abbildung 2.3.22

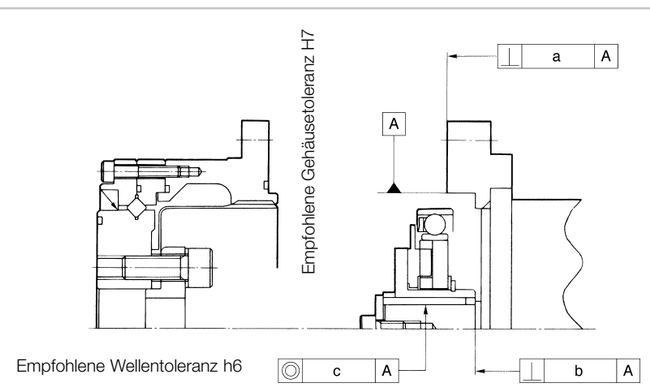


Tabelle 2.3.23 **[mm]**

Symbol	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
a	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031
b	0,017	0,020	0,020	0,024	0,024	0,032	0,032	0,032	0,032
	(0,008)	(0,010)	(0,010)	(0,012)	(0,012)	(0,012)	(0,013)	(0,015)	(0,015)
c	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063	0,065	0,066	0,068
	(0,016)	(0,018)	(0,019)	(0,022)	(0,022)	(0,024)	(0,027)	(0,030)	(0,033)

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.

Adapterflansch

Die Getriebe der Baureihe CPU-M sind als Motoranbaugetriebe konzipiert. Bitte geben Sie bei der Bestellung den zu adaptierenden Motortyp an, damit der Wave Generator passend zu Ihrem Motor gefertigt werden kann. Abhängig von der Baugröße des Motors im Verhältnis zum Getriebe sollte der am besten passende Adapterflansch-Typ gewählt werden, Beispiel siehe Abbildung 2.3.24.

Abbildung 2.3.24

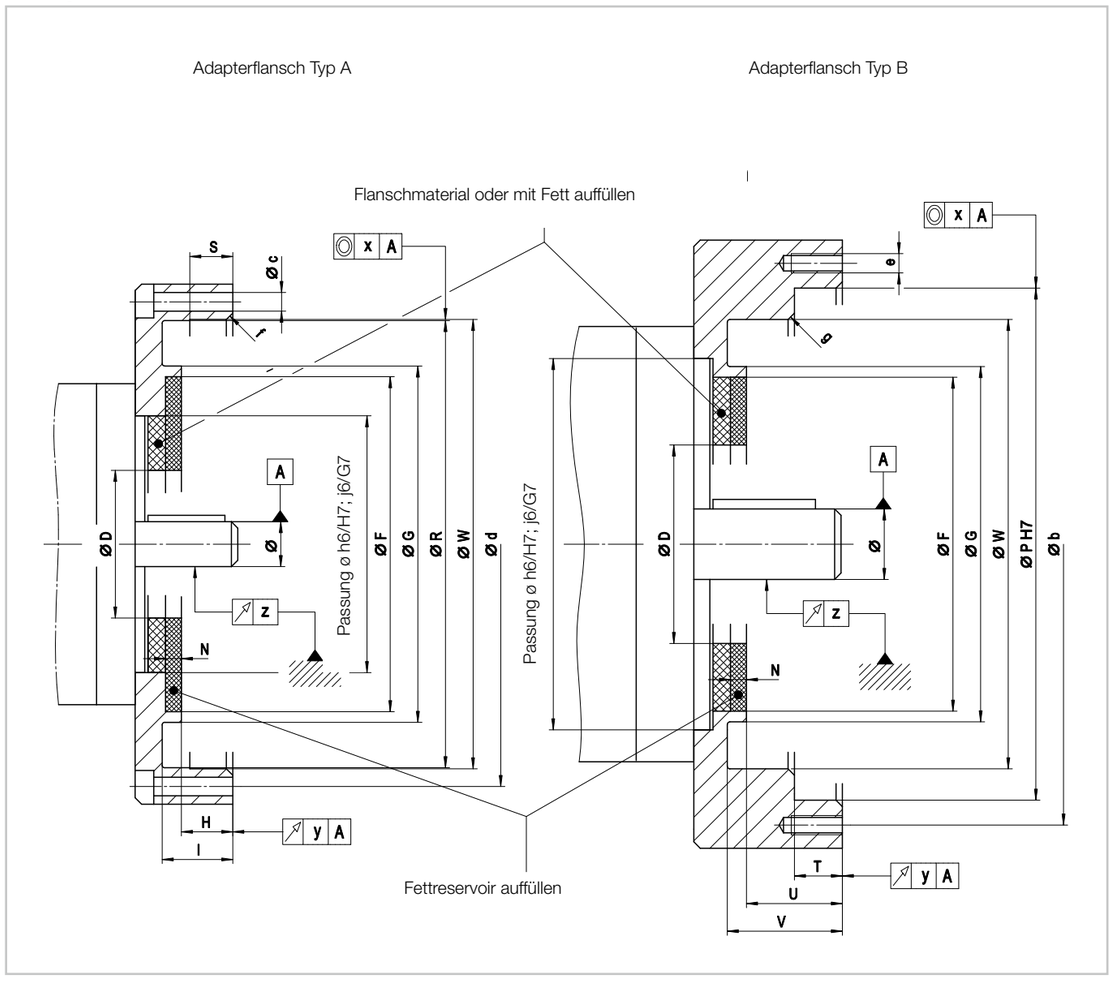


Tabelle 2.3.25

Symbol	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Ø D	16	26	30	37	37	45	45	45	56
Ø F	36,5	47,0	53,0	66,0	86,0	106,0	120,0	131,0	154,0
Ø $G_{-0,1}$	37,5	48,0	55,5	69,0	90,5	110,0	125,0	139,0	160,0
$H^{+0,1}$	6,5	7,0	8,0	10,5	14,5	18,0	20,0	23,0	26,0
$I^{+0,1}$	9,5	10,0	11,0	14,5	19,5	24,0	28,0	31,0	36,0
N	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0
ØP H7	60	72	82	96	125	154	175	190	217
Ø R	$50^{+0,027}$	$60^{+0,034}$	$70^{+0,036}$	$85^{+0,050}$	$110^{+0,055}$	$135^{+0,065}$	$155^{+0,070}$	$170^{+0,075}$	$195^{+0,091}$
S	2,5	3,0	3,0	5,0	6,5	11,0	12,0	16,0	19,0
$T^{+0,1}$	4,3	6,3	6,9	7,8	9,8	10,3	8,8	12,8	11,3
$U^{+0,1}$	10,5	13,0	14,6	18,0	24,0	28,0	28,5	35,5	37,0
$V^{+0,1}$	13,5	16,0	17,6	22,0	29,0	34,0	36,5	43,5	47,0
Ø $W^{+0,1}$	50,4	60,4	70,4	85,4	110,4	135,4	155,4	170,4	195,4
Ø b	68	78	88	105	135	165	190	206	234
Ø c	2,9	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5	5,5	6,6	6,6
Ø d	55	66	76	91	118	144	164,5	180	206
e	M2,5	M2,5	M2,5	M3	M4	M5	M6	M6	M8
$f_{-0,1}$	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	2,0	2,0	2,0	2,0
$g_{-0,1}$	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,7	1,7	1,7	1,7
x	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063	0,065	0,066	0,068
y	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050	0,050	0,050
z	0,030	0,034	0,044	0,047	0,050	0,063	0,065	0,066	0,068
	(0,016)	(0,018)	(0,019)	(0,022)	(0,022)	(0,024)	(0,027)	(0,030)	(0,033)

Alle Tabellenwerte gelten für an den Motor montierte Adapterflansche. Die in Klammern angegebenen Werte sind empfohlene Toleranzen für einen Wave Generator ohne Oldham-Kupplung. Diese Kupplung wird zum Ausgleich von Exzentrizitätsfehlern der Motorwelle eingesetzt und ist im Standardgetriebe eingebaut. Bei einer direkten Verbindung des Wave Generators mit der Motorwelle ohne Oldham-Kupplung (Option) sollten die Motorwellentoleranzen der DIN 42955 R entsprechen.

Montage

Wir empfehlen folgende Montagereihenfolge.

Abbildung 2.3.26 **Adapterflansch Typ A**

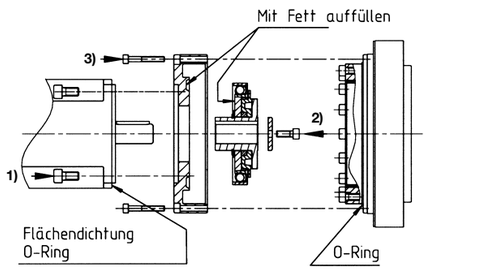


Abbildung 2.3.27 **Adapterflansch Typ B**

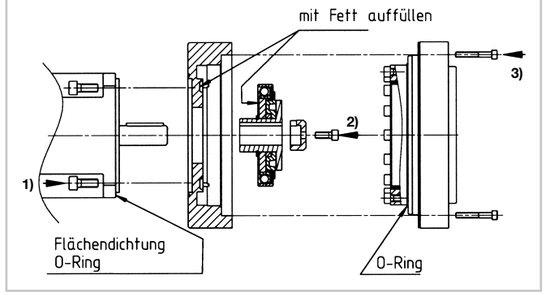


Abbildung 2.3.28

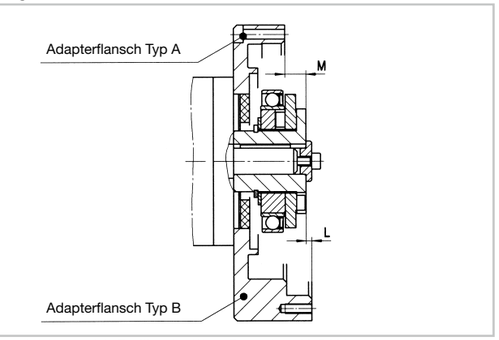
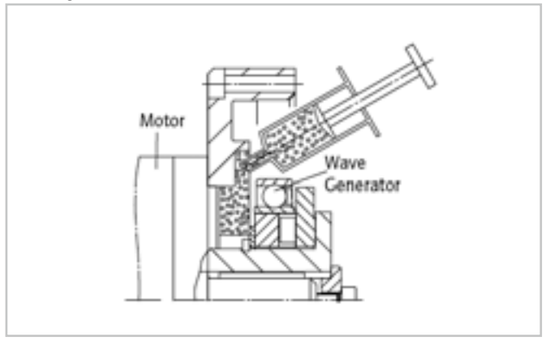


Abbildung 2.3.29



Die vorgeschriebene axiale Position des Wave Generators, Maß M bzw. L gemäß Abbildung 2.3.28, ist in der Kunden-Bestätigungszeichnung vorgegeben.

Fettreservoir

Beim Einsatz des von der Harmonic Drive SE empfohlenen Flanschdesigns kann das Getriebe in allen Betriebspositionen eingesetzt werden. Wir empfehlen bei der Montage eine zusätzliche Fettmenge im Fettreservoir zwischen Wave Generator und Lagerschild des Motors zu platzieren, siehe Abbildung 2.3.29. Diese zusätzliche Fettmenge wird in separater Verpackung mitgeliefert.

Tabelle 2.3.30

	[Einheit]	Baugröße								
		14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Standard-Fettmenge (in Getriebe-Einbausatz bei Anlieferung enthalten)	ca. [g]	5,5	10	16	40	60	130	180	260	360
	ca. [cm^3]	6	11	18	44	66	143	198	286	396
Empfohlene zusätzliche Fettmenge für Fettreservoir (wird in separater Verpackung mitgeliefert)	ca. [g]	2	3	4	6	14	27	54	90	108
	ca. [cm^3]	2	3	4	7	16	30	60	100	120

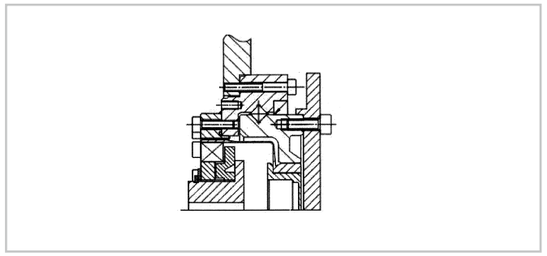
Tabelle 2.3.31

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

Adaptionsbeispiele

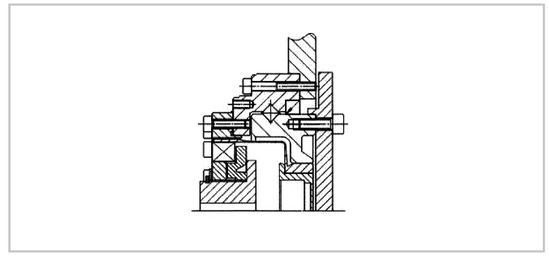
• Gehäuse

Abbildung 2.3.32



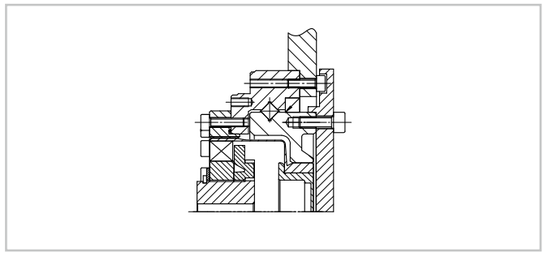
Nutzung der Durchgangsbohrungen

Abbildung 2.3.33



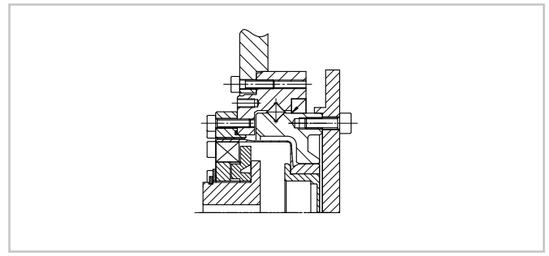
Nutzung der Durchgangsbohrungen

Abbildung 2.3.34



Nutzung der Gewinde

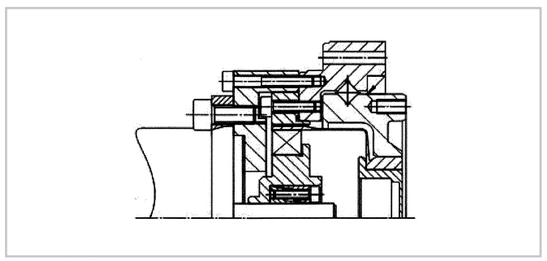
Abbildung 2.3.35



Nutzung der Gewinde

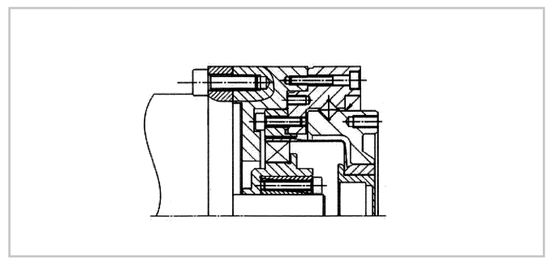
• Motor

Abbildung 2.3.36



Kleiner Motor, Flanschtyp A

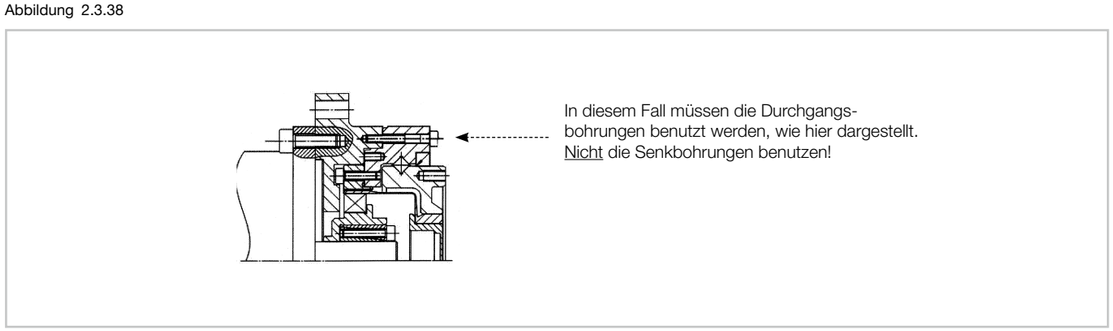
Abbildung 2.3.37



Großer Motor, Flanschtyp B

• Individuelle Adaption für Gehäuse und Motor

Abbildung 2.3.38

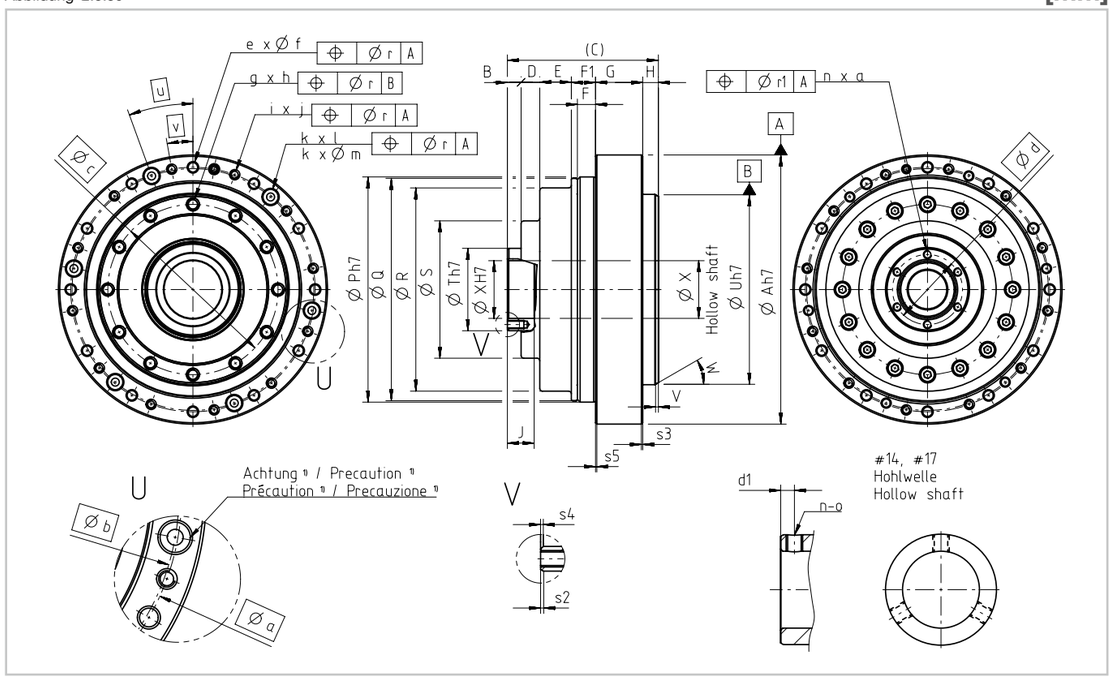


Beliebiger Motor, beliebiger Flanschtyp

Technische Daten CPU-H

• Abmessungen

Abbildung 2.3.39 [mm]



1) Senkbohrung nur für Motoradaption, nicht für Last nutzen!

Tabelle 2.3.40 **CPU-H [mm]**

Symbol	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
ØA h7	78	88	98	116	148	180	206	222	255
B	6,5	6,5	5,0	5,0	7,0	8,0	8,0	9,0	10,0
C	46,0	51,5	55,0	59,0	79,0	90,0	90,6	110,5	115,5
D	7,0	8,5	6,8	3,8	8,8	7,3	2,5	9,3	4,0
E	9,8	9,8	11,5	15,0	20,0	24,5	28,9	32,5	38,3
F	4,0	6,0	6,6	7,5	9,5	10,0	8,5	12,5	11,0
F1	5,7	8,2	8,8	9,7	12,7	13,7	12,2	16,7	15,2
G	12,0	13,5	17,2	19,0	24,0	29,0	32,0	35,0	41,0
H	5,0	5,0	5,7	6,5	6,5	7,5	7,0	8,0	7,0
J	10	10	10	12	10	14	15	15	15
ØP h7	60	72	82	96	125	154	175	190	217
ØQ	59,5	71,5	81,0	95,0	124,0	153,0	174,0	189,0	216,0
ØR	53	64	74	89	116	142	162	180	203
ØS	36	42	50	55	80	95	100	120	135
ØT h7	20	25	30	38	45	59	65	75	84
ØU h7	49	59	69	84	110	132	152	168	193
V	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W [°]	30	30	30	30	30	30	30	30	30
ØX H7	14	19	21	29	36	46	52	60	70
Øa	68	80	89	105	135	168	190	206	236
Øb	68	78	88	105	135	165	190	206	234
Øc	43	52	62	76	96	118	135	152	175
Ød	-	-	25,5	33,5	40,5	52,0	58,0	67,0	77,0
d1	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-
e	8	12	12	12	12	12	12	12	12
Øf	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0
g	12	12	12	12	12	12	12	12	12
h	M3x6	M4x8	M4x8	M5x10	M6x10	M8x14	M10x14	M10x16	M10x15
i	8	12	12	12	12	12	12	12	12
j	M3x6	M3x6	M3x6	M4x8	M5x10	M6x12	M8x12	M8x16	M10x16
k	4	6	6	6	6	6	6	6	6
l	Ø 5,5x3	Ø 5,5x3	Ø 5,5x3	Ø 6,5 x 3,4	Ø 8x4,4	Ø 10x6	Ø 11x6,8	Ø 11x6,4	Ø 15x9
Øm	2,9	2,9	2,9	3,4	4,5	5,5	6,6	6,6	9,0
n	3	3	6	6	6	6	6	6	8
o	M3	M3	M3x6	M3x6	M3x6	M4x8	M4x8	M4x8	M4x8
Ør	0,25	0,25	0,30	0,30	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
Ør1	-	-	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
s2	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°	0,5x30°
s3	0,4x45°	0,4x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°
s4	0,4x45°	0,4x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°
s5	0,4x45°	0,4x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°	0,5x45°
u [°]	30	20	20	20	20	20	20	20	20
v [°]	15	10	10	8	10	10	10	10	10

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.3.41

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	11	30	43	64	112	-	-	-	-
50	8,8	27	36	56	85	136	165	216	297
80	7,5	25	33	50	74	117	138	179	244
100	6,9	24	32	49	72	112	131	171	231
120	-	24	31	48	68	110	126	165	223
160	-	-	31	47	67	105	122	156	213

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.3.42

[Nm]

Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	5,4	17	23	35	57	-	-	-	-
50	5,3	16	22	34	51	82	99	129	178
80	7,2	24	31	48	70	112	133	172	234
100	8,2	29	38	59	86	134	158	205	278
120	-	34	45	69	97	158	182	237	322
160	-	-	59	90	128	201	233	299	408

• Eingangslagerung

Die Hohlwelle der Getriebe CPU-H ist mit zwei Rillenkugellagern gelagert. Abbildung 2.3.44 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tabelle 2.3.43 und Abbildung 2.3.45 dargestellten max. zulässigen Radial- und Axialkräfte. Beispiel: Wenn die Hohlwelle eines Getriebes CPU-58-H mit einer Axialkraft von 900 N vorgespannt ist, beträgt die max. zulässige Radialkraft 1400 N, siehe Abbildung 2.3.45.

Die hier dargestellten Maximalwerte gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lagerlebensdauer von L_{10} = 7500 h.

Tabelle 2.3.43

Baugröße	Symbol [Einheit]	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Abstand	B [mm]	6,5	6,5	5,0	5,0	7,0	8,0	8,0	9,0	10,0
Maximal zulässige Radialkraft	F_r [N]	204	235	271	306	918	1113	1220	1812	2358

Abbildung 2.3.44

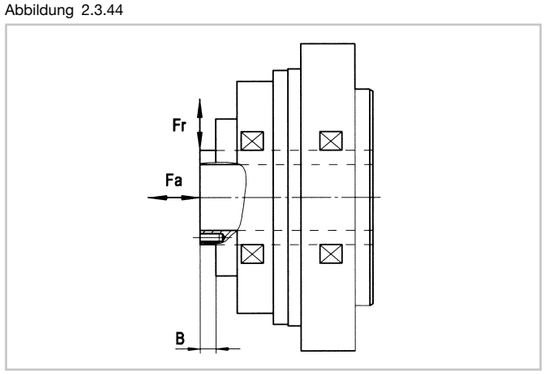
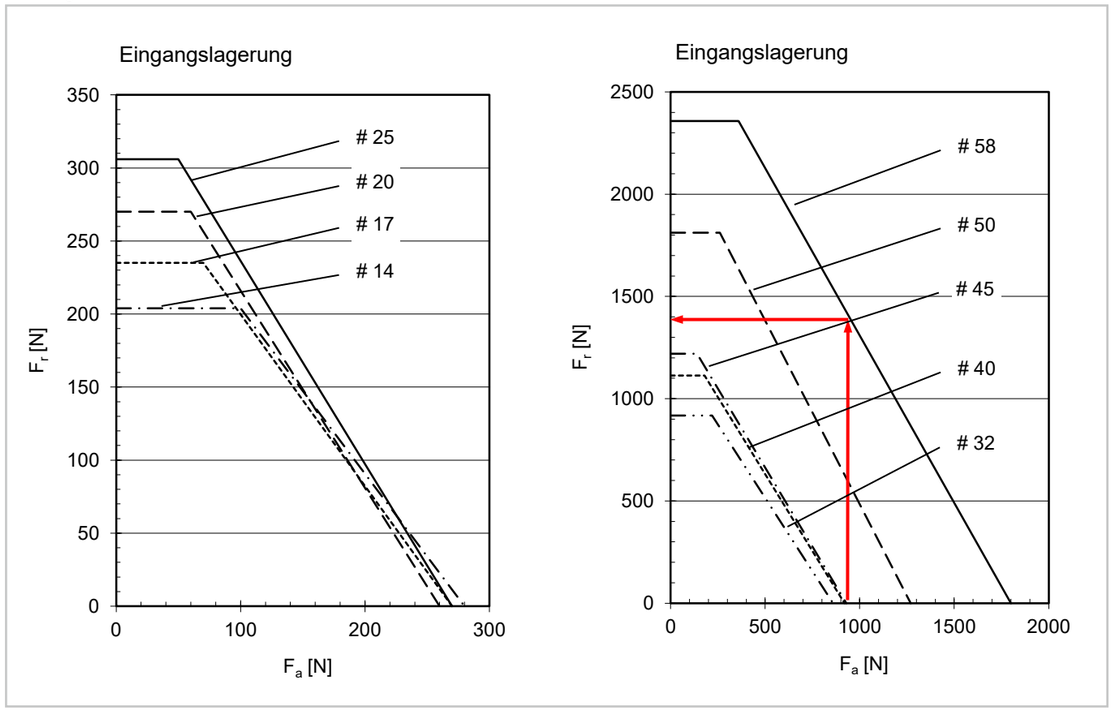
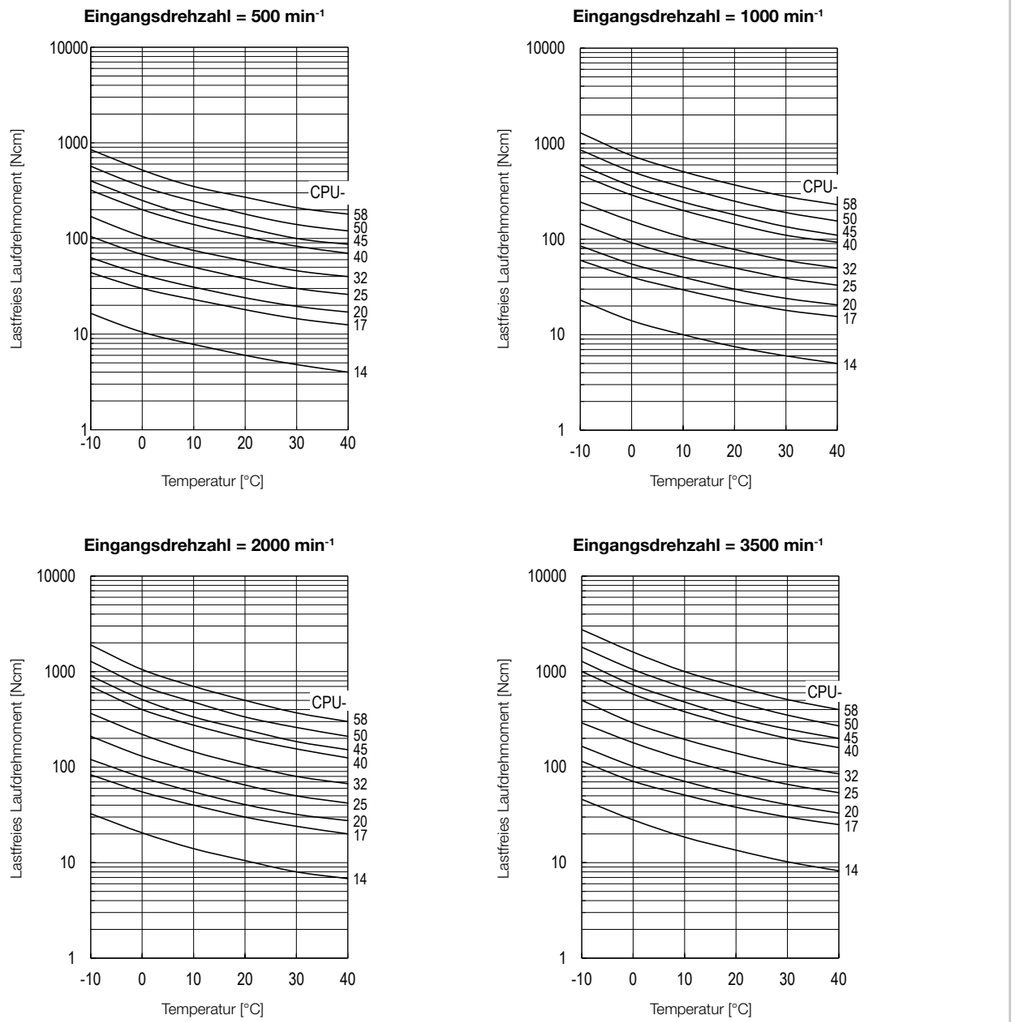


Abbildung 2.3.45



• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.3.46



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 2.3.47 **[Ncm]**

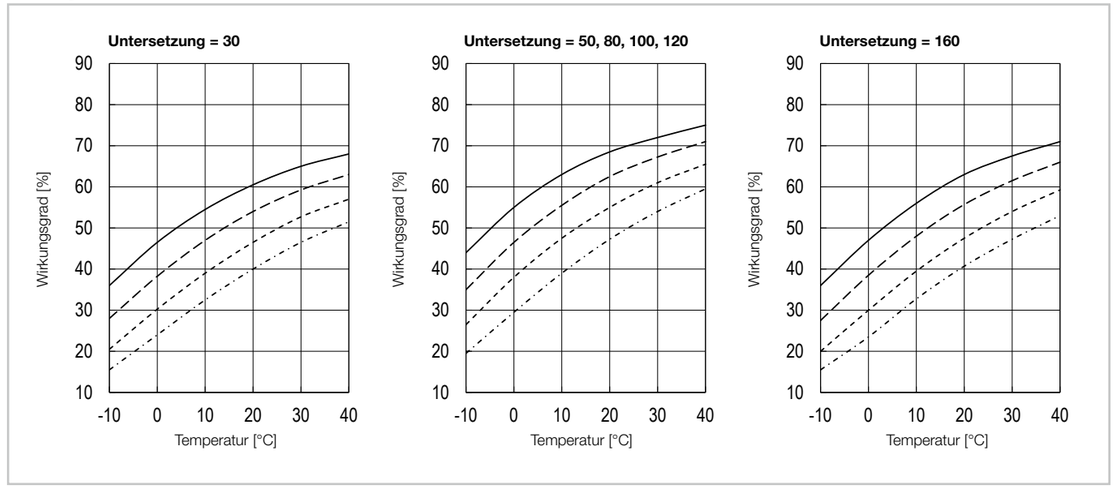
Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	2,6	4,1	5,9	9,6	18,3	-	-	-	-
50	1,1	1,8	2,6	4,2	8,0	13,3	18,2	23,9	34,6
80	0,2	0,4	0,5	0,8	1,5	2,4	2,3	4,3	6,2
120	-	-0,2	-0,4	-0,6	-1,1	-1,7	-2,4	-3,1	-4,4
160	-	-	-0,8	-1,3	-2,5	-4,0	-5,5	-7,2	-10,3

• Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

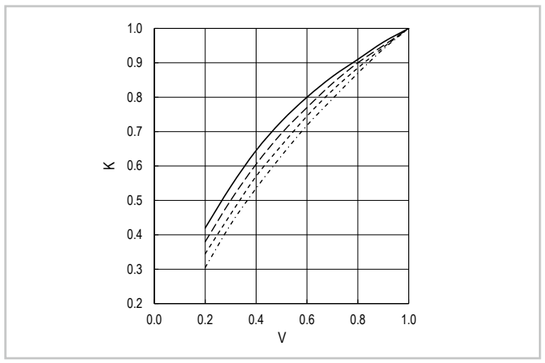
Abbildung 2.3.48



Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt. Bei Getrieben mit gelagerter und gedichteter Eingangswelle wird die zusätzliche Reduzierung des Wirkungsgrads durch den Korrekturwert η_e berücksichtigt.

Abbildung 2.3.49 **Berechnungsfaktor K**



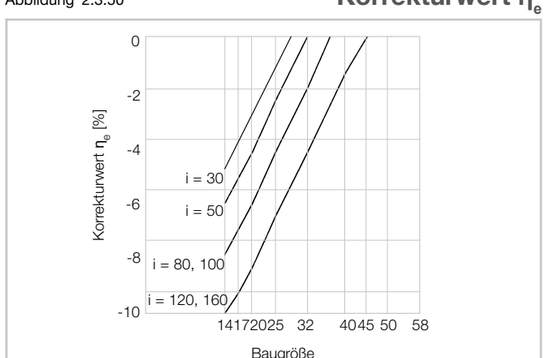
Berechnungsbeispiel:

Produkt: CPU-25A-100-H

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 60 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 67 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A
- Schmiermitteltemperatur: 20 °C

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 60/67 = 0,9$. (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.3.49 K = 0,95
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.3.48: η = 62 %
4. Ablesen des Wirkungsgrad-Korrekturwerts aus Diagramm Abbildung 2.3.50: η_e= -4,5 %
5. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = K \cdot (\eta + \eta_e) = 0,95 \cdot (62\ \% - 4,5\ \%) = 55\ \%$

Abbildung 2.3.50 **Korrekturwert η_e**

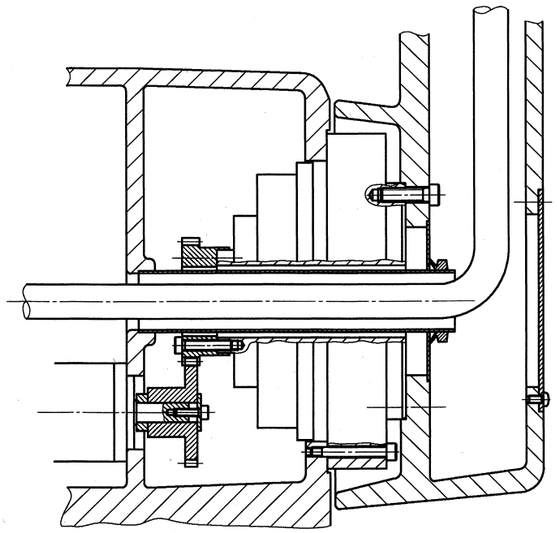


• Kontinuierlicher Betrieb

Die Reibung der eingangsseitigen Radialwellendichtungen kann bei den Hohlwellengetrieben während des Betriebes zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung führen. Daher gilt für diese Produkte eine reduzierte „Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl". Für den kontinuierlichen Betrieb bei Nenndrehzahl sollten die in Tabelle 2.3.52 genannten max. Betriebszeiten nicht überschritten werden.

Alternativ kann eine Konstruktion gemäß Abbildung 2.3.51 eingesetzt werden. Bei diesem Einsatzbeispiel wurden die eingangsseitigen (schnelllaufenden) Radialwellendichtungen entfernt. Einschränkungen bei der Einschaltdauer bestehen bei dieser Konstruktion nicht. Die Entfernung einer oder beider eingangsseitigen Radialwellendichtungen sollte nur dann vorgenommen werden, wenn Fett- bzw. Grundölaustritt erlaubt ist oder wenn dies durch die Einbaulage ausgeschlossen wird.

Abbildung 2.3.51



• Maximal zulässige Betriebszeit bei kontinuierlichem Betrieb

Tabelle 2.3.52 **[min]**

Betriebszeit	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
bei Betrieb ohne Last	90	90	90	60	45	40	35	30	20
bei Nenndrehmoment	60	60	60	45	35	30	25	20	15

Die in Tabelle 2.3.52 genannten Daten gelten für:
- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Eingangsdrehzahl: 2000 min^{-1}
- Max. Schmierstofftemperatur: 80 °C
- Befestigung des Getriebes an einer Platte mit folgenden Abmessungen:
  Plattenhöhe: 330 mm
  Plattendicke: 15 mm für Baugröße ≤ 32
  30 mm für Baugröße ≥ 40
- Plattenmaterial: Stahl
- Ein zusätzlicher Abtriebsflansch ist nicht montiert.

• Montage der Eingangswelle CPU-H

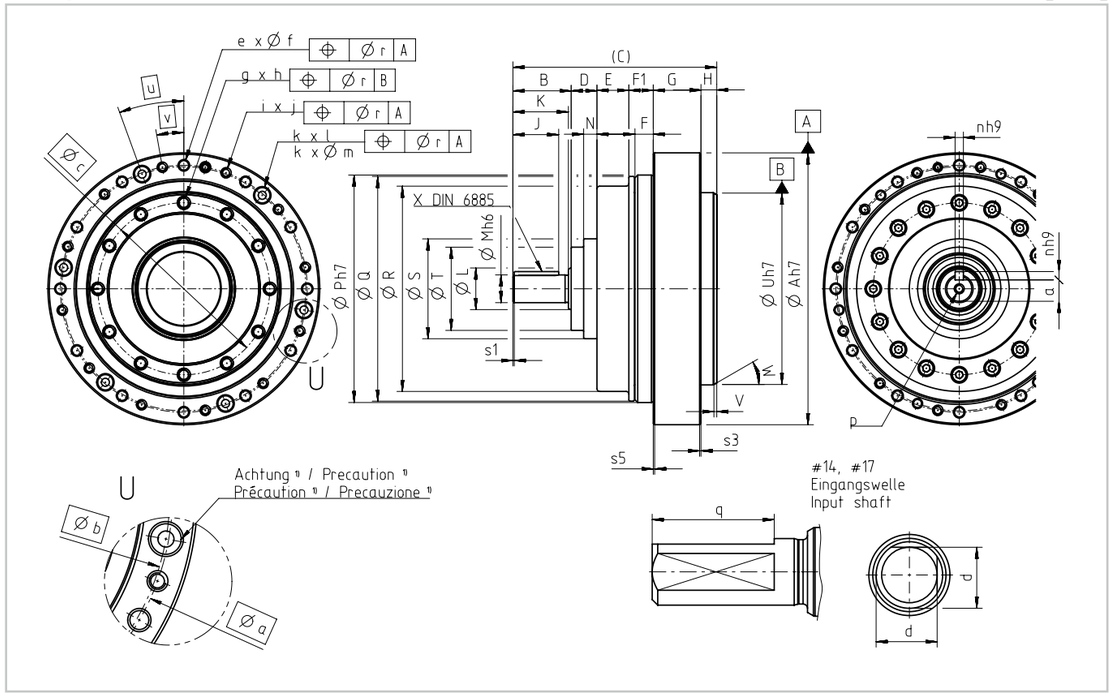
Tabelle 2.3.53

Baugröße	[Einheit]	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Anzahl der Schrauben		3	3	6	6	6	6	6	6	8
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M3	M4	M4	M4	M4
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	3	3	3	3	3	5,1	5,1	5,1	5,1

Technische Daten CPU-S

• Abmessungen

Abbildung 2.3.54 [mm]



1) Senkbohrung nur für Motoradaption, nicht für Last nutzen!

Tabelle 2.3.55 **CPU-S [mm]**

Baugröße	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
ØA h7	78	88	98	116	148	180	206	222	255
B	15	17	21	26	26	31	31	36	37
C	55,0	61,5	73,5	86,5	100,5	117,5	124,0	138,5	150,0
D	7,5	8,0	9,3	10,3	11,3	11,8	12,9	10,3	11,5
E	9,8	9,8	11,5	15,0	20,0	24,5	28,9	32,5	38,3
F	4,0	6,0	6,6	7,5	9,5	10,0	8,5	12,5	11,0
F1	5,7	8,2	8,8	9,7	12,7	13,7	12,2	16,7	15,2
G	12,0	13,5	17,2	19,0	24,0	29,0	32,0	35,0	41,0
H	5,0	5,0	5,7	6,5	6,5	7,5	7,0	8,0	7,0
J	-	-	16,5	22,5	22,5	27,5	28,5	33,0	33,0
K	14	16	20	25	25	30	30	35	35
ØL	8	10	15	17	20	30	30	35	40
ØM h6	6	8	10	14	14	16	19	22	22
N	5,5	4,5	4,8	6,1	7,3	4,3	7,9	7,3	7,5
ØP h7	60	72	82	96	125	154	175	190	217
ØQ	59,5	71,5	81,0	95,0	124,0	153,0	174,0	189,0	216,0
ØR	53	64	74	89	116	142	162	180	203
ØS	24	28	36	42	52	65	72	86	92
ØT	20	22	30	34	43	57	60	70	68
ØU h7	49	59	69	84	110	132	152	168	193
V	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W [°]	30	30	30	30	30	30	30	30	30
X DIN 6885	-	-	A 3x3x16	A 5x5x22	A 5x5x22	A 5x5x25	A 6x6x28	A 6x6x32	A6x6x32
Øa	68	80	89	105	135	168	190	206	236
Øb	68	78	88	105	135	165	190	206	234
Øc	43	52	62	76	96	118	135	152	175
d	5,5	7,5	-	-	-	-	-	-	-
e	8	12	12	12	12	12	12	12	12
Øf	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5	6,6	9,0	9,0	11,0
g	12	12	12	12	12	12	12	12	12
h	M3x6	M4x8	M4x8	M5x10	M6x10	M8x14	M10x14	M10x16	M10x15
i	8	12	12	12	12	12	12	12	12
j	M3x6	M3x6	M3x6	M4x8	M5x10	M6x12	M8x12	M8x16	M10x16
k	4	6	6	6	6	6	6	6	6
l	Ø5,5x3	Ø5,5x3	Ø5,5x3	Ø6,5x3,4	Ø8x4,4	Ø10x6	Ø11x6,8	Ø11x6,4	Ø15x9,0
Øm	2,9	2,9	2,9	3,4	4,5	5,5	6,6	6,6	9
n h9	-	-	3	5	5	5	6	6	6
o	-	-	$8{,}2\ ^{0}_{-0{,}1}$	$11\ ^{0}_{-0{,}1}$	$11\ ^{0}_{-0{,}1}$	$13\ ^{0}_{-0{,}1}$	$15{,}5\ ^{0}_{-0{,}1}$	$18{,}5\ ^{0}_{-0{,}1}$	$18{,}5\ ^{0}_{-0{,}1}$
p	-	-	M3x6	M5x10	M5x10	M5x10	M6x12	M6x12	M6x12
q	11	12	-	-	-	-	-	-	-
Ør	0,25	0,25	0,30	0,30	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
s1	0,5x45 °	0,50x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °
s3	0,4x45 °	0,40x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °
s5	0,4x45 °	0,40x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °	0,5x45 °
u [°]	30	20	20	20	20	20	20	20	20
v [°]	15	10	10	8	10	10	10	10	10

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.3.56 **[Ncm]**

Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	6,8	11,0	19,0	26,0	63,0	-	-	-	-
50	5,7	9,7	14,0	22,0	41,0	72,0	94,0	125,0	178,0
80	4,4	7,2	11,0	15,0	29,0	52,0	68,0	88,0	125,0
100	3,7	6,5	9,9	14,0	27,0	47,0	60,0	80,0	113,0
120	-	6,2	9,3	13,0	24,0	44,0	55,0	74,0	105,0
160	-	-	8,6	12,0	23,0	39,0	50,0	66,0	94,0

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.3.57 **[Nm]**

Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	3,5	5,9	10,0	16,0	31,0	-	-	-	-
50	3,4	5,8	8,4	13,0	25,0	43,0	56,0	75,0	107,0
80	4,2	6,9	10,0	15,0	28,0	50,0	65,0	85,0	120,0
100	4,5	7,8	12,0	17,0	33,0	56,0	72,0	96,0	135,0
120	-	8,9	13,0	19,0	34,0	63,0	79,0	106,0	151,0
160	-	-	17,0	23,0	43,0	75,0	96,0	126,0	181,0

• Eingangslagerung

Die Eingangswelle der Getriebe CPU-S ist mit zwei Rillenkugellagern gelagert. Abbildung 2.3.59 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tabelle 2.3.58 und Abbildung 2.3.60 dargestellten max. zulässigen Radial- und Axialkräfte. Beispiel: Wenn die Eingangswelle eines Getriebes CPU-58-S mit einer Axialkraft von 900 N vorgespannt ist, beträgt die max. zulässige Radialkraft 1400 N, siehe Abbildung 2.3.60.

Die hier dargestellten Maximalwerte gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lagerlebensdauer von L_{10} = 7500 h.

Tabelle 2.3.58

	Symbol [Einheit]	Baugröße								
		14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
Abstand	B [mm]	7	8	10	12,5	12,5	15	15	17,5	17,5
Maximal zulässige Radialkraft	F_r [N]	118	145	232	342	567	825	1264	1745	2027

Abbildung 2.3.59

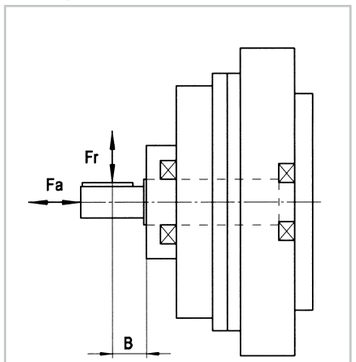
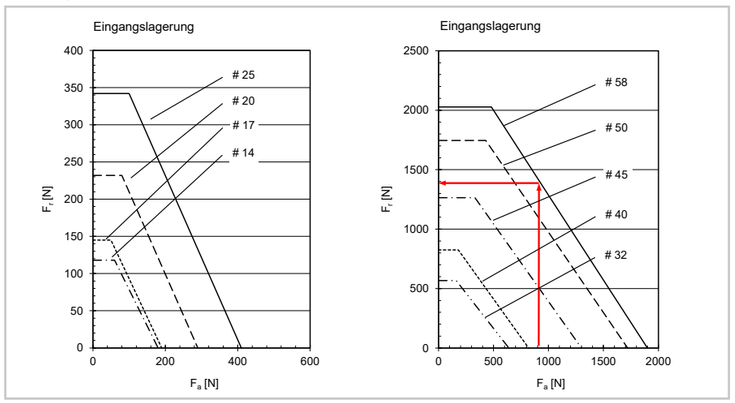
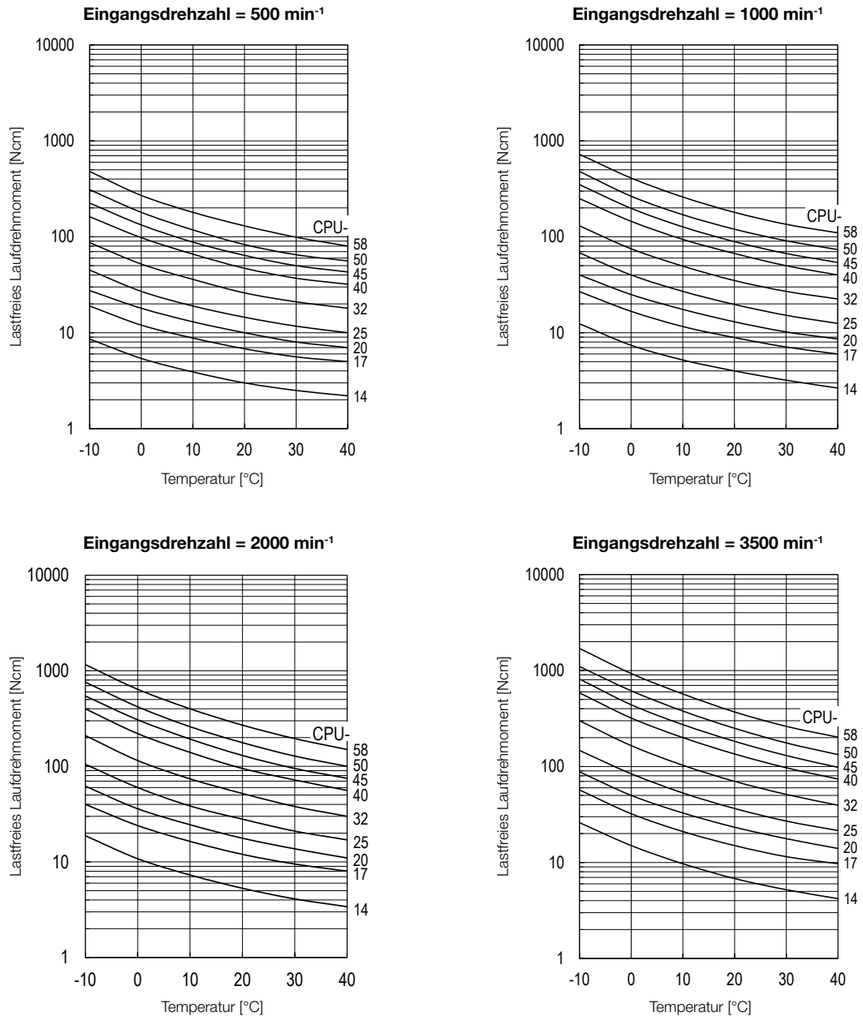


Abbildung 2.3.60



• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.3.61



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 2.3.62 **[Ncm]**

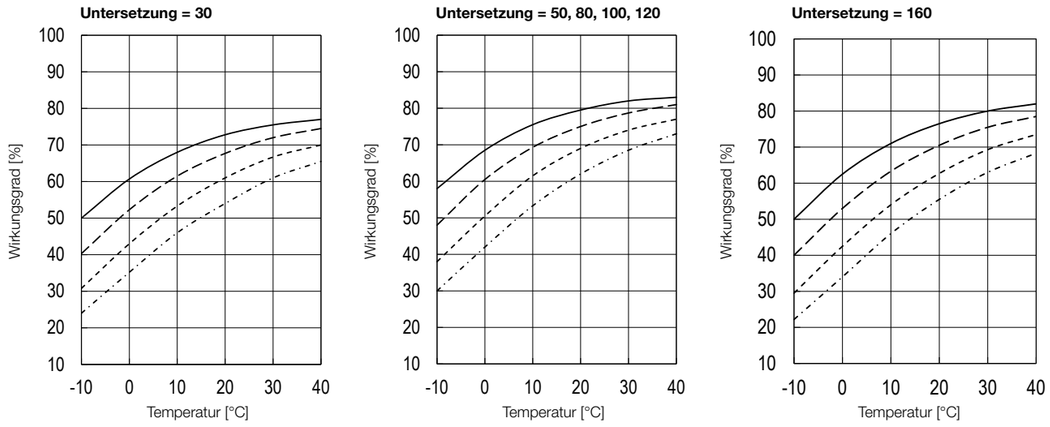
Untersetzung	Baugröße								
	14A	17A	20A	25A	32A	40A	45A	50A	58A
30	2,6	4,1	5,9	9,6	18,3	-	-	-	-
50	1,1	1,8	2,6	4,2	8,0	13,3	18,2	23,9	34,6
80	0,2	0,4	0,5	0,8	1,5	2,4	3,3	4,3	6,2
120	-	-0,2	-0,4	-0,6	-1,1	-1,7	-2,4	-3,1	-4,4
160	-	-	-0,8	-1,3	-2,5	-4,0	-5,5	-7,2	-10,3

• Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

Abbildung 2.3.63



Wirkungsgradberechnung

Die Wirkungsgradberechnung der Getriebe CPU-S erfolgt nach dem gleichen Schema wie bei den Getrieben CPU-H.

Abbildung 2.3.64

Berechnungsfaktor K

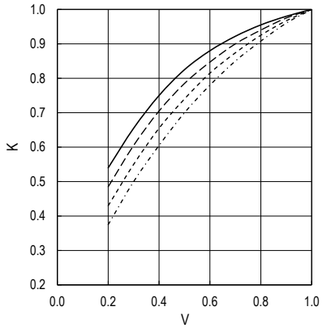
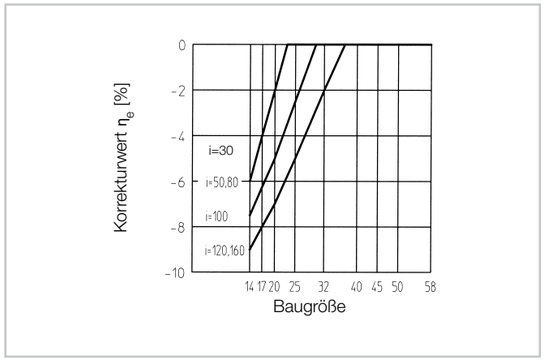


Abbildung 2.3.65

Korrekturwert η_e



• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Abtriebslager: Stahl korrosionsgeschützt
Circular Spline: Grauguss
Wave Generator: Stahl
Adapterflansch, falls von der Harmonic Drive SE geliefert: Hochfestes Aluminium oder Stahl
Gehäuseflansch: Stahl korrosionsgeschützt
Schrauben: Gegen Korrosion beschichtet
Hohlwelle: Stahl
Eingangswelle: Nicht rostender Stahl

Andere Materialien auf Anfrage.

Schmierung

• Fettschmierung

Die Getriebe mit Abtriebslager CPU-M/H/S werden vollständig gefettet geliefert. Sie sind werkseitig mit einer Lebensdauerfettschmierung versehen. Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 2.3.66 genannten Schmierfette. Das Abtriebslager ist mit Harmonic Drive® Schmierfett 4BNo.2 gefettet.

Tabelle 2.3.66

Untersetzung	Harmonic Drive® Schmierfett	14A	17A	20A ... 58A
30 ... 160	Flexolub®-A1	O	O	O
	SK-1A	-	-	Δ
	SK-2	Δ	Δ	-
	4BNo.2	Δ	Δ	Δ

O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

• Ölschmierung

Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager mit Ölschmierung sind kundenspezifische Sonderanfertigungen. Schmierung und Nachschmierung werden individuell festgelegt. Nähere Informationen finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Kompaktes und leichtes Präzisionsgetriebe

Die Getriebe der Baureihe CSD-2UH/2UF bestehen aus einem kurzbauenden CSD Getriebe-Einbausatz sowie einem kippsteifen, beschichteten Abtriebslager. Sie zeichnen sich durch eine kurze Bauform, geringstes Gewicht sowie exzellenten Korrosionsschutz aus.

Merkmale

- Kürzeste Bauform
- Geringstes Gewicht
- Integriertes kippsteifes Abtriebslager
- Optional mit Hohlwelle
- Direkter Motoranbau möglich

CSD-2UH
Getriebe für den direkten Motoranbau mit kleinem Außendurchmesser

CSD-2UF
Kurzbauendes Hohlwellengetriebe mit integriertem Abtriebslager mit höchster Tragfähigkeit

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.4.1

Bestellbezeichnung	CSD	-	25	-	100	-	2UH	-	SP
Baureihe									
Baugröße/Produktgeneration (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14 17 20 25 32 40 50						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					50 80 100 120 160				
Version Getriebe für direkten Motoranbau mit kleinen Außendurchmesser Kurzbauendes Hohlwellengetriebe mit integriertem Abtriebslager							2UH 2UF		
Kundenspezifische Ausführung Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (= Feld bleibt leer)									SP [ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.4.2

CSD-2UH

Baugröße		14	17	20	25	32	40	50
Untersetzung	50	●	●	●	●	●	●	●
	80	●	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●	●

Tabelle 2.4.3

CSD-2UF

Baugröße		14	17	20	25	32	40
Untersetzung	50	●	●	●	●	●	●
	80	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.4.4

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl	Massenträgheitsmoment	Gewicht	
									[kg]	
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	[min^{-1}]	[min^{-1}]	[kgm^2]	2UH	2UF
14	50	12,0	4,8	3,7	24,0	8500	3500	0,021x10^{-4}	0,35	0,50
	80	16,0	7,7	5,4	35,0					
	100	19,0	7,7	5,4	35,0					
17	50	23	18	11	48	7300	3500	0,054x10^{-4}	0,46	0,66
	80	29	19	15	61					
	100	37	27	16	71					
	120	37	27	16	71					
20	50	39	24	17	69	6500	3500	0,090x10^{-4}	0,65	0,94
	80	51	33	24	89					
	100	57	34	28	95					
	120	60	34	28	95					
	160	64	34	28	95					
25	50	69	38	27	127	5600	3500	0,282x10^{-4}	1,20	1,70
	80	96	60	44	179					
	100	110	75	47	184					
	120	117	75	47	204					
	160	123	75	47	204					
32	50	151	75	53	268	4800	3500	1,090x10^{-4}	2,40	3,30
	80	213	117	83	398					
	100	233	151	96	420					
	120	247	151	96	445					
	160	261	151	96	445					
40	50	281	137	96	480	4000	3000	2,850x10^{-4}	3,60	5,70
	80	364	198	144	686					
	100	398	260	185	700					
	120	432	315	205	765					
	160	453	316	206	765					
50[1)]	50	500	247	172	1000	3500	2500	8,610x10^{-4}	6,90	-
	80	659	363	260	1300					
	100	686	466	329	1440					
	120	756	569	370	1565					
	160	823	590	370	1715					

[1)] Nur verfügbar für Version CSD-2UH

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Abbildung 2.4.5 **CSD-2UH**

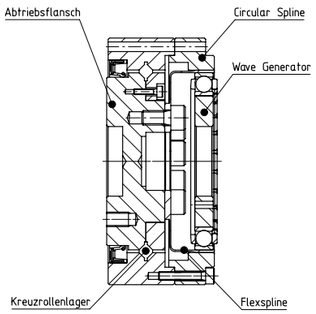
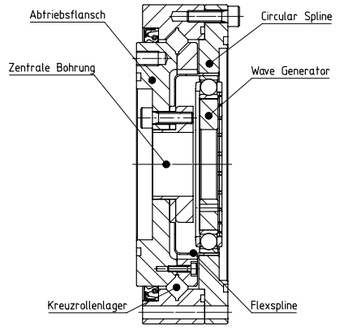


Abbildung 2.4.6 **CSD-2UF**



• Abmessungen

Abbildung 2.4.7 **CSD-2UH [mm]**

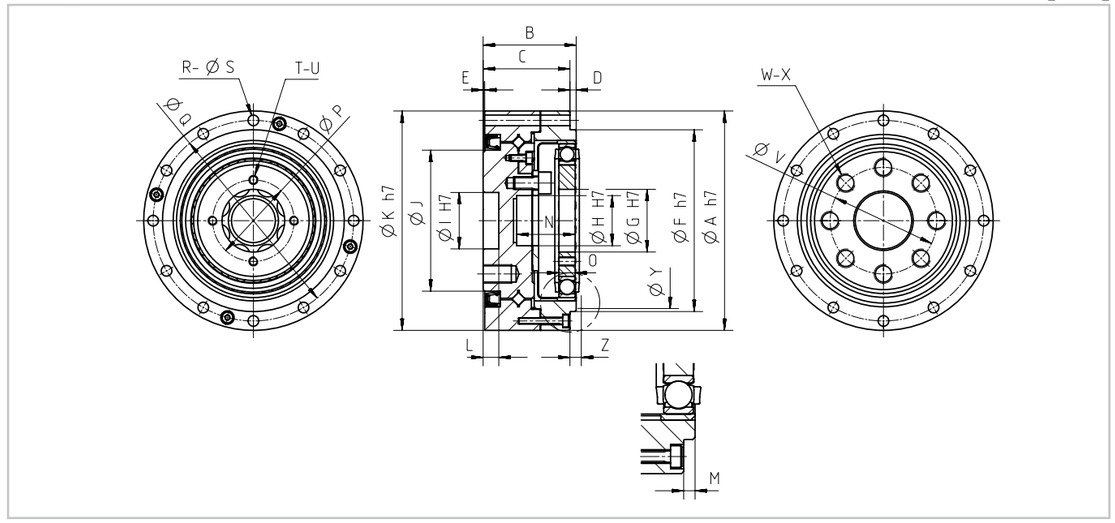


Tabelle 2.4.8 **CSD-2UH [mm]**

Baugröße	14	17	20	25	32	40	50
ØA h7	55	62	70	85	112	126	157
B	25,0	26,5	29,7	37,1	43,0	51,7	62,5
C	23,0	24,5	27,7	34,1	40,0	47,7	58,5
D	2	2	2	3	3	4	4
E	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
ØF h7	42,5	49,5	58,0	73,0	96,0	108,5	136,0
ØG H7	11	15	20	24	32	40	50
ØH H7	11	11	16	20	30	32	44
ØI H7	12	14	18	24	32	36	48
ØJ	31	38	45	58	78	90	112
ØK h7	55	62	70	85	112	126	157
L	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	7,0
M	1,7 $^{0}_{-0,2}$	1,7 $^{0}_{-0,2}$	1,7 $^{0}_{-0,2}$	2,6 $^{0}_{-0,2}$	2,5 $^{0}_{-0,2}$	3,4 $^{0}_{-0,2}$	3,2 $^{0}_{-0,2}$
N	14,8	16,3	18,8	23,7	30,6	36,5	44,3
O	4,0 $^{0}_{-0,1}$	5,0 $^{0}_{-0,1}$	5,2 $^{0}_{-0,1}$	6,3 $^{0}_{-0,1}$	8,6 $^{0}_{-0,1}$	10,3 $^{0}_{-0,1}$	12,7 $^{0}_{-0,1}$
ØP (PCD)	17	21	26	30	40	50	60
ØQ (PCD)	49,0	56,0	64,0	79,0	104,0	117,5	147,0
R	6	10	12	18	18	18	22
ØS	3,4	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5	6,6
T	4	4	4	4	4	4	4
U	M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
ØV (PCD)	25	27	34	42	57	72	88
W	10	8	8	8	10	10	10
X	M3x7	M5x8	M6x9	M8x12	M8x12	M10x15	M12x18
ØY	38	45	53	66	86	106	133
Z	3,0	3,0	3,5	4,5	5,0	6,5	7,5

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.4.9

CSD-2UF [mm]

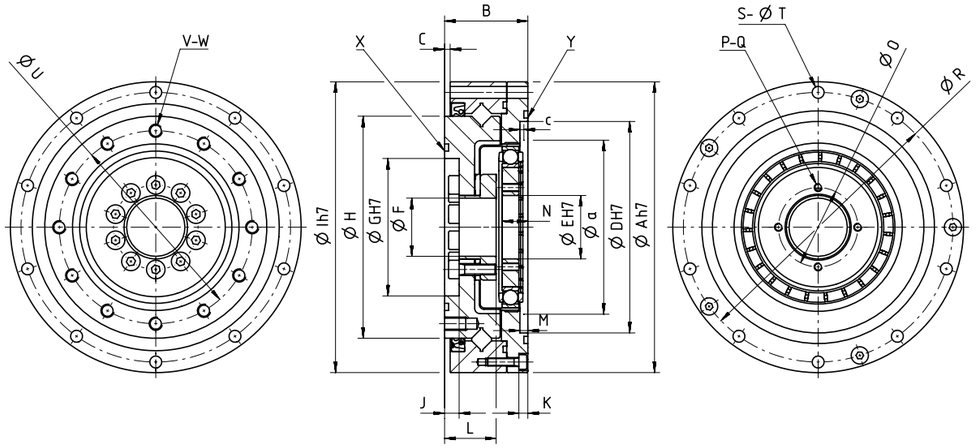


Tabelle 2.4.10

CSD-2UF [mm]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
ØA h7	70	80	90	110	142	170
B	22,0	22,7	26,8	31,5	37,0	45,0
C	0,5	0,5	2,3	2,1	2,8	6,5
ØD H7	48	56	64	80	106	132
ØE H7	11	15	20	24	32	40
ØF	9	9	18	22	29	37
ØG H7	30	34	40	52	70	80
ØH	49	59	69	84	110	132
ØI h7	70	80	90	110	142	170
J	4,9	5,4	4,8	5,5	6,0	7,0
K	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0
L	12,9	13,4	16,8	19,5	22,0	27,0
M	$2{,}8\ ^{+0{,}2}_{0}$	$2{,}8\ ^{+0{,}2}_{0}$	$2{,}8\ ^{+0{,}2}_{0}$	$3{,}4\ ^{+0{,}2}_{0}$	$3{,}5\ ^{+0{,}2}_{0}$	$3{,}6\ ^{+0{,}2}_{0}$
N	$4{,}0\ ^{0}_{-0{,}1}$	$5{,}0\ ^{0}_{-0{,}1}$	$5{,}2\ ^{0}_{-0{,}1}$	$6{,}3\ ^{0}_{-0{,}1}$	$8{,}6\ ^{0}_{-0{,}1}$	$10{,}3\ ^{0}_{-0{,}1}$
ØO (PCD)	17	21	26	30	40	50
P	4	4	4	4	4	4
Q	M3	M3	M3	M3	M4	M5
ØR (PCD)	64	74	84	102	132	158
S	6	8	8	10	10	10
ØT	3,4	3,4	3,4	4,5	5,5	6,6
ØU (PCD)	42	50	60	73	96	116
V	8	10	8	8	8	12
W	M3x5	M3x6	M4x8	M5x8	M6x10	M6x10
X	34,5x0,8	38,0x1,2	S48	S60	S80	S100
Y	49,0x1,5	59,4x1,2	S70	S85	S115	S140
Øa	38	45	53	66	86	106
c	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.4.11

[arcmin]

Baugröße	14		17		20 ... 50	
Untersetzung	50	>50	50	>50	50	>50
Übertragungsgenauigkeit	<1,5		<1,5		<1,0	
Hystereseverlust	<2,5	<2,0	<2,0	<1,0	<2,0	<1,0

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.4.12

	Symbol [Einheit]	Baugröße 14	17	20	25	32	40	50
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	2,0	3,9	7,0	14,0	29,0	54,0	108,0
	T_2 [Nm]	6,9	12,0	25,0	48,0	108,0	196,0	382,0
i = 50	K_3 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,47	1,20	2,00	3,70	8,40	15,00	30,00
	K_2 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,37	0,88	1,30	2,70	6,10	11,00	21,00
	K_1 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,29	0,67	1,10	2,00	4,70	8,80	17,00
i > 50	K_3 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,61	1,30	2,50	4,70	11,00	20,00	37,00
	K_2 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,44	0,94	1,70	3,70	7,80	14,00	29,00
	K_1 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,40	0,84	1,30	2,70	6,10	11,00	21,00

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.4.13

CSD-2UH [Ncm]

Untersetzung	Baugröße 14	17	20	25	32	40	50
50	4,4	6,7	8,9	16,0	32,0	55,0	102,0
80	3,2	4,4	5,7	10,0	22,0	36,0	68,0
100	2,8	3,8	5,1	9,1	20,0	32,0	60,0
120	-	3,6	4,5	8,2	17,0	29,0	56,0
160	-	-	3,9	7,2	15,0	26,0	47,0

Tabelle 2.4.14

CSD-2UF [Ncm]

Untersetzung	Baugröße 14	17	20	25	32	40
50	5,3	7,5	9,7	17,0	34,0	58,0
80	3,8	4,9	6,2	11,0	23,0	37,0
100	3,2	4,2	5,5	9,6	21,0	33,0
120	-	4,0	4,8	8,6	18,0	30,0
160	-	-	4,1	7,4	16,0	27,0

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.4.15

CSD-2UH [Nm]

Untersetzung	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
50	2,9	4,3	5,2	9,5	19,0	33,0	61,0
80	2,9	4,1	5,7	10,0	21,0	35,0	66,0
100	3,5	4,6	6,0	11,0	23,0	38,0	71,0
120	-	5,1	6,4	12,0	24,0	41,0	78,0
160	-	-	7,4	13,0	30,0	48,0	89,0

Tabelle 2.4.16

CSD-2UF [Nm]

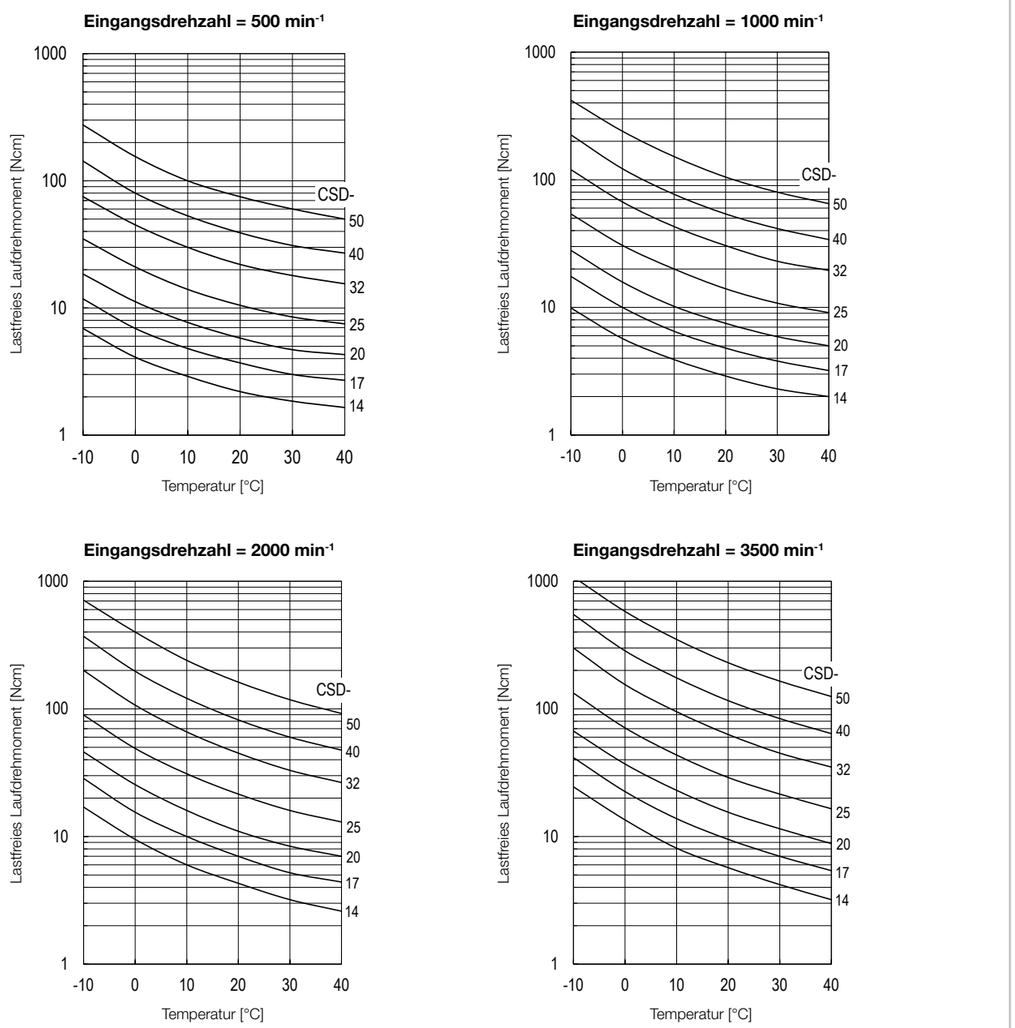
Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	3,3	4,7	5,6	10,0	20,0	34,0
80	3,3	4,5	6,1	10,0	22,0	36,0
100	3,9	5,0	6,4	11,0	24,0	39,0
120	-	5,6	6,8	12,0	25,0	42,0
160	-	-	7,8	14,0	31,0	49,0

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.4.17

CSD-2UH



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

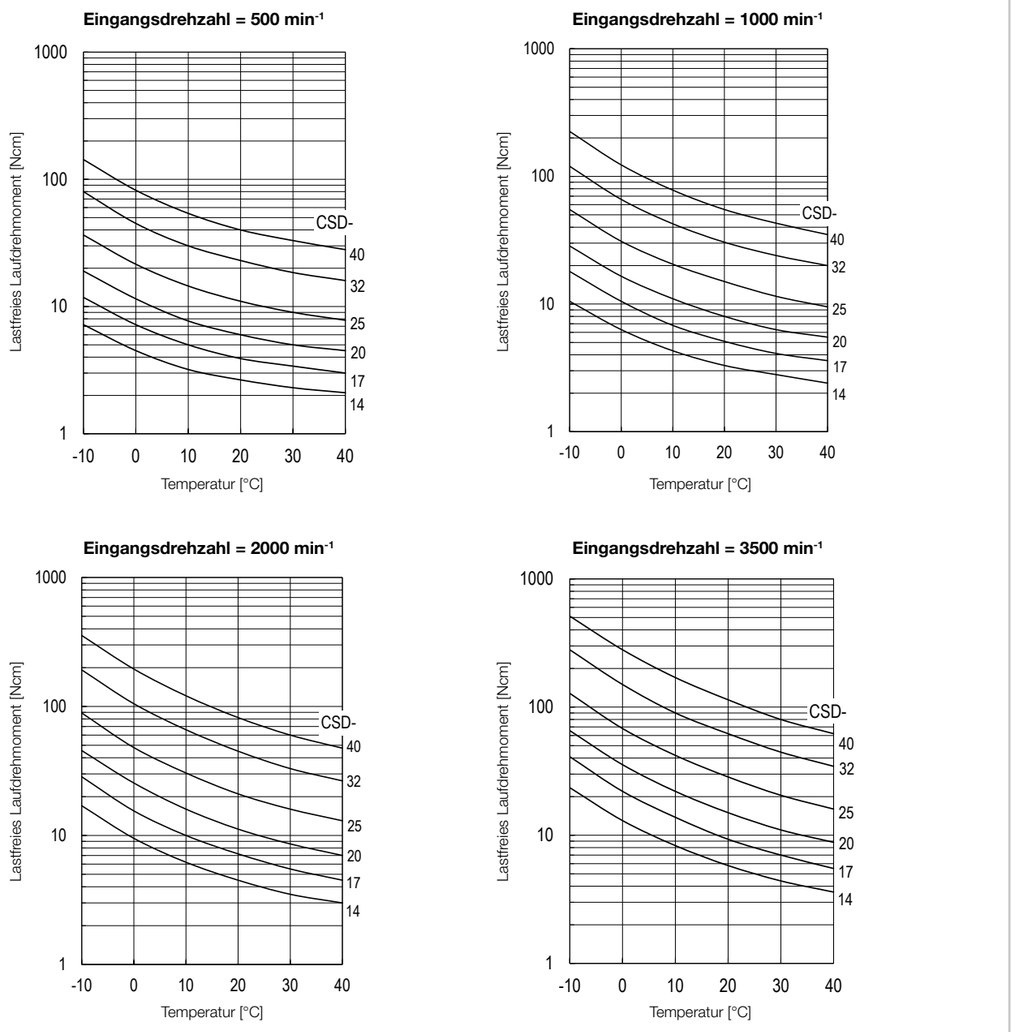
Tabelle 2.4.18

[Ncm]

Baugröße	2UH				2UF			
	50	80	120	160	50	80	120	160
14	0,93	0,20	-	-	1,40	0,30	-	-
17	1,50	0,30	-0,20	-	1,80	0,40	-0,30	-
20	2,30	0,40	-0,30	-0,70	2,60	0,50	-0,40	-0,84
25	3,80	0,70	-0,50	-1,20	4,30	0,80	-0,60	-1,30
32	7,30	1,30	-0,90	-2,20	8,20	1,50	-1,10	-2,50
40	12,00	2,10	-1,50	-3,60	14,00	2,50	-1,80	-4,20
50	22,00	3,80	-2,70	-6,40	-	-	-	-

Abbildung 2.4.19

CSD-2UF



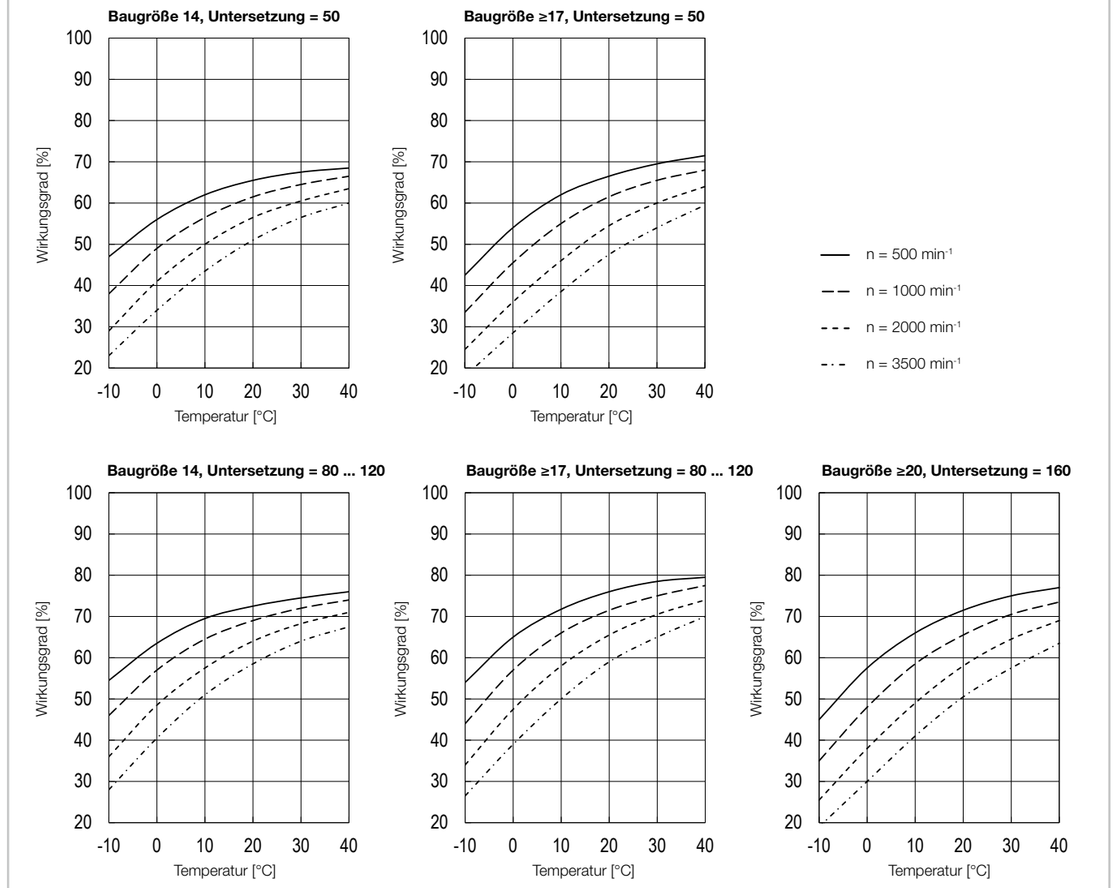
- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

Abbildung 2.4.20

CSD-2UH



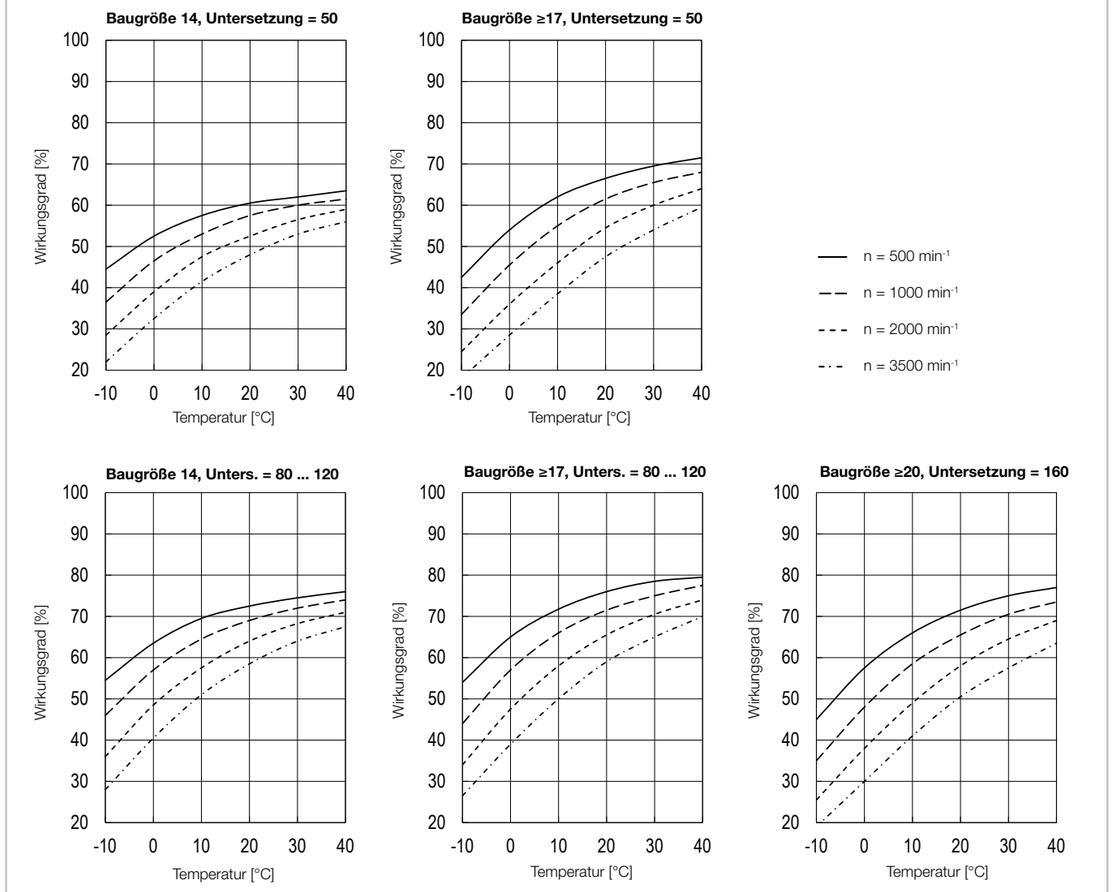
Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

Abbildung 2.4.21

CSD-2UF



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

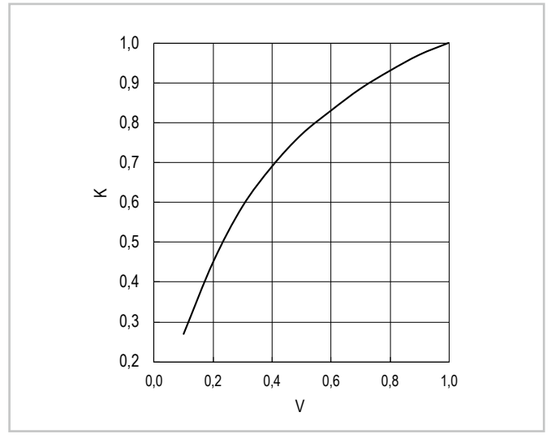
Produkt: CSD-20-80-2UH

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 24 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/24 = 0,83$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.4.22: K = 0,93
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.4.20: η = 72 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 72\ \% \cdot 0,93 = 67\ \%$

Abbildung 2.4.22

Berechnungsfaktor K



Korrekturwert für Wirkungsgrad

Beim Einsatz eingangsseitiger Stützlager und Radialwellendichtungen sind die folgenden Korrekturwerte für den Wirkungsgrad zu berücksichtigen.

Tabelle 2.4.23

CSD-2UH [%]

Baugröße	Untersetzung				
	50	80	100	120	160
14	0	3,1	0	-	-
17	3,0	2,3	0,4	-2,2	-
20	2,4	2,3	1,8	-0,7	1,3
25	-0,3	1,8	-0,1	-2,7	-0,7
32	-1,4	-0,1	-0,8	-3,4	-1,6
40	-1,4	-0,9	0	-0,9	1,0
50	-2,4	-1,9	-1,2	-1,9	0

Tabelle 2.4.24

CSD-2UF [%]

Baugröße	Untersetzung				
	50	80	100	120	160
14	0	2,9	0	-	-
17	1,9	1,6	-0,2	-2,8	-
20	1,8	1,9	1,5	-0,9	1,1
25	-0,1	1,6	-0,3	-2,8	-0,8
32	-1,9	-0,3	-0,9	-3,5	-1,6
40	-1,7	-1,0	-0,1	-6,7	1,0

Abtriebslager

Die Getriebe CSD-2UH und CSD-2UF sind mit einem hochbelastbaren Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgestattet.

• Leistungsdaten

Tabelle 2.4.25

	Symbol [Einheit]	Baugröße													
		14		17		20		25		32		40		50	
Version		2UH	2UF	2UH	2UF	2UH	2UF	2UH	2UF	2UH	2UF	2UH	2UF	2UH	-
Lagertyp[1]		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,0350	0,0500	0,0425	0,0600	0,0500	0,0700	0,0620	0,0850	0,0800	0,1110	0,0960	0,1330	0,1190	-
Abstand[2]	R [m]	0,0095	0,0118	0,0099	0,0123	0,0102	0,0128	0,0130	0,0140	0,0144	0,0168	0,0151	0,0215	0,0192	-
Dynamische Tragzahl	C [N]	4700	5780	5290	10400	5780	14600	9600	21800	15000	38200	21300	43300	34800	-
Statische Tragzahl	C_0 [N]	6070	9000	7550	16300	9000	22000	15100	35800	25000	65400	36500	81600	60200	-
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3,4]	M [Nm]	41	91	64	124	91	187	156	258	313	580	450	849	759	-
Kippsteifigkeit[5]	K_B [Nm/arcmin]	13	37	23	45	37	73	70	114	157	291	265	521	497	-
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	1010	1240	1130	2220	1240	3120	2050	4660	3210	8170	4560	9260	7440	-
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	674	828	758	1490	828	2090	1380	3120	2150	5470	3050	6200	4990	-

1) Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
2) Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: $M = 0$, $F_r = 0$ I F_r: $M = 0$, $F_a = 0$
5) Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Abbildung 2.4.26 **CSD-2UH**

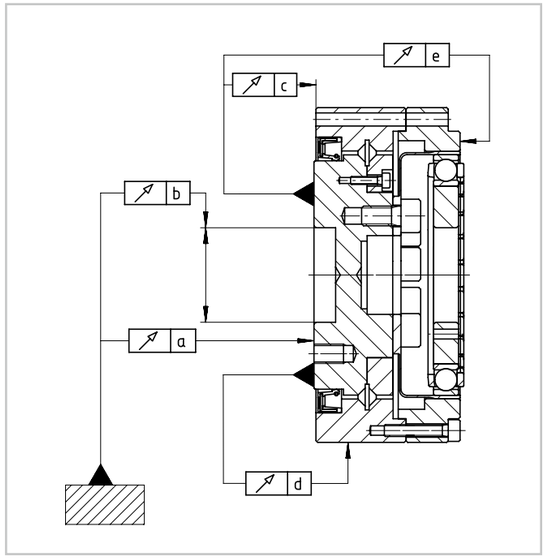


Abbildung 2.4.27 **CSD-2UF**

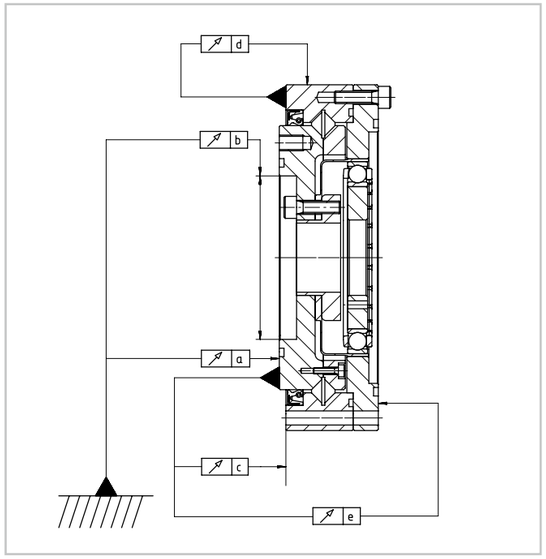


Tabelle 2.4.28 **CSD-2UH [mm]**

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

Tabelle 2.4.29 **CSD-2UF [mm]**

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

Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen der Anschlusskomponenten:

Abbildung 2.4.30

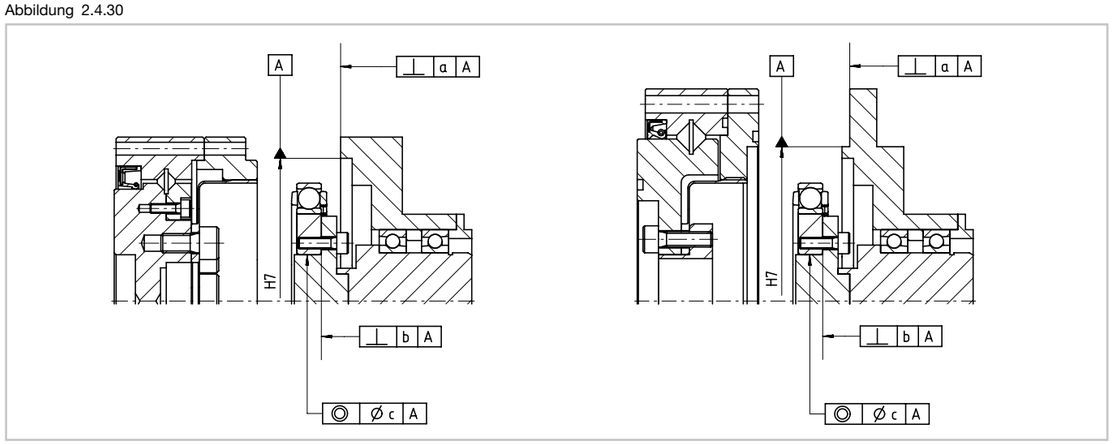


Tabelle 2.4.31

CSD-2UH [mm]

Symbol	Empfohlene Toleranz Welle/Bohrung der Anschlusskomponenten	Baugröße						
		14	17	20	25	32	40	50
a		0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,028
b		0,008	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012	0,015
Øc	h6	0,016	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024	0,030

Tabelle 2.4.32

CSD-2UF [mm]

Symbol	Empfohlene Toleranz Welle/Bohrung der Anschlusskomponenten	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
a		0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026
b		0,008	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012
Øc	h6	0,016	0,018	0,019	0,22	0,022	0,024

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Montage

Abbildung 2.4.33

CSD-2UH

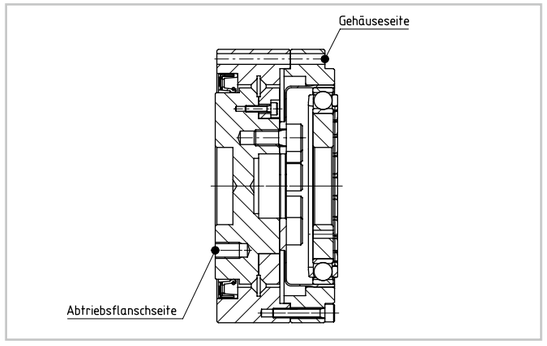
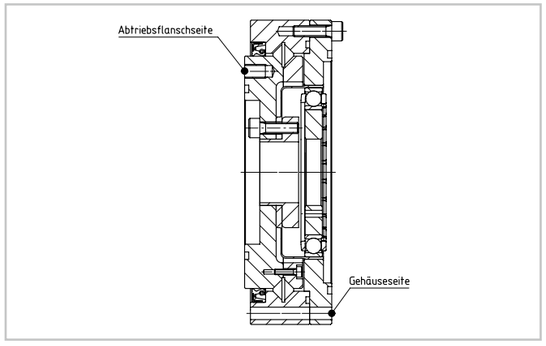


Abbildung 2.4.34

CSD-2UF



Verschraubung Abtriebsflansch

Tabelle 2.4.35

CSD-2UH

	[Einheit]	Baugröße						
		14	17	20	25	32	40	50
Anzahl der Schrauben		10	8	8	8	10	10	10
Größe der Schrauben		M3	M5	M6	M8	M8	M10	M12
Teilkreisdurchmesser	[mm]	25	27	34	42	57	72	88
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	9,0	15,3	37,0	37,0	74,0	128,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	52	121	216	485	823	1660	2930

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.4.36

CSD-2UF

	[Einheit]	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben		8	10	8	8	8	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M4	M5	M6	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	42	50	60	73	96	116
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3	15,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	70	104	168	328	612	1100

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Verschraubung Gehäuse

Tabelle 2.4.37

CSD-2UH

	[Einheit]	Baugröße						
		14	17	20	25	32	40	50
Anzahl der Schrauben		6	10	12	18	18	18	22
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	49,0	56,0	64,0	79,0	104,0	117,5	147,0
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	61	116	160	296	658	1180	2570

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Tabelle 2.4.38

CSD-2UF

	[Einheit]	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben		6	8	8	10	10	10
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	64	74	84	102	132	158
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	80	123	140	358	742	1250

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Konstruktionshinweise

Zur Sicherstellung einer optimalen Schmierung sollte der Getrieberaum kompakt gehalten werden. Bei Füllung des Getrieberaums mit mehr als 50 % Schmierfett steigt die Leckagegefahr. Darum sollte die Relation Fettvolumen/Getrieberaum kleiner als 0,5 sein. Beim Einbau mit vertikaler Achse und vorwiegend oben oder unten liegendem Wave Generator sollte der Spalt zwischen Wave Generator und eingangsseitigem (Motor) Adapterflansch mit Fett gefüllt werden, siehe Tabelle 2.4.41.

• Empfohlene Gehäuseabmessungen

Die Getriebe werden mit einer Lebensdauerfettschmierung geliefert. Ein zusätzliches Schmieren der Getriebe bei der Montage ist nicht notwendig. Beim Einbau sollten die Abmessungen gemäß Tabelle 2.4.41 berücksichtigt werden.

Abbildung 2.4.39 **CSD-2UH**

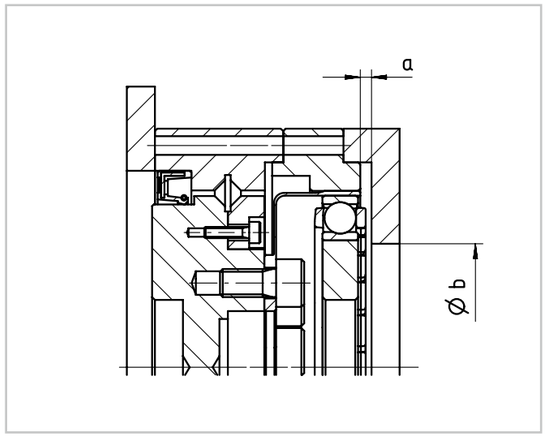


Abbildung 2.4.40 **CSD-2UF**

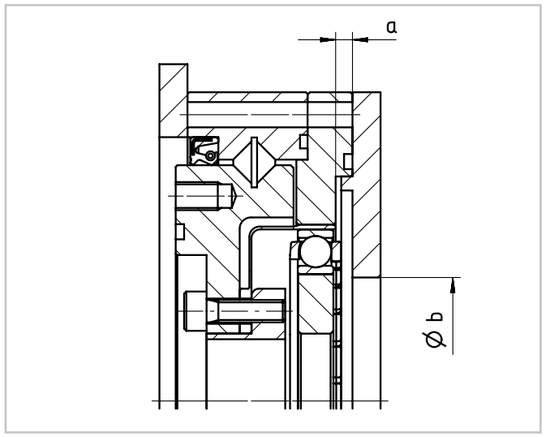


Tabelle 2.4.41 **[mm]**

Symbol	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50[1)]
a*	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,5
a**	3,0	3,0	4,5	4,5	6,0	7,5	10,5
Øb $^{+0,5}_{0}$	16	26	30	37	37	45	45

[1)] Nur verfügbar für Version CSD-2UH
* Für Wave Generator senkrecht oder nach unten gerichtet
** Für Wave Generator nach oben gerichtet

• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: Stahl korrosionsgeschützt
Circular Spline: Grauguss korrosionsgeschützt
Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator: blanker Stahl

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei Harmonic Drive SE anzufragen.

Schmierung

Die Getriebe mit Abtriebslager CSD-2UH und CSD-2UF werden vollständig gefettet geliefert. Sie sind werkseitig mit einer Lebensdauerfettschmierung versehen. Für die Schmierung der Getriebe empfehlen wir die in Tabelle 2.4.42 aufgeführten Schmierstoffe. Bitte berücksichtigen Sie, dass bei der Einbaulage „Wave Generator oben“ oder „Wave Generator unten“ gemäß Tabelle 2.4.42 eine zusätzliche Fettmenge erforderlich ist, die separat bestellt werden muss.

Tabelle 2.4.42

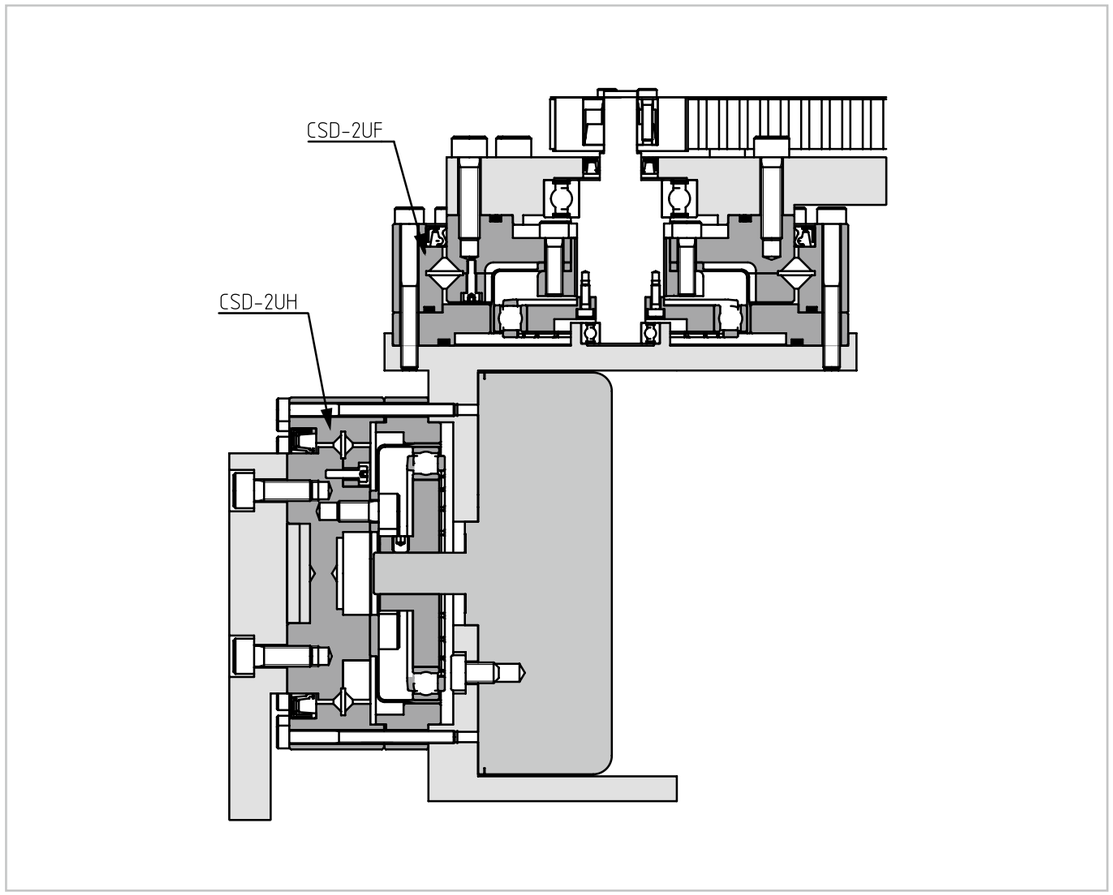
Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße						
	14	17	20	25	32	40	50
SK-1A	-	-	O	O	O	O	O
SK-2	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
4BNo.2	□	□	□	□	□	□	□

O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Anwendungsbeispiel

Abbildung 2.4.43



Produktbeschreibung

Höchste Drehmomentkapazität und lebenslange Präzision

Die Getriebe mit Abtriebslager der Baureihe SHG-2UH/2SO/2SH zeichnen sich durch höchste Drehmomentkapazität, Lebensdauer und Überlastfähigkeit aus und sind optimal mit großer Hohlwelle verfügbar.

Die Getriebe mit Abtriebslager der Baureihe HFUS-2UH/2SO/2SH ergänzen die verfügbaren SHG-Baugrößen und -Untersetzungen bei im Vergleich etwas geringerer Lebensdauer.

Merkmale

- Höchste Drehmomentkapazität
- Höchste Lebensdauer
- Großer Drehmomentbereich
- Optional mit großer Hohlwelle zur Durchführung von Versorgungskabeln oder Wellen verfügbar
- Integriertes präzises Kreuzrollenlager

SHG-2UH
HFUS-2UH
Hohlwellengetriebe zur Durchführung von Versorgungsleitungen für weiterführende Antriebssysteme

SHG-2SO
HFUS-2SO
Getriebe für den direkten Motoranbau

SHG-2SH
HFUS-2SH
Hohlwellengetriebe ohne Eingangslagerung und An- und Abtriebsflansch für die Integration in vorhandene Gehäusestruktur

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.5.1

Bestellbezeichnung	SHG	-	20	-	100	-	2UH	-	SP
Baureihe	SHG HFUS								
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			11 14 17 20 25 32 40 45 50 58 65						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 80 100 120 160				
Version									
geschlossenes Hohlwellengetriebe mit Eingangslagerung	2UH								
Motoranbaugetriebe	2SO								
offenes Hohlwellengetriebe ohne Eingangslagerung	2SH								
Option Kundenspezifische Ausführung (auf Anfrage)									
Standardausführung (Feld bleibt leer)									[ ]
Sonderausführung									SP

Bitte beachten Sie die Tabellen der möglichen Kombinationen

Kombinationen

Tabelle 2.5.2

SHG-2UH/2SO/2SH

Baugröße		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Untersetzung	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	●	●	●	●	●	●	●	-	-	-
	80	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	100	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	120	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	160	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabelle 2.5.3

HFUS-2UH/2SO/2SH

Baugröße		11[1)]	14	17	20	25	32	40	45	50	58
Untersetzung	30	-	●	●	●	●	●	-	-	-	-
	50	●	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

[1)] Nur für Variante 2UH verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.5.4

Baureihe	Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]	Grenze für Durchschnittsdrehmoment T_A [Nm]	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1} T_N [Nm]	Grenze für Kollisionsdrehmoment T_M [Nm]	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment 2UH 2SO 2SH	Gewicht 2UH 2SO 2SH
							Fettschmierung	Fettschmierung		
HFUS	11	50	8,3	5,5	3,5	17,0	8500	3500 1100[2)]	0,080 - -	0,53 - -
	11	100	11,0	8,9	5,0	25,0				
HFUS	14	30	9,0	6,8	4,0	17,0	8500	3500 1100[2)]	0,091 0,033 0,091	0,71 0,41 0,45
SHG	14	50	23	9	7	46				
	14	80	30	14	10	61				
	14	100	36	14	10	70				
HFUS	17	30	16,0	12,0	8,8	30,0	7300	3500 1100[2)]	0,193 0,079 0,193	1,00 0,57 0,63
SHG	17	50	44	34	21	91				
	17	80	56	35	29	113				
	17	100	70	51	31	143				
	17	120	70	51	31	112				
HFUS	20	30	27	20	15	50	6500	3500 1100[2)]	0,404 0,193 0,404	1,38 0,81 0,89
SHG	20	50	73	44	33	127				
	20	80	96	61	44	165				
	20	100	107	64	52	191				
	20	120	113	64	52	191				
	20	160	120	64	52	191				
HFUS	25	30	50	38	27	95	5600	3500 1000[2)]	1,070 0,413 1,070	2,10 1,31 1,44
SHG	25	50	127	72	51	242				
	25	80	178	113	82	332				
	25	100	204	140	87	369				
	25	120	217	140	87	395				
	25	160	229	140	87	408				
HFUS	32	30	100	75	54	200	4800	3500 1000[2)]	2,850 1,690 2,850	4,50 2,94 3,10
SHG	32	50	281	140	99	497				
	32	80	395	217	153	738				
	32	100	433	281	178	841				
	32	120	459	281	178	892				
	32	160	484	281	178	892				
SHG	40	50	523	255	178	892	4000	3000 950[2)]	9,280 4,500 9,280	7,70 5,10 5,40
	40	80	675	369	268	1270				
	40	100	738	484	345	1400				
	40	120	802	586	382	1530				
	40	160	841	586	382	1530				
SHG	45	50	650	345	229	1235	3800	3000 900[2)]	13,80 8,680 13,80	10,00 6,50 6,90
	45	80	918	507	407	1651				
	45	100	982	650	459	2041				
	45	120	1070	806	523	2288				
	45	160	1147	819	523	2483				
HFUS	50	50	715	175[1)]	122[1)]	1430	3500	2500 850[2)]	25,20 12,50 25,20	14,50 9,60 10,20
SHG	50	80	1223	675	484	2418				
	50	100	1274	866	611	2678				
	50	120	1404	1057	688	2678				
	50	160	1534	1096	688	3185				
HFUS	58	50	1020	260[1)]	176[1)]	1960	3000	2200 800[2)]	49,50 27,30 49,50	20,00 13,50 14,10
SHG	58	80	1924	1001	714	3185				
	58	100	2067	1378	905	4134				
	58	120	2236	1547	969	4329				
	58	160	2392	1573	969	4459				
SHG	65	80	2743	1352	969	4836	2800	1900 800[2)]	94,10 46,80 94,10	28,50 19,50 20,90
	65	100	2990	1976	1236	6175				
	65	120	3263	2041	1236	6175				
	65	160	3419	2041	1236	6175				

[1)] Bei Einsatz von Ölschmierung sind ein höheres Nenndrehmoment und Durchschnittsdrehmoment möglich. Bitte kontaktieren Sie die Harmonic Drive SE.
[2)] Gültig für SHG/HFUS-2UH und für SHG/HFUS-2SH, wenn Radialwellendichtungen an der Hohlwelle eingesetzt werden.

ⓘ Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Genauigkeit

Tabelle 2.5.5

[arcmin]

Baugröße	11		14			17			20 ... 65		
Untersetzung	≥50	100	30	50	≥80	30	50	≥80	30	50	≥80
Übertragungsgenauigkeit	<2,0	<1,5	<1,5			<1,5			<1,5	<1,0	
Hystereseverlust	<2,0		<3,0	<2,0	<1,0	<3,0	<2,0	<1,0	<3,0	<2,0	<1,0
Lost Motion	<1,0										
Wiederholgenauigkeit	< ±0,1										

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.5.6

	Symbol [Einheit]	Baugröße										
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	0,8	2,0	3,9	7,0	14	29	54	76	108	168	235
	T_2 [Nm]	2,0	6,9	12	25	48	108	196	275	382	598	843
i = 30	K3 [x 10^4 Nm/rad]	-	0,34	0,67	1,10	2,10	4,90	-	-	-	-	-
	K2 [x 10^4 Nm/rad]	-	0,24	0,44	0,71	1,30	3,00	-	-	-	-	-
	K1 [x 10^4 Nm/rad]	-	0,19	0,34	0,57	1,00	2,40	-	-	-	-	-
i = 50	K3 [x 10^4 Nm/rad]	0,32	0,57	1,30	2,30	4,40	9,80	18,0	26,0	34,0	54,0	-
	K2 [x 10^4 Nm/rad]	0,30	0,47	1,10	1,80	3,40	7,80	14,0	20,0	28,0	44,0	-
	K1 [x 10^4 Nm/rad]	0,22	0,34	0,81	1,30	2,50	5,40	10,0	15,0	20,0	31,0	-
i ≥ 80	K3 [x 10^4 Nm/rad]	0,44	0,71	1,60	2,90	5,70	12,0	23,0	33,0	44,0	71,0	98,0
	K2 [x 10^4 Nm/rad]	0,34	0,61	1,40	2,50	5,00	11,0	20,0	29,0	40,0	61,0	88,0
	K1 [x 10^4 Nm/rad]	0,27	0,47	1,00	1,60	3,10	6,70	13,0	18,0	25,0	40,0	54,0

Abtriebslager

• Leistungsdaten

Tabelle 2.5.7

	Symbol [Einheit]	Baugröße										
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Lagertyp [1]		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,043	0,050	0,060	0,070	0,085	0,111	0,133	0,154	0,170	0,195	0,218
Abstand [2]	R [m]	0,0180	0,0217	0,0239	0,0255	0,0296	0,0364	0,0440	0,0475	0,0525	0,0622	0,0720
Dynamische Tragzahl	C [N]	5290	5800	10400	14600	21800	38200	43300	77600	81600	87400	130000
Statische Tragzahl	C_0 [N]	7550	8600	16300	20000	35800	65400	81600	135000	149000	171000	223000
Zulässiges dynamisches Kippmoment [3,4]	M [Nm]	74	74	124	187	258	580	849	1127	1487	2180	2740
Kippsteifigkeit [5]	K_B [Nm/arcmin]	19	25	45	74	114	290	522	749	1020	1550	2155
Zulässige Axiallast [4]	F_a [N]	1130	1239	2222	3119	4657	8161	9250	16578	17433	18672	27773
Zulässige Radiallast [4]	F_r [N]	757	830	1489	2090	3120	5468	6198	11107	11680	12510	18608

1) Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
2) Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für M: Fa = 0, Fr = 0 I Fa: M = 0, Fr = 0 I Fr: M = 0, Fa = 0
5) Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Bei diesen Getrieben mit Abtriebslager wird die Last über einen Flansch mit dem Kreuzrollenlager verbunden. Je nach Befestigungsart kann der mit dem Außenring oder der mit dem Innenring des Abtriebslagers verbundene Flansch als Abtrieb genutzt werden, siehe Abbildung 2.5.8 und Abbildung 2.5.10. Die in der Tabelle 2.5.9 und Tabelle 2.5.11 aufgeführten Toleranzen beinhalten die Summe aus Lager- und Flanschtoleranzen.

Flexspline fixiert

Eingang: Wave Generator
Ausgang: Circular Spline
Fixiert: Flexspline

Abbildung 2.5.8

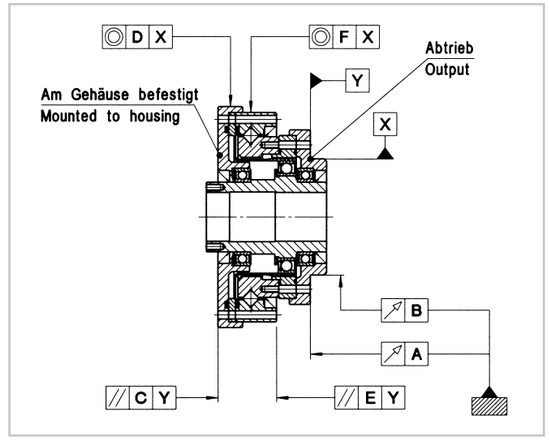


Tabelle 2.5.9

[mm]

Symbol	Baugröße										
	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
A	0,033	0,033	0,038	0,040	0,046	0,054	0,057	0,057	0,063	0,063	0,067
B	0,035	0,035	0,035	0,039	0,041	0,047	0,050	0,053	0,060	0,063	0,063
C	0,053	0,064	0,071	0,079	0,085	0,104	0,111	0,118	0,121	0,121	0,131
D	0,053	0,053	0,050	0,059	0,061	0,072	0,075	0,078	0,085	0,088	0,089
E	0,039	0,040	0,045	0,051	0,057	0,065	0,071	0,072	0,076	0,076	0,082
F	0,038	0,038	0,038	0,047	0,049	0,054	0,060	0,065	0,067	0,070	0,072

Circular Spline fixiert

Eingang: Wave Generator
Ausgang: Flexspline
Fixiert: Circular Spline

Abbildung 2.5.10

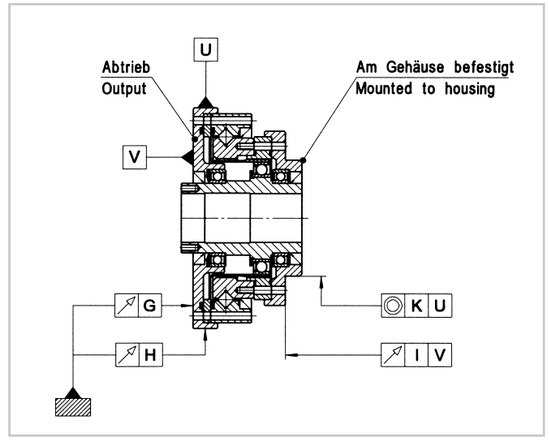


Tabelle 2.5.11

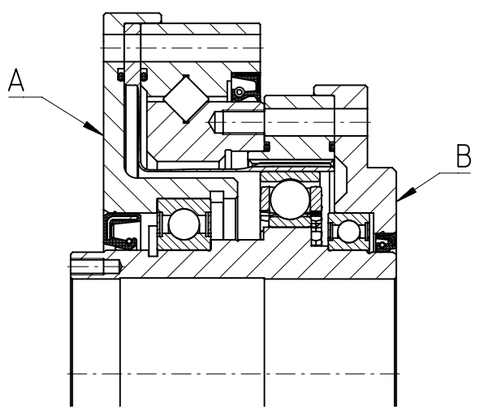
[mm]

Symbol	Baugröße										
	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
G	0,027	0,037	0,039	0,046	0,047	0,059	0,060	0,070	0,070	0,070	0,076
H	0,031	0,031	0,031	0,038	0,038	0,045	0,048	0,050	0,050	0,050	0,054
I	0,053	0,064	0,071	0,079	0,085	0,104	0,111	0,118	0,121	0,121	0,131
J	0,053	0,053	0,053	0,059	0,061	0,072	0,075	0,078	0,085	0,088	0,089

Montage

• Verschraubung

Abbildung 2.5.12



• Verschraubung an der Abtriebsseite

Tabelle 2.5.13

SHG-2UH/2SO/2SH

	Einheit	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M6	M8	M8	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	64	74	84	102	132	158	180	200	226	258
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,4	2,4	2,4	5,4	10,8	18,4	18,4	44,0	44,0	74,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	128	222	252	516	1069	1813	3098	4163	6272	9546

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

Tabelle 2.5.14

HFUS-2UH/2SO/2SH

	Einheit	Baugröße									
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58
Anzahl der Schrauben		4	8	12	12	12	12	-	-	12	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M4	M5	-	-	M8	M8
Teilkreisdurchmesser	[mm]	56,4	64,0	74,0	84,0	102,0	132,0	-	-	200,0	226,0
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	-	-	37,0	37,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	47	108	186	206	431	892	-	-	3489	5263

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

• Verschraubung an der Gehäuseseite

Tabelle 2.5.15

SHG-2UH/2SO/2SH

	Einheit	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Anzahl der Schrauben		8	16	16	16	16	16	12	16	12	16
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6	M8	M8	M10	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	44	54	62	77	100	122	140	154	178	195
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,40	2,40	2,40	5,40	10,80	18,36	44,00	44,00	89,00	89,00
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	88	216	248	520	1080	1867	2914	4274	5927	8658

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

Tabelle 2.5.16

HFUS-2UH/2SO/2SH

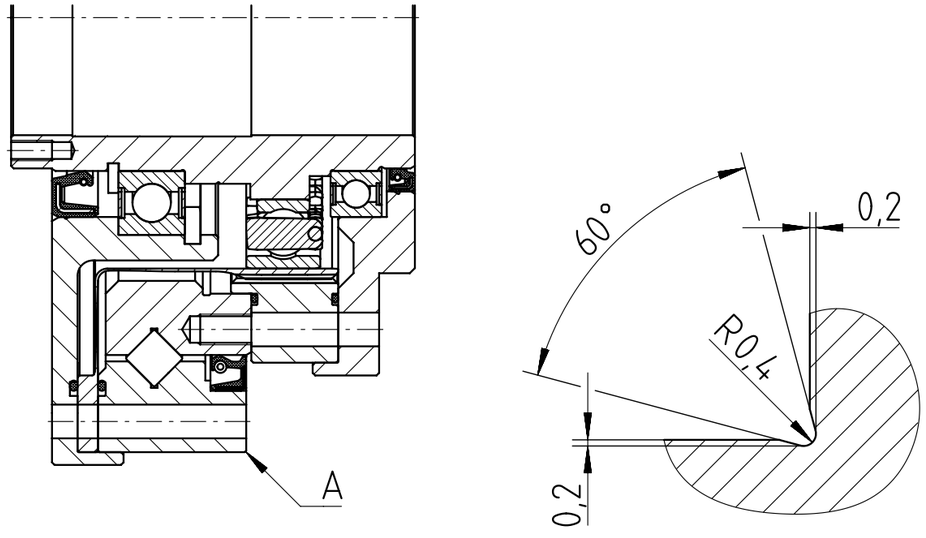
	Einheit	Baugröße									
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58
Anzahl der Schrauben		6	8	16	16	16	16	-	-	16	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M3	M4	M5	-	-	M8	M10
Teilkreisdurchmesser	[mm]	37	44	54	62	77	100	-	-	154	178
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	-	-	37,0	74,0
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	46	72	176	206	431	902	-	-	3587	4910

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ=0,15

• Gehäusedetail

Wir empfehlen den folgenden Freistich am Kundenflansch.

Abbildung 2.5.17



Technische Daten SHG/HFUS-2UH

• Abmessungen

Abbildung 2.5.18

SHG-14-2UH/HFUS-14-2UH [mm]

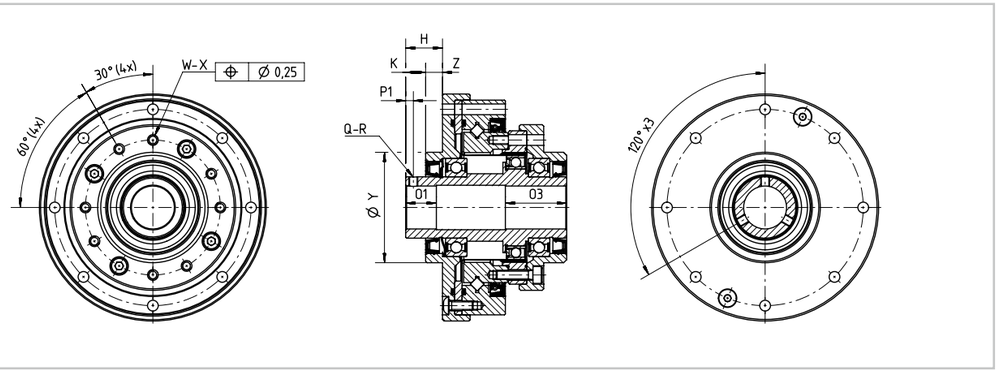


Abbildung 2.5.19

SHG-17-2UH/HFUS-17-2UH [mm]

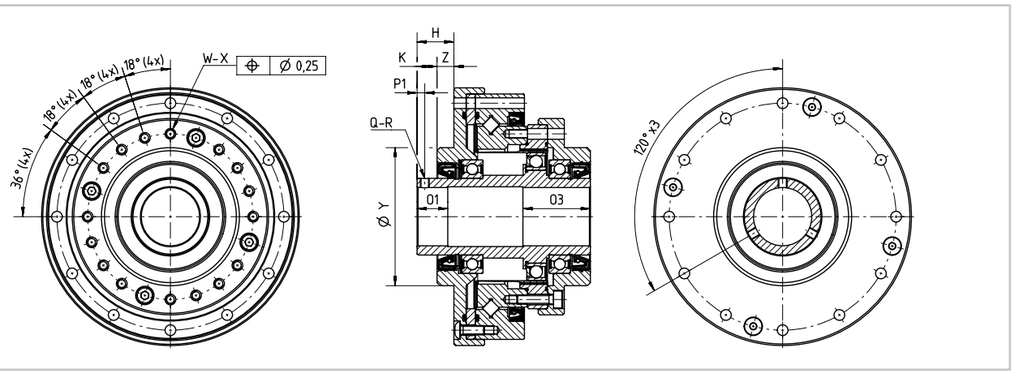


Abbildung 2.5.20

SHG-20-2UH ... SHG-65-2UH/HFUS-20-2UH ... HFUS-58-2UH [mm]

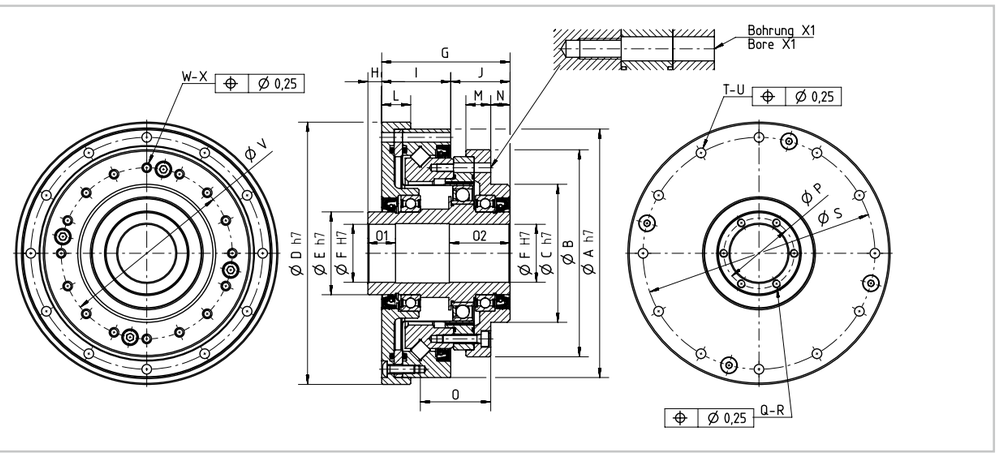


Tabelle 2.5.21

[mm]

Baugröße	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ØA h7	62	70	80	90	110	142	170	190	214	240	276
ØB	45,3	54,0	64,0	75,0	90,0	115,0	140,0	160,0	175,0	201,0	221,0
ØC h7	30,5	36,0	45,0	50,0	60,0	85,0	100,0	120,0	130,0	150,0	160,0
ØE h7	18	20	25	30	38	45	59	64	74	84	96
ØF h7	14	14	19	21	29	36	46	52	60	70	80
G	48,0	52,5	56,5	51,5	55,5	65,5	79,0	85,0	93,0	106,0	128,0
H	14	12	12	5,0 $^{+1,2}_{-0,9}$	6,0 $^{+1,2}_{-0,9}$	7,0 $^{+0,7}_{-0,6}$	8,0 $^{+0,7}_{-0,6}$	8,0 $^{+0,8}_{-0,6}$	9,0 $^{+0,8}_{-0,6}$	10,0 $^{+0,9}_{-0,7}$	10,0 $^{+0,5}_{-2,0}$
I	19,0	20,5	23,0	25,0	26,0	32,0	38,0	42,0	45,0	52,0	56,5
J	15,0	20,0	21,5	21,5	23,5	26,5	33,0	35,0	39,0	44,0	57,5
K	6,5 $^{+0,5}_{-0,75}$	6,5±1,2	6,5 $^{+1,0}_{-1,1}$	-	-	-	-	-	-	-	-
L	8,0	9,0	10,0	10,5	10,5	12,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0
M	6,5	8,0	8,5	9,0	8,5	9,5	13,0	12,0	12,0	15,0	19,5
N	6,5	7,5	8,5	7,0	6,0	5,0	7,0	7,0	7,0	7,0	12,0
O	17,5	21,7	23,9	25,5	29,6	36,4	44,0	47,5	52,5	62,2	72,0
O1	10	10	10	10	10	10	12	15	15	15	20
O2	20	20	22	22	23	25	32	35	37	43	54
ØP	-	-	-	25,5	33,5	40,5	52,0	58,0	67,0	77,0	88,0
P1	-	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Q	-	3	3	6	6	6	6	6	6	8	6
R	-	M3	M3	M3x6	M3x6	M3x6	M4x8	M4x8	M4x8	M4x8	M5x10
ØS	56,4	64,0	74,0	84,0	102,0	132,0	158,0	180,0	200,0	226,0	258,0
T	4	8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
ØU	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,6	6,6	9,0	9,0	11,0
ØV	37	44	54	62	77	100	122	140	154	178	195
W[1)]	6	8	16	16	16	16	16	12	16	12	16
X[1)]	M3x5	M3x5	M3x6	M3x6	M4x7	M5x8	M6x10	M8x10	M8x11	M10x15	M10x15
Bohrung X1	Ø3,4x4,0	Ø3,5x11,5	Ø3,5x12,0	Ø3,5x13,5	Ø4,5x15,5	Ø5,5x20,5	Ø6,6x25,0	Ø9,0x28,0	Ø9,0x30,0	Ø11,0x35,0	Ø11,0x42,5
Y	13	10	10	10	10	10	12	15	15	15	20
Z	16	20	22	22	23	25	32	35	37	43	54
ØZ1	36	36	45	-	-	-	-	-	-	-	-

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.5.22

[Ncm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße										
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	HFUS	-	11,0	30	43	64	112	-	-	-	-	-
50	SHG	7,1	8,8	27	36	56	85	136	165	-	-	-
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	216	297	-
80	SHG	-	7,5	25	33	50	74	117	138	179	244	314
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	HFUS	5,9	6,9	24	32	49	72	112	131	171	231	297
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	SHG	-	-	24	31	48	68	110	126	165	223	287
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	SHG	-	-	-	31	47	67	105	122	156	213	276
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.5.23

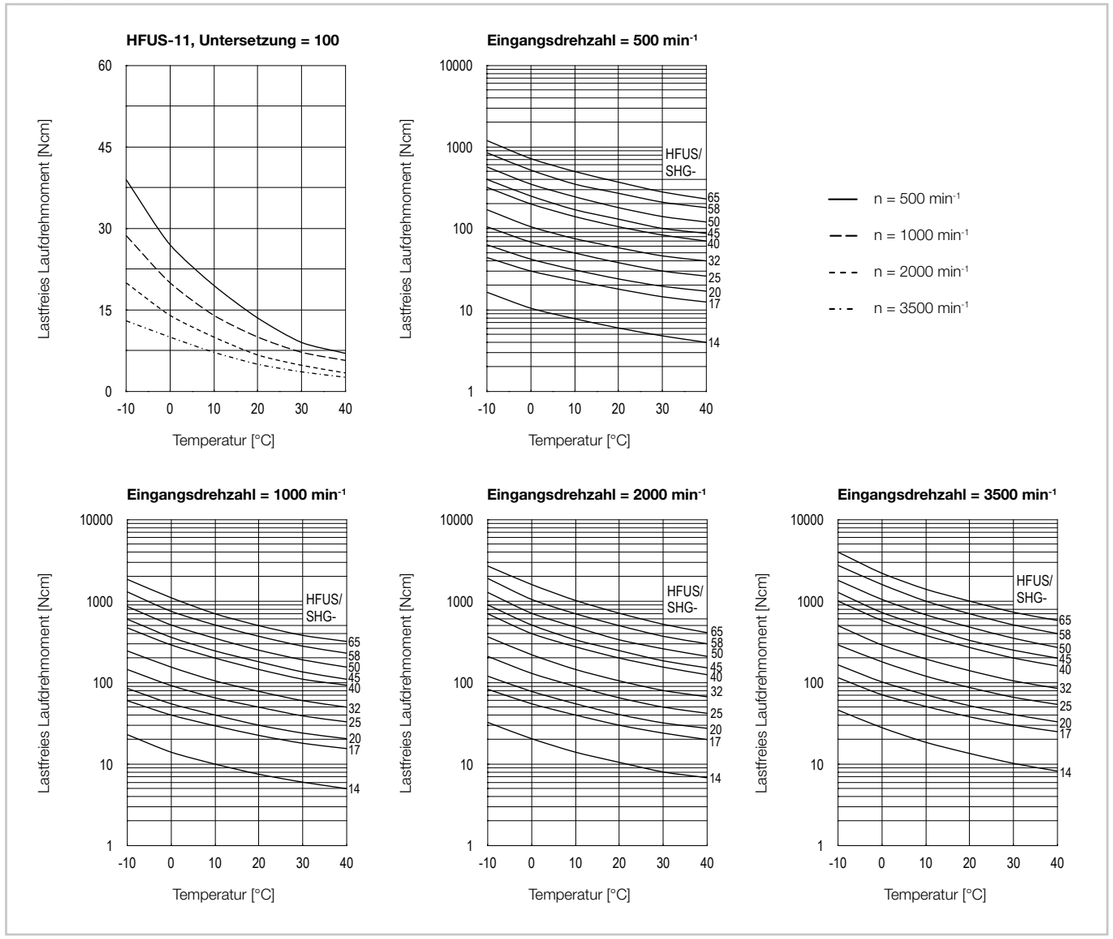
[Nm]

Untersetzung	Baureihe	Baugröße										
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	HFUS	-	5,4	17	23	35	57	-	-	-	-	-
50	SHG	4,6	5,3	16	22	34	51	82	99	-	-	-
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	129	178	-
80	SHG	-	7,2	24	31	48	70	112	133	172	234	301
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	SHG	7,6	8,2	29	38	59	86	134	158	205	278	356
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	SHG	-	-	34	45	69	97	158	182	237	322	413
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	SHG	-	-	-	59	90	128	201	233	299	408	530
	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.5.24



• Korrekturwerte lastfreies Laufdrehmoment

Tabelle 2.5.25

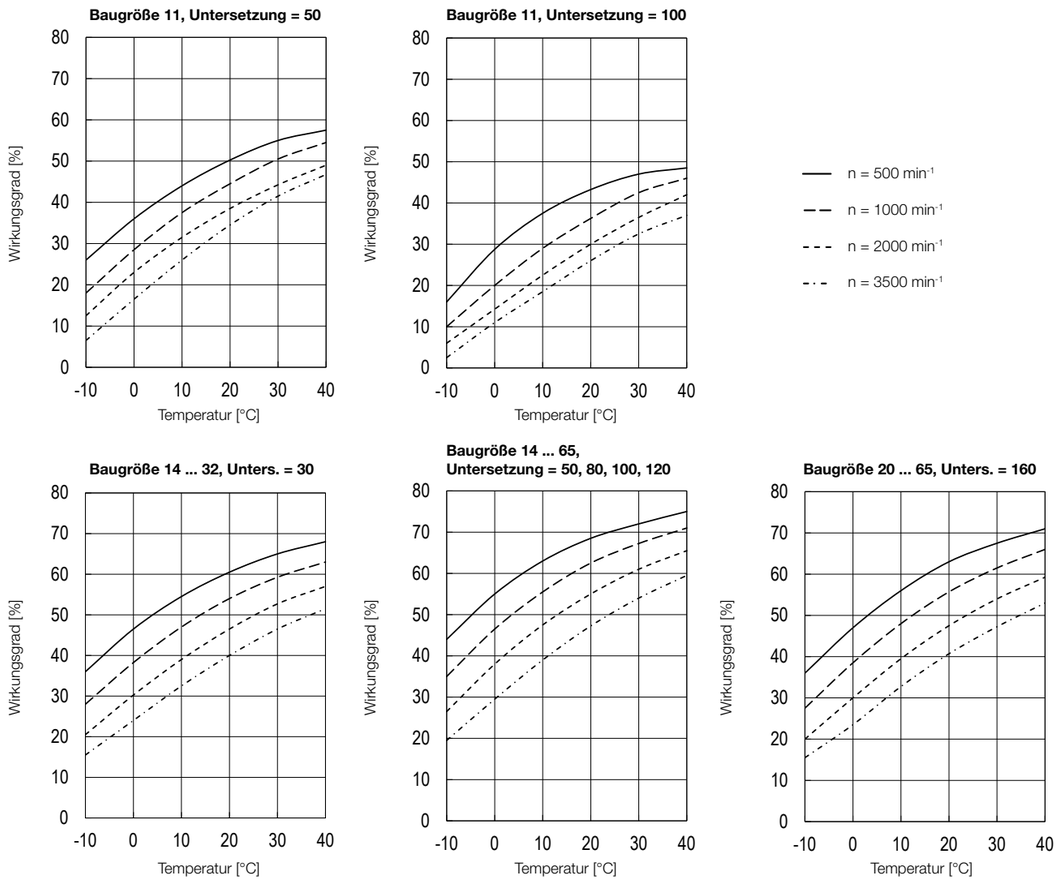
[Ncm]

Untersetzung	Baugröße										
	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
30	-	2,6	4,1	5,9	9,6	18,3	-	-	-	-	-
50	0,5	1,1	1,8	2,6	4,2	8,0	13,3	18,2	23,9	34,6	-
80	-	0,2	0,4	0,5	0,8	1,5	2,4	3,3	4,3	6,2	8,1
120	-	-	-0,2	-0,4	-0,6	-1,1	-1,7	-2,4	-3,1	-4,4	-5,8
160	-	-	-	-0,8	-1,3	-2,5	-4,0	-5,5	-7,2	-10,3	-13,7

• Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment. Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 11 … 17) bzw. SK-1A (Baugröße 20 … 65).

Abbildung 2.5.26



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab:
Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt. Bei Getrieben mit gelagerter und gedichteter Eingangswelle wird die zusätzliche Reduzierung des Wirkungsgrads durch den Korrekturwert η_e berücksichtigt.

Berechnungsbeispiel:

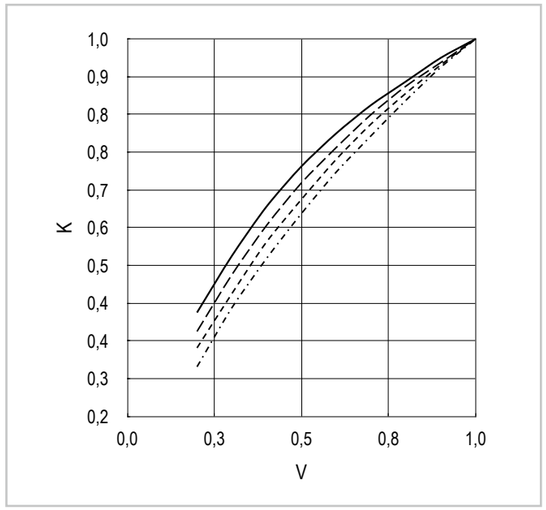
Produkt: SHG-20-80-2UH

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 36 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 44 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20°C

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 36/44 = 0,82$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.5.27: K = 0,91
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgradkennlinie Abbildung 2.5.26: η = 63 %
4. Ablesen des Wirkungsgrad-Korrekturwerts aus Diagramm Abbildung 2.5.28: η_e = -6,5 %
5. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = K \cdot (\eta + \eta e) = 0,91 \cdot (63\ \% - 6,5\ \%) = 51\ \%$

Abbildung 2.5.27

Berechnungsfaktor K



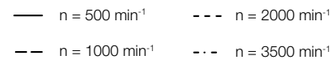
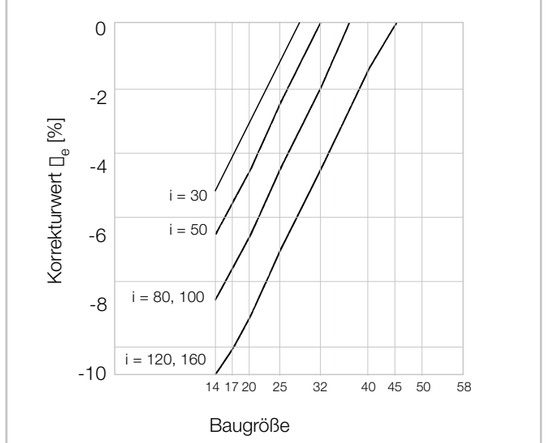


Abbildung 2.5.28

Korrektur η_e

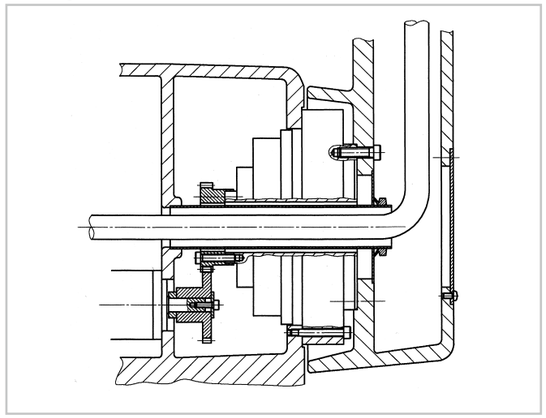


• Kontinuierlicher Betrieb Hohlwellengetriebe SHG-2UH/HFUS-2UH

Die Reibung der eingangsseitigen Radialwellendichtungen kann bei den Hohlwellengetriebe während des Betriebes zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung führen. Daher gilt für diese Getriebe eine reduzierte „Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl". Für den kontinuierlichen Betrieb bei Nenndrehzahl sollten die in Tabelle 2.5.30 genannten max. Betriebszeiten nicht überschritten werden.

Alternativ kann eine Konstruktion gemäß Abbildung 2.5.29 eingesetzt werden. Bei diesem Einsatzbeispiel wurden die eingangsseitigen (schnelllaufenden) Radialwellendichtungen entfernt. Einschränkungen bei der Einschaltdauer bestehen bei dieser Konstruktion nicht. Die Entfernung einer oder beider eingangsseitigen Radialwellendichtungen sollte nur dann vorgenommen werden, wenn Fett- bzw. Grundölaustritt erlaubt ist oder wenn dies durch die Einbaulage ausgeschlossen wird.

Abbildung 2.5.29



• Maximal zulässige Betriebszeit bei kontinuierlichem Betrieb

Tabelle 2.5.30

SHG-2UH/HFUS-2UH

Betriebszeit	Einheit	Baugröße									
		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Bei Betrieb ohne Last	[min]	90	90	90	60	45	40	35	30	20	15
Bei Nenndrehmoment	[min]	60	60	60	45	35	30	25	20	15	10

Die in Tabelle 2.5.30 genannten Daten gelten für:
- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Eingangsdrehzahl: 2000 min^{-1}
- Max. Schmierstofftemperatur: 80 °C
- Befestigung der Getriebe an einer Platte mit folgenden Abmessungen:
  - Plattenhöhe: 330 mm
  - Plattendicke: 15 mm für Baugrößen ≤ 32
  - 30 mm für Baugrößen ≥ 40
  - Plattenmaterial: Stahl
  - Ein zusätzlicher Abtriebsflansch ist nicht montiert.

Eingangslagerung

Die Hohlwelle der Getriebe SHG/HFUS-2UH ist mit zwei Rillenkugellagern gelagert. Abbildung 2.5.32 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tabelle 2.5.31, Abbildung 2.5.33 und Abbildung 2.5.34 dargestellten max. zulässigen Radial- und Axialkräfte. Beispiel: Wenn die Hohlwelle eines Getriebes SHG-40-2UH mit einer Axialkraft von 500 N vorgespannt ist, beträgt die max. zulässige Radialkraft 420 N, siehe Abbildung 2.5.34.

Die hier dargestellten Maximalwerte gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lagerlebensdauer von L_{10} = 7000 h.
Die Getriebe SHG/HFUS-2UH sind typischerweise vorgesehen für Zahnriemenantriebe. Bei Anwendungen, die eine genaue Axialposition der Eingangswelle erfordern, bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Tabelle 2.5.31

		Baugröße										
		11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
Lager A	Model	6804ZZ	6804ZZ	6805ZZ	6806ZZ	6808ZZ	6909ZZ	6912ZZ	6913ZZ	6915ZZ	6917ZZ	6920ZZ
	Dynamische Tragzahl C [N]	4000	4000	4300	4500	4900	14100	16400	17400	24400	32000	42500
	Statische Tragzahl C_0 [N]	2470	2470	2950	3450	4350	10900	14300	16100	22600	29600	36500
Lager B	Model	6704ZZ	6804ZZ	6805ZZ	6806ZZ	6808ZZ	6909ZZ	6812ZZ	6813ZZ	6815ZZ	6817ZZ	6820ZZ
	Dynamische Tragzahl C [N]	1400	4000	4300	4500	4900	5350	11500	11900	12500	18700	19600
	Statische Tragzahl C_0 [N]	720	2470	2950	3450	4350	5250	10900	12100	13900	20000	21200
a	[mm]	25,7	27,0	29,0	27,0	29,5	33,0	39,5	44,0	49,0	56,2	67,0
b	[mm]	15,5	16,5	17,5	15,5	16,5	23,0	27,5	28,5	31,5	36,5	44,5
Max. zul. Radialkraft	F_r [N]	-	230	250	275	250	770	1060	900	1370	1720	2300

Abbildung 2.5.32

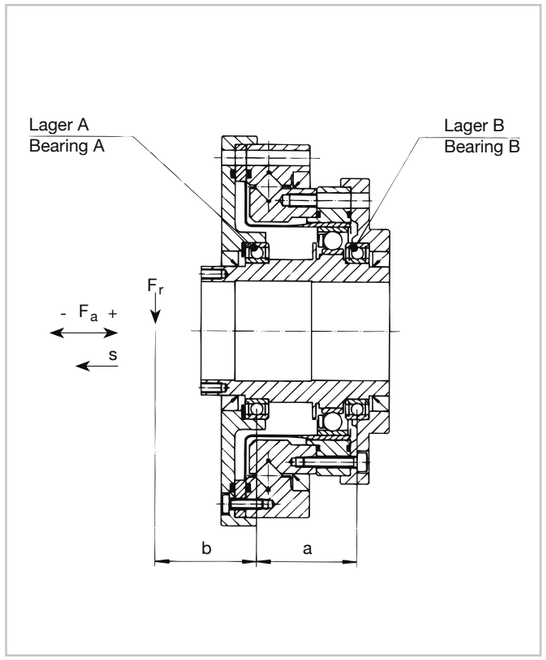


Abbildung 2.5.33

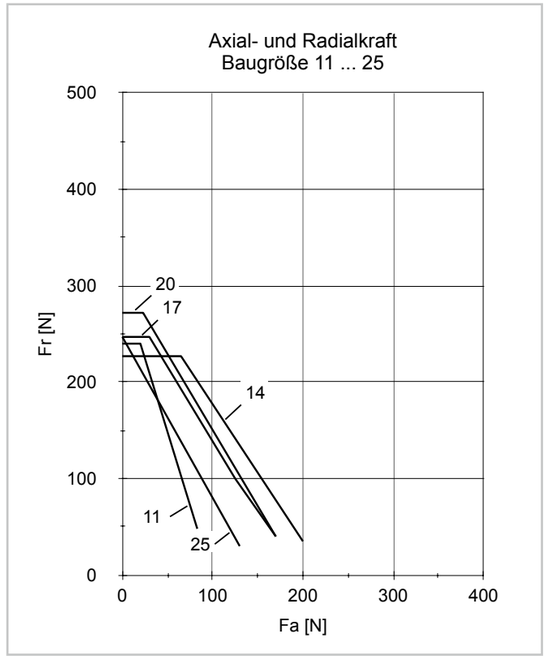
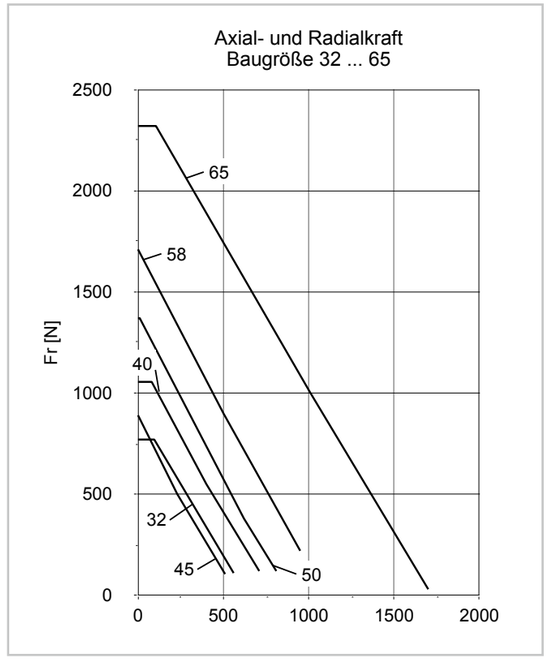


Abbildung 2.5.34



Technische Daten SHG/HFUS-2SO

• Abmessungen

Abbildung 2.5.35

SHG-14-2SO ... SHG-65-2SO/HFUS-14-SO ... HFUS-58-SO [mm]

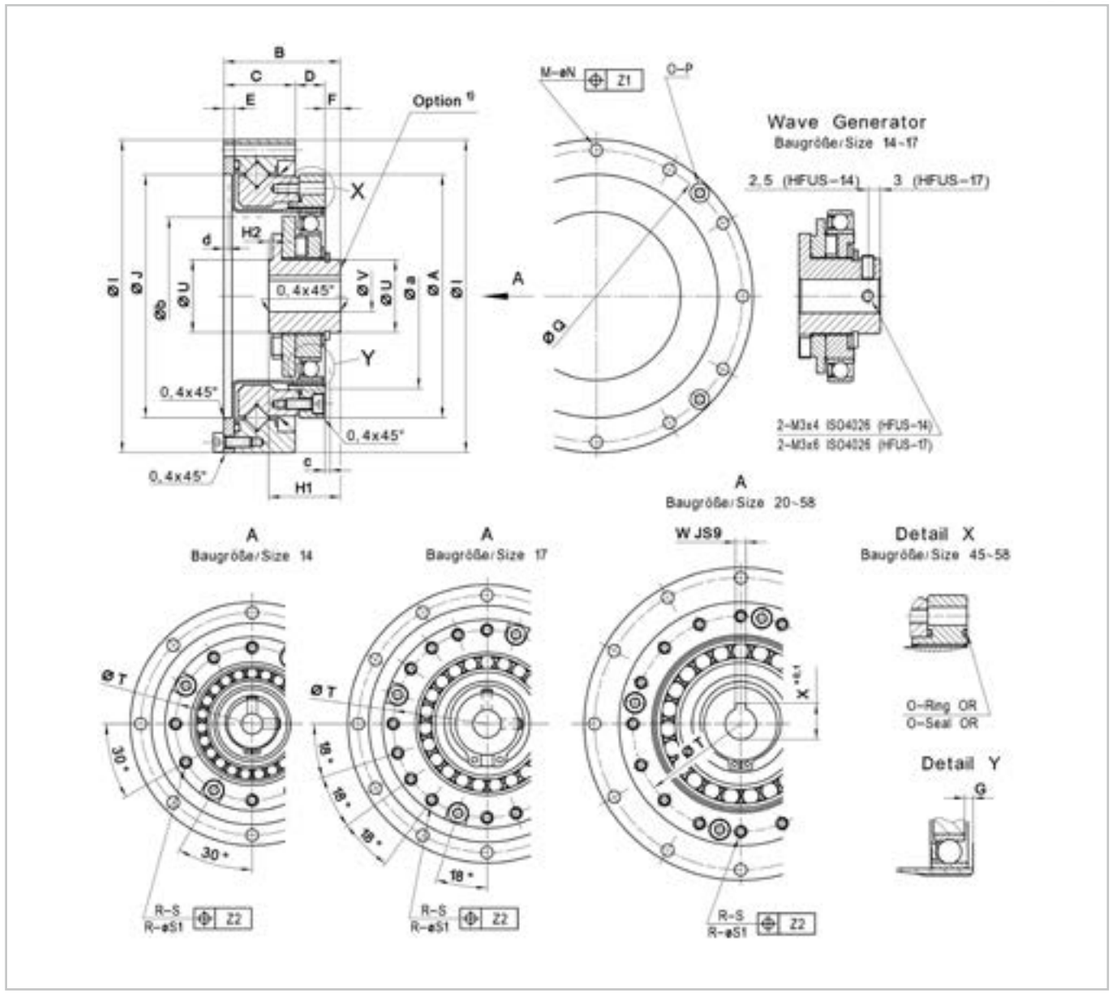


Tabelle 2.5.36

[mm]

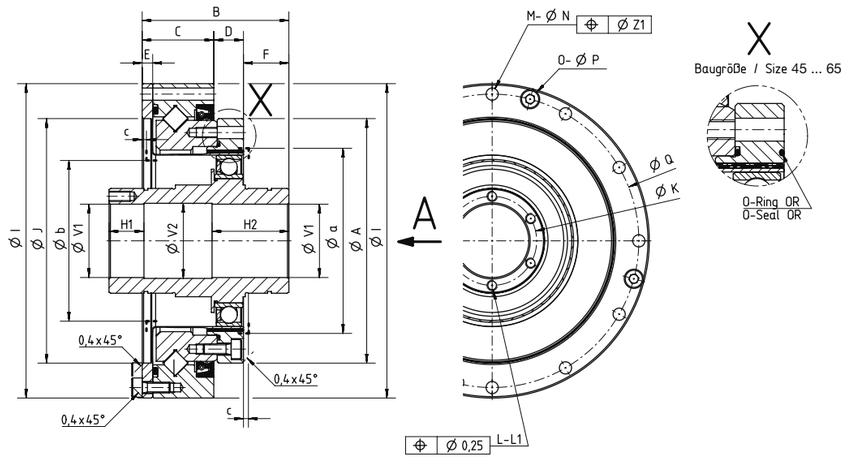
Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ØA h6		50	60	70	85	110	135	155	170	195	215
B	HFUS	28,5 $^{0}_{-0,8}$	32,5 $^{0}_{-0,9}$	33,5 $^{0}_{-1,0}$	37,0 $^{0}_{-1,1}$	44,0 $^{0}_{-1,1}$	-	-	64,0 $^{0}_{-1,3}$	75,5 $^{0}_{-1,3}$	-
	SHG	28,5 $^{0}_{-0,4}$	32,5 $^{0}_{-0,4}$	33,5 $^{0}_{-0,4}$	37,0 $^{0}_{-0,5}$	44,0 $^{0}_{-0,6}$	53,0 $^{0}_{-0,6}$	58,0 $^{0}_{-0,6}$	64,0 $^{0}_{-0,7}$	75,5 $^{0}_{-0,7}$	83,0 $^{0}_{-0,7}$
C		16,5	19,0	20,5	22,0	27,0	33,0	36,5	39,0	46,0	49,5
D		7,0	7,5	8,5	12,0	15,0	18,0	20,0	24,0	27,0	32,0
E		2,4	3,0	3,0	3,3	3,6	4,0	4,5	5,0	5,8	6,5
F		5,0	6,0	4,5	3,0	2,0	2,0	1,5	1,0	2,5	1,5
G	HFUS	0,4	0,3	0,1	2,1	2,5	-	-	4,2	4,8	-
	SHG	1,4	1,6	1,5	3,5	4,2	5,6	6,3	7,0	8,2	9,5
H1	HFUS	17,6 $^{0}_{-0,1}$	19,5 $^{0}_{-0,1}$	20,1 $^{0}_{-0,1}$	20,2 $^{0}_{-0,1}$	22,0 $^{0}_{-0,1}$	-	-	32,0 $^{0}_{-0,1}$	34,9 $^{0}_{-0,1}$	-
	SHG	18,5 $^{0}_{-0,1}$	20,7 $^{0}_{-0,1}$	21,5 $^{0}_{-0,1}$	21,6 $^{0}_{-0,1}$	23,6 $^{0}_{-0,1}$	29,7 $^{0}_{-0,1}$	30,5 $^{0}_{-0,1}$	34,8 $^{0}_{-0,1}$	38,3 $^{0}_{-0,1}$	44,6 $^{0}_{-0,1}$
H2		-	-	-	-	-	0,4	-	0,8	-	-
ØI	HFUS	70 h6	80 h6	90 h6	110 h6	142 h6	-	-	214 h6	240 h6	276 h6
	SHG	70 h7	80 h7	90 h7	110 h7	142 h7	170 h7	190 h7	214 h7	240 h7	276 h7
ØJ	HFUS	48 h6	60 h6	70 h6	88 h6	114 h6	-	-	175 h6	203 h6	232 h6
	SHG	48 h7	60 h7	70 h7	88 h7	114 h7	140 h7	158 h7	175 h7	203 h7	232 h7
M		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
ØN		3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,6	6,6	9,0	9,0	11,0
O		2	4	4	4	4	6	6	6	8	8
P		M3x6	M3x6	M3x8	M3x8	M4x8	M4x10	M4x8	M5x12	M5x12	M6x16
ØQ		64	74	84	102	132	158	180	200	226	258
R		8	16	16	16	16	16	12	16	12	16
S		M3x5	M3x6	M3x6	M4x7	M5x8	M6x10	M8x10	M8x11	M10x15	M10x15
ØT		44	54	62	77	100	122	140	154	178	195
ØU		14	18	21	26	26	32	32	32	40	48
ØV H7		6	8	9	11	14	14	19	19	22	24
W		-	-	3 Js9	4 Js9	5 Js9	5 Js9	6 Js9	6 Js9	6 JS9	8 Js9
X		-	-	10,4	12,8	16,3	16,3	21,8	21,8	24,8	27,3
Z1		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50
Z2		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50
Min. Gehäuse-abstand	Øa	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
	Øb	31	38	45	56	73	90	101	113	131	150
	c	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
	d	1,7	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,5	2,9	3,5
O-Ring		-	-	-	-	-	-	121,5x2,0	134,5x2,0	157,0x2,0	S175

Technische Daten SHG/HFUS-2SH

• Abmessungen

Abbildung 2.5.37

SHG-14-2SH ... SHG-65-2SH/HFUS-14-2SH ... HFUS-58-2SH [mm]



Details Wave Generator

Abbildung 2.5.38

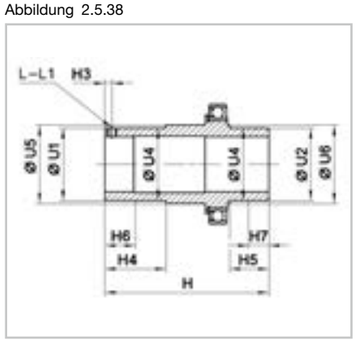


Abbildung 2.5.39

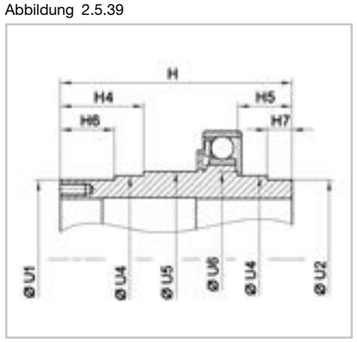


Abbildung 2.5.40

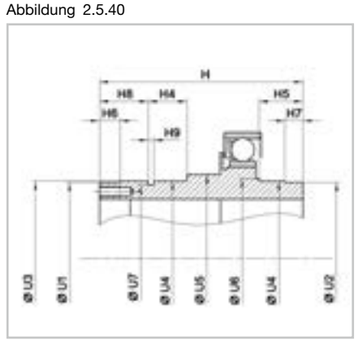


Tabelle 2.5.41 **[mm]**

Baugröße		14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
ØA h6		50	60	70	85	110	135	155	170	195	215
B		36,5 $^{0}_{-0,8}$	40,5 $^{0}_{-0,9}$	42,0 $^{0}_{-1,0}$	45,5 $^{0}_{-1,1}$	53,5 $^{0}_{-1,1}$	66,0 $^{0}_{-1,1}$	71,5 $^{0}_{-1,2}$	78,0 $^{0}_{-1,3}$	90,0 $^{0}_{-1,3}$	107,0 $^{0}_{-1,3}$
C		16,5	19,0	20,5	22,0	27,0	33,0	36,5	39,0	46,0	49,5
D		7,0	7,5	8,5	12,0	15,0	18,0	20,0	24,0	27,0	32,0
E		2,4	3,0	3,0	3,3	3,6	4,0	4,5	5,0	5,8	6,5
F		13,0	14,0	13,0	11,5	11,5	15,0	15,0	15,0	17,0	25,5
H		52,5 $^{0}_{-0,1}$	56,5 $^{0}_{-0,1}$	51,5 $^{0}_{-0,1}$	55,5 $^{0}_{-0,1}$	65,5 $^{0}_{-0,1}$	79,0 $^{0}_{-0,1}$	85,0 $^{0}_{-0,1}$	93,0 $^{0}_{-0,1}$	106,0 $^{0}_{-0,1}$	128,0 $^{0}_{-0,1}$
H1		10	10	10	10	10	12	15	15	15	20
H2		20	22	22	23	25	32	35	37	43	54
H3		2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
H4		20,0	21,5	19,0	20,0	13,9	15,1	15,6	18,6	21,1	23,1
H5	HFUS	12,5	13,5	12,5	13,0	13,0	-	-	17,5	20,0	-
	SHG						16,5	17,5			
H6		13,0	14,5	12,0	13,5	-	-	8,0	9,0	10,0	14,0
H7	HFUS	5,5	6,5	5,5	6,5	6,0	-	-	8,0	7,5	11,5
	SHG						7,0	8,0			
H8		-	-	-	-	15,1	18,9	19,4	20,9	24,2	31,4
H9		-	-	-	-	1,9	2,2	2,7	2,7	3,2	3,1
ØI h6		70	80	90	110	142	170	190	214	240	276
ØJ H6		48	60	70	88	114	140	158	175	203	232
ØK		-	-	25,5	33,5	40,5	52,0	58,0	67,0	77,0	88,0
L		3	3	6	6	6	6	6	6	8	6
L1		M3	M3	M3x6	M3x6	M3x6	M4x8	M4x8	M4x8	M4x8	M5x10
M		8	12	12	12	12	12	18	12	16	16
ØN		3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,6	6,6	9,0	9,0	11,0
O		2	4	4	4	4	6	6	6	8	8
P		M3x6	M3x6	M3x8	M3x8	M4x8	M4x10	M4x10	M5x12	M5x12	M6x16
ØQ		64	74	84	102	132	158	180	200	226	258
R		8	16	16	16	16	16	12	16	12	16
S		M3x5	M3x6	M3x8	M3x8	M4x8	M4x10	M4x10	M5x12	M5x12	M6x16
S1		Ø3,5x6,0	Ø3,5x6,0	Ø3,5x7,5	Ø4,5x10	Ø5,5x14	Ø6,6x17	Ø9,0x19	Ø9,0x22	Ø11,0x25	Ø11,0x29
ØT		44	54	62	77	100	122	140	154	178	195
ØU1 h7		20	25	30	38	45	59	64	74	84	96
ØU2		20 f7	25 f7	30 f7	40 h9	45 f7	59 h9	59 h9	69 h9	84 h9	96 h9
ØU3	HFUS	-	-	-	-	-	-	-	75 h9	85 h9	-
	SHG						60 f7	65 f7	75 f7	85 f7	100 f7
ØU4 j6		20	25	30	40	45	60	65	75	85	100
ØU5		22,0	27,0	32,0	42,0	49,0	65,0	70,0	80,0	91,5	111,0
ØU6		22	27	32	42	47	62	69	79	90	106
ØU7		-	-	-	-	42,5	57,0	62,0	72,0	81,5	96,5
ØV1 H7		14	19	21	29	36	46	52	60	70	80
ØV2		14,5	19,5	21,5	29,5	36,5	46,5	52,5	60,5	70,5	80,5
Z1		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50
Z2		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50
O-Ring		-	-	-	-	-	-	121,5x2	134,5x2	157,0x2	S175
Min. Gehäuse-abstand	Øa	38	45	53	66	86	106	119	133	154	172
	Øb	31	38	45	56	73	90	101	113	131	150
	c	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
	d	1,7	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,5	2,9	3,5

Montage SHG/HFUS-2SO/2SH

• Montagetoleranzen

Abbildung 2.5.42

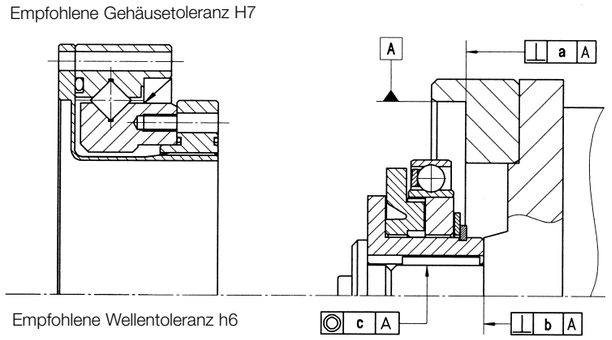


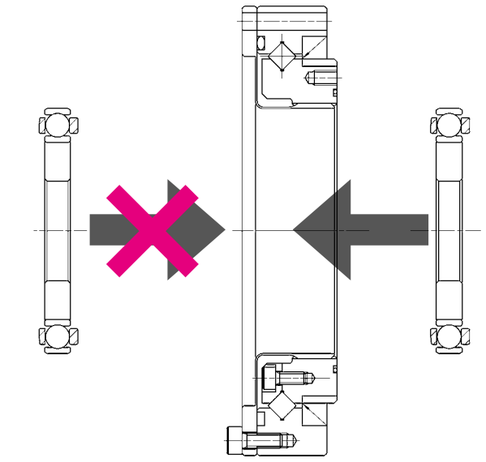
Tabelle 2.5.43

Symbol	Baugröße									
	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65
a	0,011	0,015	0,017	0,024	0,026	0,026	0,027	0,028	0,031	0,034
b	0,017	0,020	0,020	0,024	0,024	0,024	0,032	0,032	0,032	0,032
	(0,008)	(0,010)	(0,010)	(0,012)	(0,012)	(0,012)	(0,012)	(0,015)	(0,015)	(0,015)
c	0,030	0,034	0,044	0,047	0,047	0,050	0,063	0,066	0,068	0,070
	(0,016)	(0,018)	(0,019)	(0,022)	(0,022)	(0,022)	(0,024)	(0,030)	(0,033)	(0,035)

• Einbau des Wave Generators

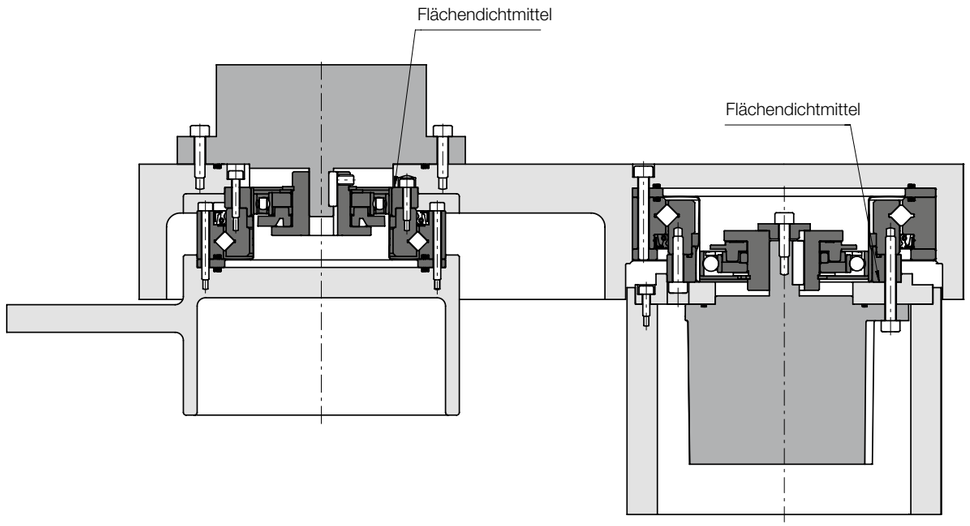
Die Montage des Wave Generators muss in Pfeilrichtung erfolgen. Beim Einschieben des Wave Generators in den Flexspline passt dieser sich der elliptischen Form des Wave Generators an.

Abbildung 2.5.44



• Anwendungsbeispiel

Abbildung 2.5.45



Konstruktionshinweise

• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: blanker Stahl
Circular Spline: blanker Grauguss
Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator: blanker Stahl

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei der Harmonic Drive SE anzufragen.

Schmierung

• Fettschmierung

Die Getriebe mit Abtriebslager SHG/HFUS werden vollständig gefettet geliefert. Sie sind werkseitig mit einer Lebensdauerfettschmierung versehen. Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 2.5.46 genannten Schmierfette. Das Abtriebslager ist mit Harmonic Drive® Schmierfett 4BNo.2 gefettet.

Tabelle 2.5.46

Untersetzung	Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße								
		11	14	17	20	25	32	40	45 ... 58	65
30 (HFUS)	SK-1A	-	-	-	O	O	O	-	-	-
	SK-2	-	O	O	-	-	-	-	-	-
	4BNo.2	-	Δ	Δ	□	□	□	-	-	-
	Flexolub-A1[1)]	-	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	-	-	-
≥50	SK-1A	-	-	-	O	O	O	O	O	O
	SK-2	O	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	-	-
	4BNo.2	-	□	□	□	□	□	□	□	□
	Flexolub-A1[1)]	-	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	-

[1)] nur für Baureihe HFUS
O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Ölschmierung

Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager mit Ölschmierung sind kundenspezifische Sonderanfertigungen. Schmierung und Nachschmierung werden individuell festgelegt. Nähere Informationen finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Leichtes und kurzbauendes Hohlwellengetriebe

Die Getriebe mit Abtriebslager der Baureihe SHD-2SH zeichnen sich durch ihre sehr kurze Bauform aus. Im Vergleich zur SHG/HFUS Baureihe ist die axiale Länge um etwa 50 % reduziert. Darüber hinaus weist diese Baureihe ein sehr geringes Gewicht auf sowie einen Wave Generator mit großer Bohrung zur Durchführung von Versorgungsleitungen.

Merkmale

- Sehr kurze Bauform
- Sehr geringes Gewicht
- Große Wave Generator Bohrung
- Hohe einstufige Untersetzungen
- Spielfreiheit
- Hohe Übertragungsgenauigkeit
- Hohe Drehmomentkapazität
- Hohe Torsionssteifigkeit

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.6.1

Bestellbezeichnung	SHD	-	25	-	100	-	2SH	-	SP
Baureihe									
Baugröße (entspricht dem Teilkreis-Durchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			14 17 20 25 32 40						
Untersetzung (In der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG), Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					50 80 100 120 160				
Version Getriebe mit Abtriebslager							2SH		
Kundenspezifische Ausführung									
Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage)									SP
Standardausführung (=Feld bleibt leer)									[ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.6.2

Baugröße		14	17	20	25	32	40
Untersetzung	50	●	●	●	●	●	●
	80	●	●	●	●	●	●
	100	●	●	●	●	●	●
	120	-	●	●	●	●	●
	160	-	-	●	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

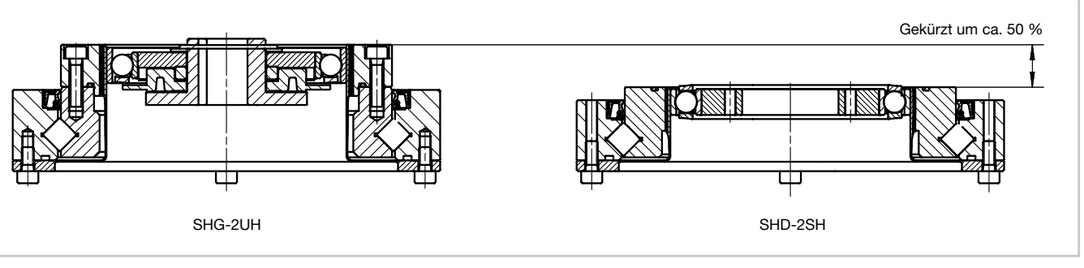
Tabelle 2.6.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment	Gewicht
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Fettschmierung	Fettschmierung	[kgm^2]	[kg]
14	50	12,0	4,8	3,7	23,0	8500	3500	0,021x10^{-4}	0,33
	80	16,0	7,7	5,4	35,0				
	100	19,0	7,7	5,4	35,0				
17	50	23	18	11	48	7300	3500	0,054x10^{-4}	0,42
	80	29	19	15	61				
	100	37	27	16	71				
	120	37	27	16	71				
20	50	39	24	17	69	6500	3500	0,090x10^{-4}	0,52
	80	51	33	24	89				
	100	57	34	28	95				
	120	60	34	28	95				
	160	64	34	28	95				
25	50	69	38	27	127	5600	3500	0,282x10^{-4}	0,91
	80	96	60	44	179				
	100	110	75	47	184				
	120	117	75	47	204				
	160	123	75	47	204				
32	50	151	75	53	268	4800	3500	1,090x10^{-4}	1,87
	80	213	117	83	398				
	100	233	151	96	420				
	120	247	151	96	445				
	160	261	151	96	445				
40	50	281	137	96	480	4000	3000	2,850x10^{-4}	3,09
	80	364	198	144	686				
	100	398	260	185	700				
	120	432	315	205	765				
	160	453	316	206	765				

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Vergleich SHG-2UH zu SHD-2SD

Abbildung 2.6.4



• Abmessungen

Abbildung 2.6.5

[mm]

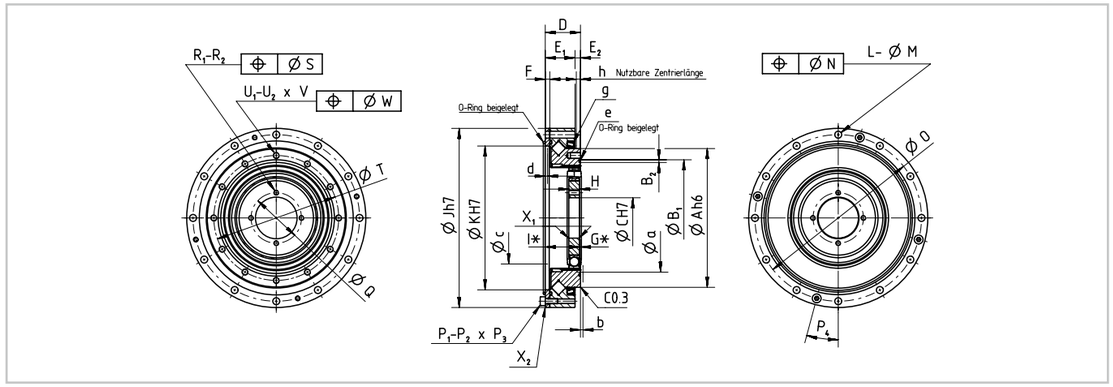


Tabelle 2.6.6

[mm]

Baugröße		14	17	20	25	32	40
ø A h6		49 $^{0}_{-0,016}$	59 $^{0}_{-0,019}$	69 $^{0}_{-0,019}$	84 $^{0}_{-0,022}$	110 $^{0}_{-0,022}$	132 $^{0}_{-0,025}$
ø B_1		39,1 $^{+0,1}_{0}$	48,0 $^{+0,1}_{0}$	56,8 $^{+0,1}_{0}$	70,5 $^{+0,1}_{0}$	92,0 $^{+0,1}_{0}$	112,4 $^{+0,1}_{0}$
B_2		0,8 $^{+0,15}_{0}$	1,1 $^{+0,25}_{0}$	1,4 $^{+0,25}_{0}$	1,7 $^{+0,25}_{0}$	2,0 $^{+0,25}_{0}$	2,2 $^{+0,25}_{0}$
ø C H7		11 $^{+0,018}_{0}$	15 $^{+0,018}_{0}$	20 $^{+0,021}_{0}$	24 $^{+0,021}_{0}$	32 $^{+0,025}_{0}$	40 $^{+0,025}_{0}$
D		17,5 ±0,1	18,5 ±0,1	19,0 ±0,1	22,0 ±0,1	27,9 ±0,1	33,0 ±0,1
E_1		15,5	16,5	17,0	20,0	23,6	28,0
E_2		2,0	2,0	2,0	2,0	4,3	5,0
F		2,4	3,0	3,0	3,3	3,6	4,0
G*		1,8	1,6	1,2	0,4	0,6	0,8
H		4,0 $^{0}_{-0,1}$	5,0 $^{0}_{-0,1}$	5,2 $^{0}_{-0,1}$	6,3 $^{0}_{-0,1}$	8,6 $^{0}_{-0,1}$	10,3 $^{0}_{-0,1}$
I*		15,7 $^{0}_{-0,2}$	16,9 $^{0}_{-0,2}$	17,8 $^{0}_{-0,2}$	21,6 $^{0}_{-0,2}$	27,3 $^{0}_{-0,2}$	32,2 $^{0}_{-0,2}$
ø J H7		70 $^{0}_{-0,030}$	80 $^{0}_{-0,030}$	90 $^{0}_{-0,035}$	110 $^{0}_{-0,035}$	142 $^{0}_{-0,040}$	170 $^{0}_{-0,040}$
ø K H7		50 $^{+0,025}_{0}$	61 $^{+0,030}_{0}$	71 $^{+0,030}_{0}$	88 $^{+0,035}_{0}$	114 $^{+0,035}_{0}$	140 $^{+0,040}_{0}$
L		8	12	12	12	12	12
ø M		3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,6
ø N		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30
ø O		64	74	84	102	132	158
Schraubenbezeichnung	P_1	2	2	2	4	4	4
	P_2	M3	M3	M3	M3	M4	M4
	P_3	6	6	8	8	8	10
P_4		22,5 °	15 °	15 °	15 °	15 °	15 °
ø Q		17	21	26	30	40	50
R_1		4	4	4	4	4	4
R_2		M3	M3	M3	M3	M4	M5
ø S		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ø T		43,0	52,0	61,4	76,0	99,0	120,0
Gewindebezeichnung	U_1	8	12	12	12	12	12
	U_2	M3	M3	M3	M4	M5	M6
	V	4,5	4,5	4,5	6,0	8,0	9,0
ø W		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30
X_1		C0,4	C0,4	C0,5	C0,5	C0,5	C0,5
X_2		C0,4	C0,4	C0,5	C0,5	C0,5	C0,5
Minimaler Gehäuseabstand	ø a	36,5	45,0	53,0	66,0	86,0	106,0
	b	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5
	ø c	31	38	45	56	73	90
	d	1,4	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8
e		d37,10 d0,60	d45,40 d0,80	d53,28 d0,99	d66,50 d1,30	d87,50 d1,50	d107,50 d1,60
g		D49585	D59685	D69785	D84945	D1101226	D1321467
h		1,5	1,5	1,5	1,5	3,3	4,0

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.6.7

[arcmin]

Baugröße	14		17		20 ... 40	
Untersetzung	50	>50	50	>50	50	>50
Übertragungsgenauigkeit	<1,5		<1,5		<1,0	
Hystereseverlust	<2,5	<2,0	<2,0	<1,0	<2,0	<1,0

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.6.8

	Symbol [Einheit]	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	2,0	3,9	7,0	14,0	29,0	54,0
	T_2 [Nm]	6,9	12,0	25,0	48,0	108,0	196,0
i = 50	K_3 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,47	1,20	2,00	3,70	8,40	15,00
	K_2 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,37	0,88	1,30	2,70	6,10	11,00
	K_1 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,29	0,67	1,10	2,00	4,70	8,80
i ≥ 80	K_3 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,61	1,30	2,50	4,70	11,00	20,00
	K_2 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,44	0,94	1,70	3,70	7,80	14,00
	K_1 [x 10^{-4} Nm/rad]	0,40	0,84	1,30	2,70	6,10	11,00

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.6.9

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	6,2	19	25	39	60	95
80	5,0	16	23	36	55	83
100	4,8	17	22	34	50	78
120	-	13	22	34	48	77
160	-	-	22	33	47	74

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.6.10

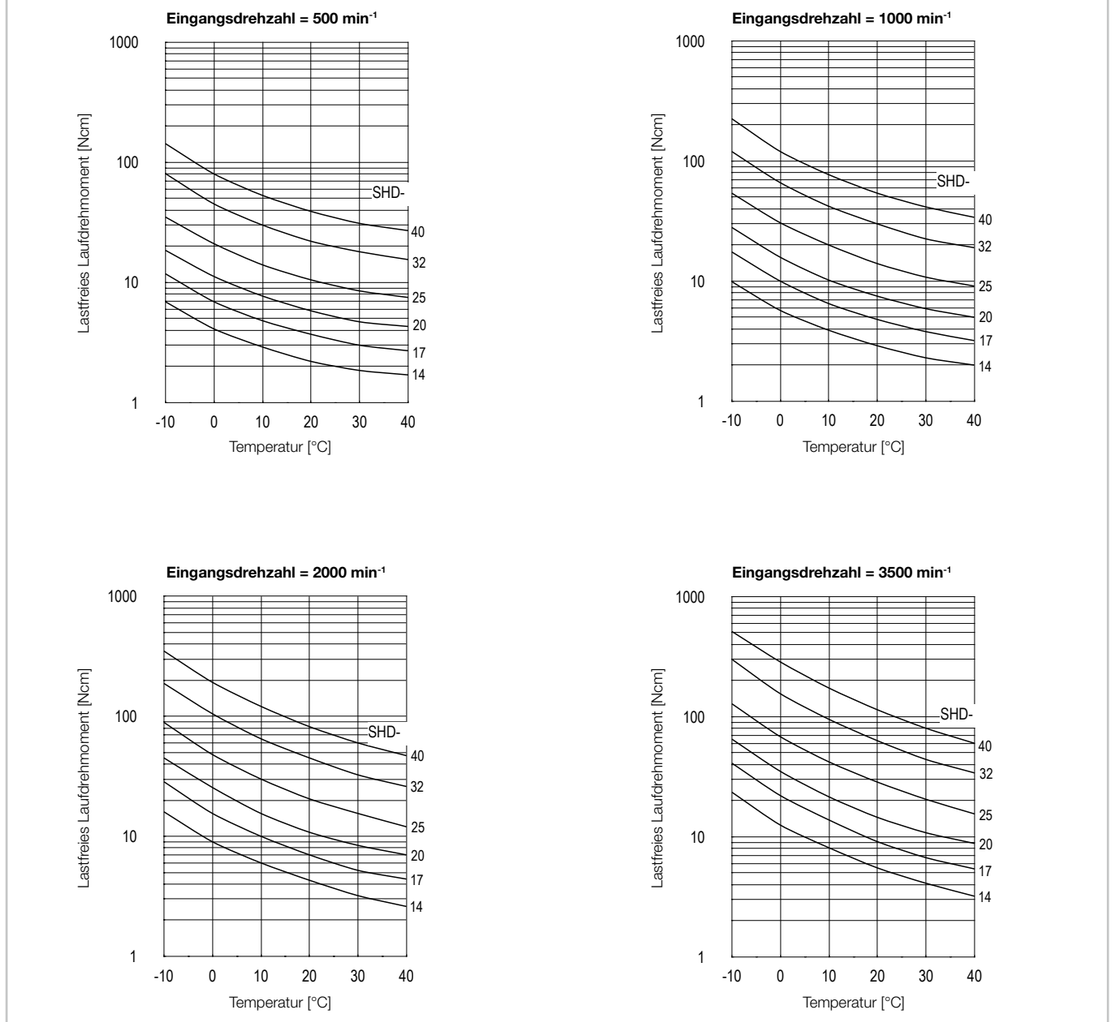
[Nm]

Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	3,7	11	15	24	36	57
80	4,3	15	21	32	46	72
100	5,8	21	27	41	60	94
120	-	28	33	51	68	113
160	-	-	42	64	91	143

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.6.11



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 2.6.12

[Ncm]

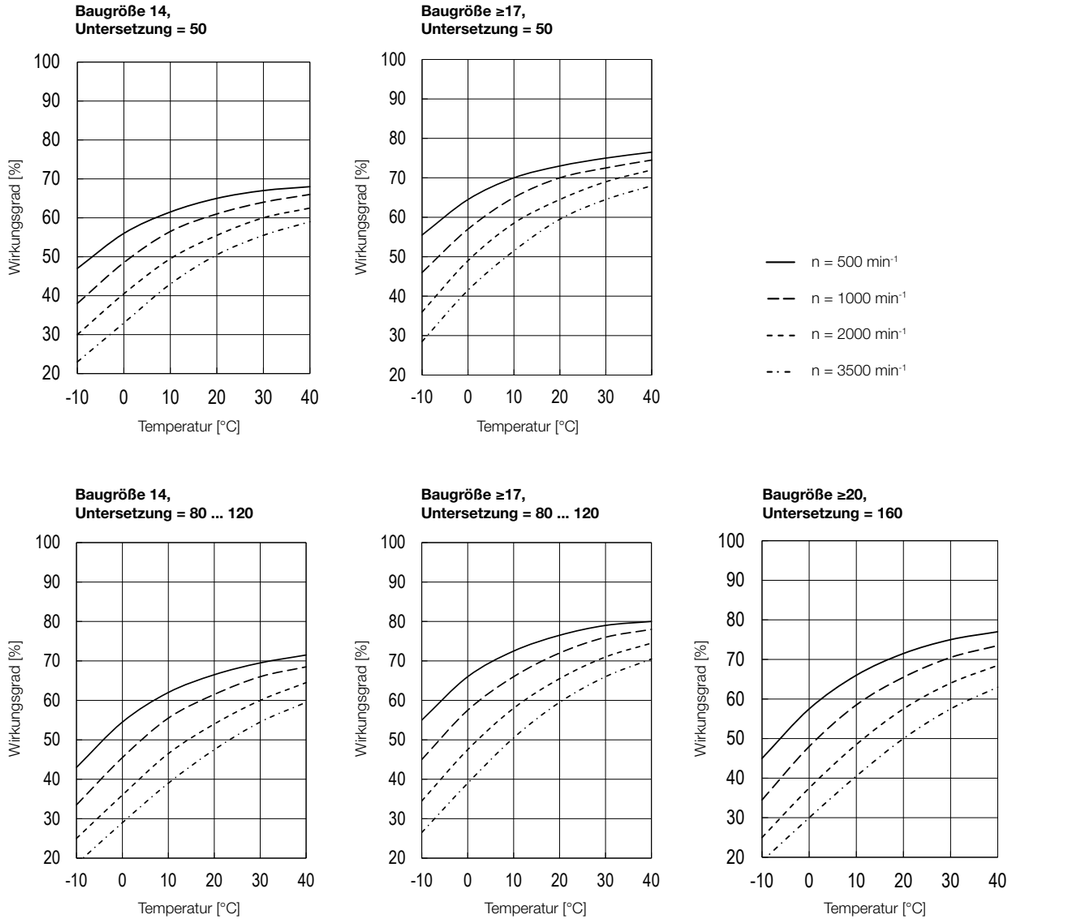
Untersetzung	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
50	1,0	1,6	2,4	4,0	7,0	13,0
80	0,2	0,3	0,5	0,8	1,4	2,4
120	-	-0,2	-0,3	-0,5	-1,0	-1,7
160	-	-	-0,7	-1,2	-2,4	-3,9

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 14, 17) bzw. SK-1A (Baugröße ≥20).

Abbildung 2.6.13



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab:
Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge.
Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel:

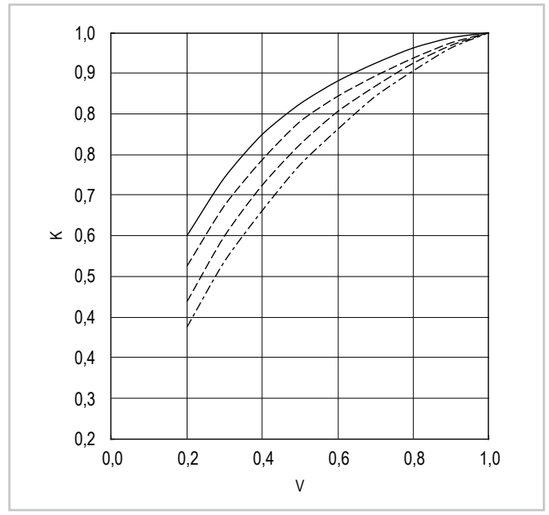
Produkt: SHD-20-80-2SH

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 20 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 24 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/24 = 0,83$ (Für $V > 1$ ist $K = 1$)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.6.14: K = 0,95
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgradkennlinie Abbildung 2.6.13: η = 73 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 73\ \% \cdot 0,95 = 69\ \%$

Abbildung 2.6.14

Berechnungsfaktor K



Korrekturwert für Wirkungsgrad

Beim Einsatz eingangsseitiger Stützlager und Radialwellendichtungen sind die folgenden Korrekturwerte für den Wirkungsgrad zu berücksichtigen.

Tabelle 2.6.15

[%]

Baugröße Untersetzung	50	80	100	120	160
14	0	3,1	0	-	-
17	2,4	1,9	0	-2,6	-
20	2,1	2,1	1,6	-0,9	1,3
25	-0,7	1,6	-0,3	-2,9	-0,8
32	-1,9	2,0	-1,1	-3,7	-1,6
40	-1,9	-1,2	-0,2	-1,1	0,9

Abtriebslager

Die Getriebe SHD-2SH sind mit einem hoch belastbaren Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgestattet. Dieses speziell an die Abmessungen der SHD Einbausätze angepasste Lager nimmt sowohl hohe Axial- und Radialkräfte als auch hohe Kippmomente auf. Dadurch wird das Getriebe von äußeren Belastungen freigehalten, sodass 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.

• Leistungsdaten

Tabelle 2.6.16

	Symbol [Einheit]	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
Lagertyp[1)]		C	C	C	C	C	C
Teilkreisdurchmesser	d_p [m]	0,0503	0,0610	0,0700	0,0860	0,1120	0,1330
Abstand[2)]	R [m]	0,0111	0,0115	0,0110	0,0121	0,0173	0,0195
Dynamische Tragzahl	C [N]	2900	5200	7300	10900	19100	21600
Statische Tragzahl	C_0 [N]	4300	8100	11000	17900	32700	40800
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3,4)]	M [Nm]	37	62	93	129	290	424
Kippsteifigkeit[5)]	K_B [Nm/arcmin]	21	37	61	90	239	422
Zulässige Axiallast[4)]	F_a [N]	620	1111	1560	2329	4080	4615
Zulässige Radiallast[4)]	F_r [N]	415	744	1045	1560	2734	3092

1) Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
2) Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: $M = 0$, $F_r = 0$ I F_r: $M = 0$, $F_a = 0$
5) Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

Montagetoleranzen

Wir empfehlen bei der Montage die Einhaltung der folgenden Toleranzen der Anschlusskomponenten:

Abbildung 2.6.17

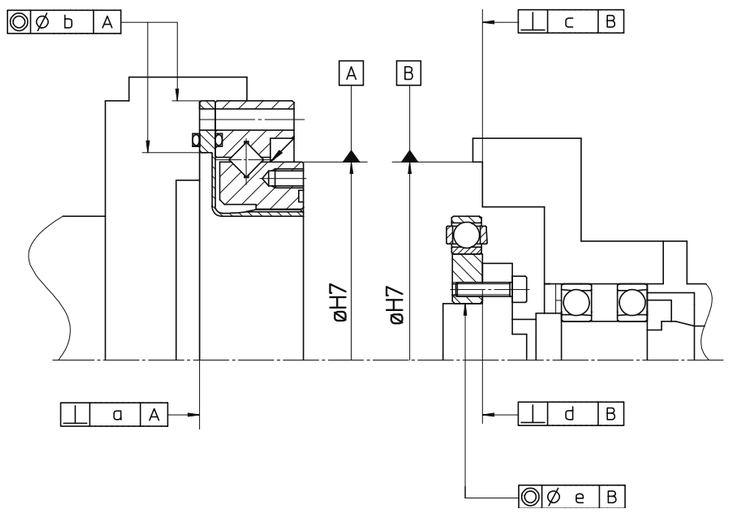


Tabelle 2.6.18 [mm]

Symbol	Empfohlene Toleranz Welle/ Bohrung der Anschlusskomponenten	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
a		0,016	0,021	0,027	0,035	0,042	0,048
Ø b	H6 / h6	0,015	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024
c		0,011	0,012	0,013	0,014	0,016	0,016
d		0,008	0,010	0,012	0,012	0,012	0,012
Ø e	h6	0,016	0,018	0,019	0,022	0,022	0,024

Motorwellentoleranzen sollten der DIN 42955 R entsprechen.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• O-Ring-Nut am Flexspline

Empfohlene Abmessungen der O-Ring-Nut am Flexspline.

Abbildung 2.6.19

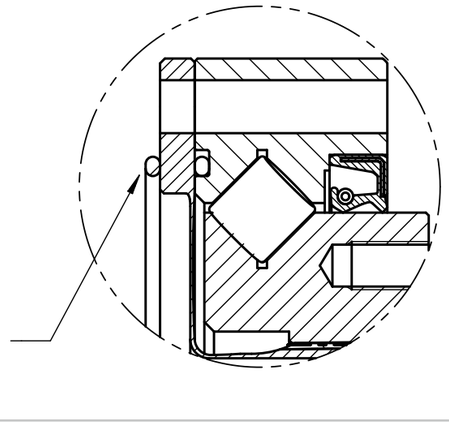


Abbildung 2.6.20

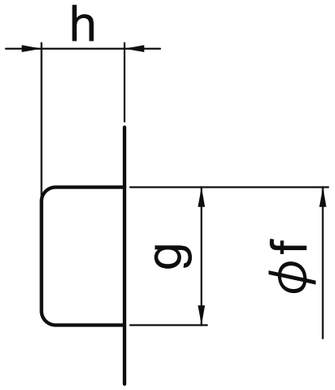
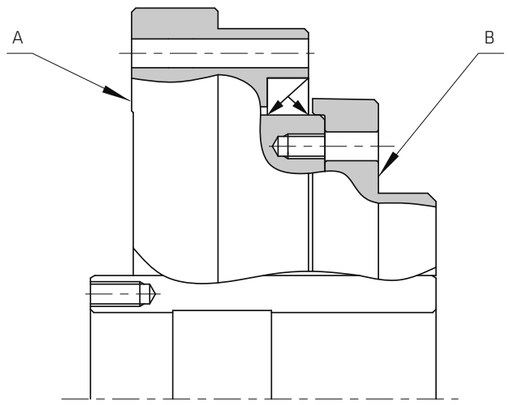


Tabelle 2.6.21 [mm]

Symbol	Baugröße											
	14		17		20		25		32		40	
Øf	57,0	+0,1/0	68,1	+0,1/0	78,0	+0,1/0	94,8	+0,1/0	123,0	+0,1/0	148,0	+0,1/0
g	2,0	+0,25/0	2,0	+0,25/0	2,7	+0,25/0	2,4	+0,25/0	2,7	+0,25/0	2,7	+0,25/0
h	1,10	0/-0,1	1,10	0/-0,1	1,50	0/-0,1	1,35	0/-0,1	1,50	0/-0,1	1,50	0/-0,1
O-Ring	54,38 x 1,19		64,00 x 1,50		72,00 x 2,00		88,62 x 1,78		117,00 x 2,00		142,00 x 2,00	

Montage

Abbildung 2.6.22



• Montage an der A-Seite (Flexspline)

Tabelle 2.6.23

	[Einheit]	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	64	74	84	102	132	158
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	108	186	210	431	892	1509

Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

• Montage an der B-Seite (Circular Spline)

Tabelle 2.6.24

	[Einheit]	Baugröße					
		14	17	20	25	32	40
Anzahl der Schrauben		8	12	12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M3	M3	M4	M5	M6
Teilkreisdurchmesser	[mm]	43,0	52,0	61,4	76,0	99,0	120,0
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	2,0	2,0	4,5	9,0	15,3
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	72	130	154	321	668	1148

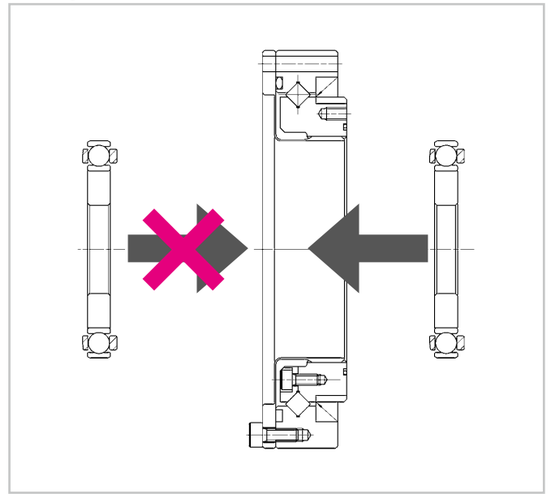
Schraubenqualität 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Einbau des Wave Generators

Die Montage des Wave Generators muss in Pfeilrichtung erfolgen. Beim Einschieben des Wave Generators in den Flexspline passt dieser sich der elliptischen Form des Wave Generators an.

Abbildung 2.6.25

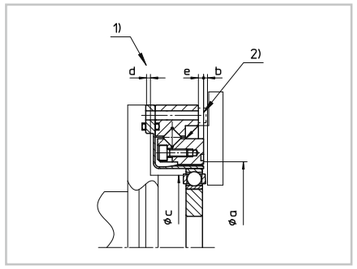


Konstruktionshinweise

Zur Sicherstellung einer optimalen Schmierung sollte der Getrieberaum kompakt gehalten werden. Bei Füllung des Getrieberaums mit mehr als 50 % Schmierfett steigt die Leckagegefahr. Darum sollte die Relation Fettvolumen/Getrieberaum kleiner als 0,5 sein. Beim Einbau mit vertikaler Achse und vorwiegend oben oder unten liegendem Wave Generator sollte der Spalt zwischen Wave Generator und eingangsseitigem (Motor) Adapterflansch mit Fett gefüllt werden.

• Empfohlene Gehäuseabmessungen

Abbildung 2.6.26



1) d = max. zulässige Zentrierlänge, wenn die Zentrierung innen am Flexspline erfolgt
2) Kontakt zwischen Schraube und Flansch vermeiden

Tabelle 2.6.27 **[mm]**

Symbol	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
Øa	36,5	45,0	53,0	66,0	86,0	106,0
b	1,0 (3,0)	1,0 (3,0)	1,5 (4,5)	1,5 (4,5)	2,0 (6,0)	2,5 (7,5)
Øc	31	38	45	56	73	90
d	1,4	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8
e	1,5	1,5	1,5	1,5	3,3	4,0

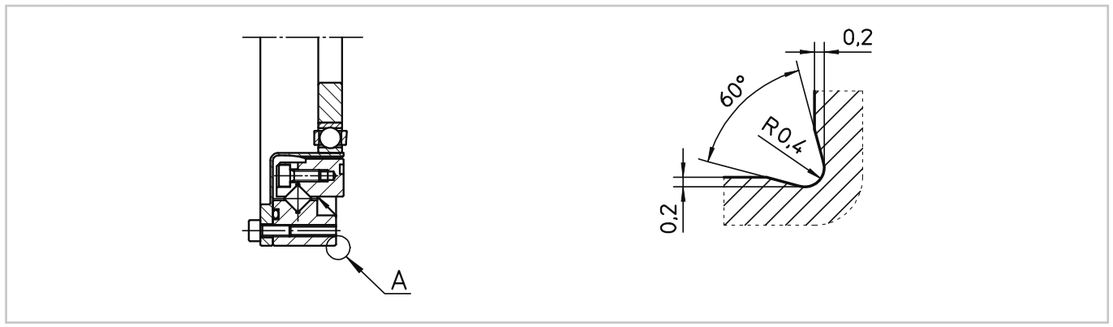
Die Werte in Klammern beziehen sich auf eine Einbaulage mit oben liegendem Wave Generator.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Gehäusedetail

Wir empfehlen den folgenden Freistich am Kundenflansch.

Abbildung 2.6.28



• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: blanker Stahl
Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator: blanker Stahl

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei der Harmonic Drive SE anzufragen.

Schmierung

Bei der Lieferung von Standard SHD-2SH Getrieben mit Abtriebslager sind die Verzahnungen und das Abtriebslager bereits geschmiert. Vor der Inbetriebnahme muss das Wave-Generator-Kugellager und die Innenseite des Flexsplines gefettet werden. Wir empfehlen den Einsatz der in Tabelle 2.6.29 genannten Schmierfette.

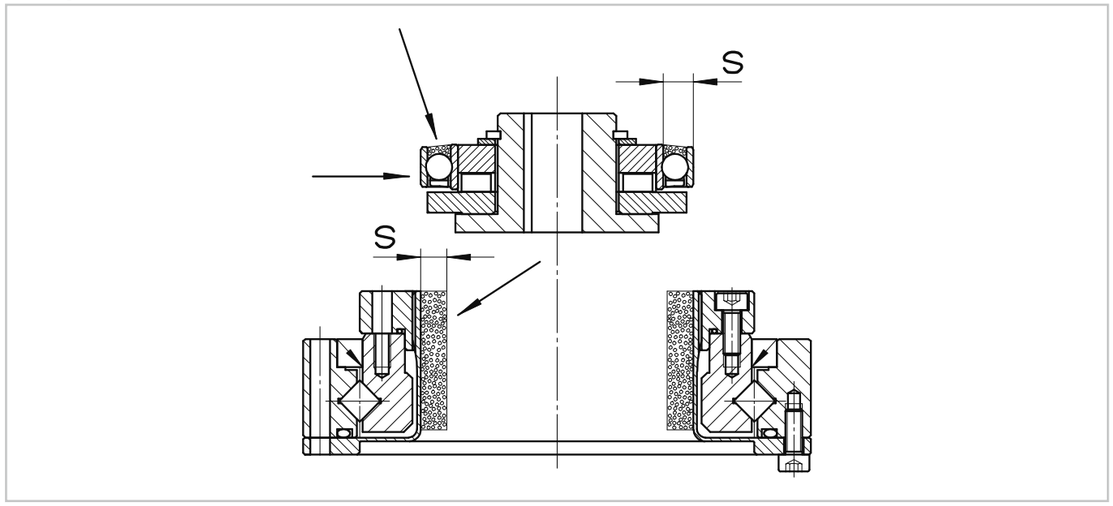
Tabelle 2.6.29

Harmonic Drive® Schmierfett	Baugröße					
	14	17	20	25	32	40
SK-1A	-	-	O	O	O	O
SK-2	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ
4BNo.2	□	□	□	□	□	□

O Standard-Schmierfett
□ Empfohlen bei sehr hoher Last bzw. sehr hohen Anforderungen an die Lebensdauer des Schmierfetts
Δ Optionales Schmierfett, bitte Rücksprache

Abbildung 2.6.30 zeigt die zu schmierenden Bereiche.

Abbildung 2.6.30



• Fettmenge

Tabelle 2.6.31

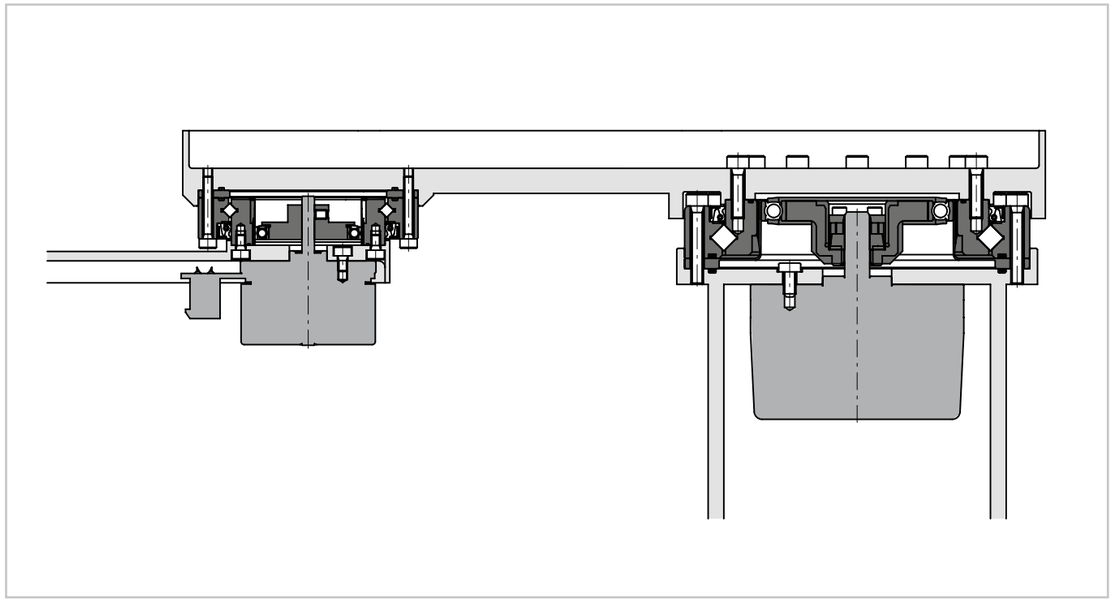
[g]

Baugröße	14	17	20	25	32	40
Standard-Fettmenge	5	9	13	24	51	99

ⓘ Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Anwendungsbeispiel

Abbildung 2.6.32



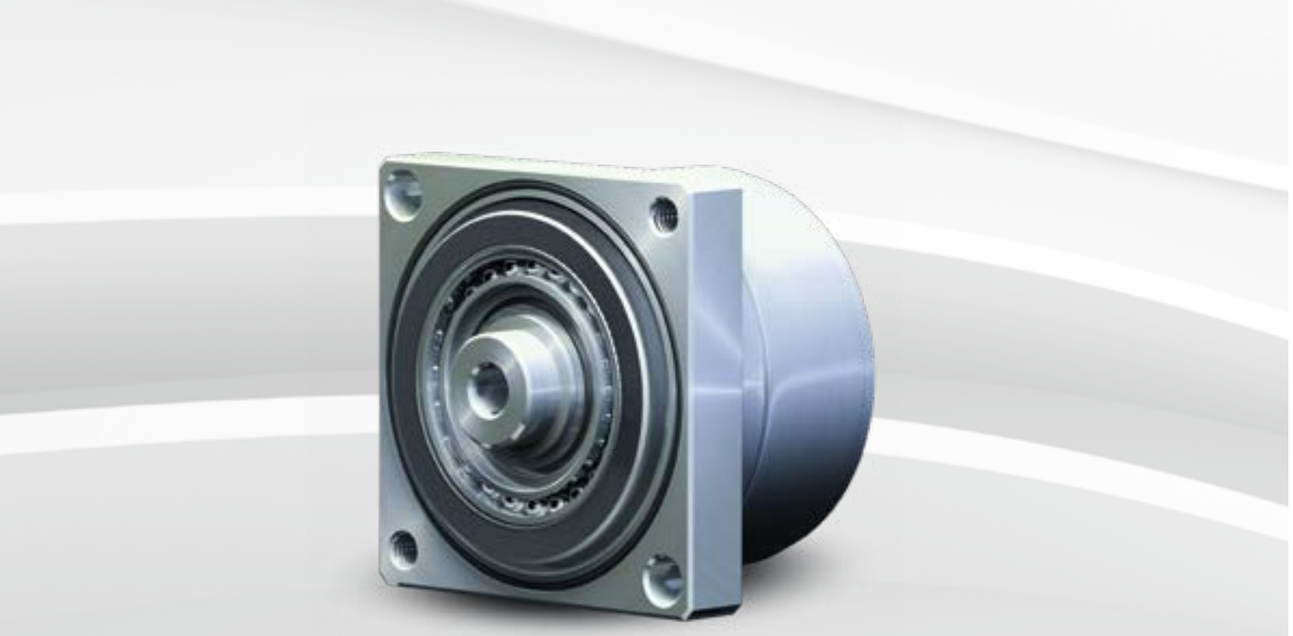
Produktbeschreibung

Präzisionsgetriebe für den Bereich kleiner Drehmomente

Die Getriebe der Baureihe CSF Mini bestehen aus einem HFUC-2A Getriebe-Einbausatz und einem Abtriebslager. Sie eignen sich für Anwendungen mit kleinen Drehmomenten und zeichnen sich durch höchste Präzision und geringstes Gewicht aus.

Merkmale

- Sechs Versionen für unterschiedliche Einbausituationen
- Geringstes Gewicht
- Integriertes Abtriebslager
- Direkter Motoranbau möglich
- Für präzise Anwendungen in kleinen Drehmomentbereichen



Bestellbezeichnung

Tabelle 2.7.1

Bestellbezeichnung	CSF	-	3B	-	100	-	1U-CC	-	SP
Baureihe									
Baugröße/Produktgeneration (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			3B						
			5						
			8						
			11						
			14						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30				
					50				
					80				
					100				
Version									
Abtriebswelle, Eingangswelle, breiter Befestigungsflansch							1U		
Abtriebswelle, Eingangsnabe, breiter Befestigungsflansch							1U-CC		
Abtriebswelle, Eingangsnabe, schmaler Befestigungsflansch							2XH-J		
Abtriebsflansch, Eingangswelle, breiter Befestigungsflansch							1U-F		
Abtriebsflansch, Eingangsnabe, breiter Befestigungsflansch							1U-CC-F		
Abtriebsflansch, Eingangsnabe, schmaler Befestigungsflansch							2XH-F		
Kundenspezifische Ausführung									
Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage)									SP
Standardausführung (= Feld bleibt leer)									[ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.7.2

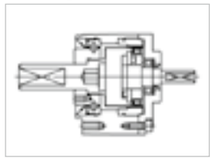
Baugröße		3B	5	8	11	14
Untersetzung	30	●	●	●	●	●
	50	●	●	●	●	●
	80	-	-	-	-	●
	100	●	●	●	●	●
Version	1U	●	●	●	●	●
	1U-CC	●	●	●	●	●
	2XH-J	-	●	●	●	●
	1U-F	-	●	●	●	●
	1U-CC-F	-	●	●	●	●
	2XH-F	-	●	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Informationen zur Version siehe nächste Seite.

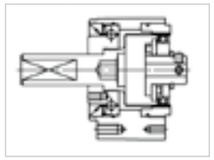
• Versionen

Abbildung 2.7.3



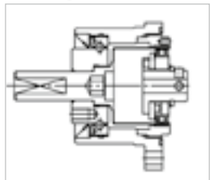
CSF-1U
(Baugröße 3 ... 14)
Abtriebswelle, Eingangswelle, breiter Befestigungsflansch

Abbildung 2.7.4



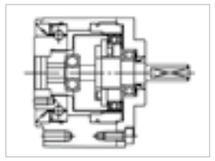
CSF-1U-CC
(Baugröße 3 ... 14)
Abtriebswelle, Eingangsnabe, breiter Befestigungsflansch

Abbildung 2.7.5



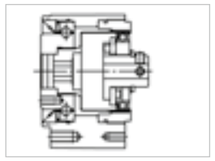
CSF-2XH-J
(Baugröße 5 ... 14)
Abtriebswelle, Eingangsnabe, schmaler Befestigungsflansch

Abbildung 2.7.6



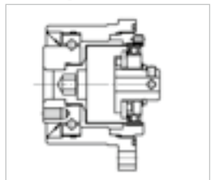
CSF-1U-F
(Baugröße 5 ... 14)
Abtriebsflansch, Eingangswelle, breiter Befestigungsflansch

Abbildung 2.7.7



CSF-1U-CC-F
(Baugröße 5 ... 14)
Abtriebsflansch, Eingangsnabe, breiter Befestigungsflansch

Abbildung 2.7.8



CSF-2XH-F
(Baugröße 5 ... 14)
Abtriebsflansch, Eingangsnabe, schmaler Befestigungsflansch

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.7.9

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei Nenndrehzahl 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Maximale Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment		Gewicht
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Schmierung Fett	Schmierung Fett	-1U-(F)	-1U-CC-(F) -2XH-J, -F	[kg]
								[kgcm^2]		
3B	30	0,13	0,10	0,06	0,22	10000	6500	5,3x10^{-7}	7x10^{-7}	siehe Abmessungen
	50	0,21	0,13	0,11	0,41					
	100	0,30	0,23	0,15	0,57					
5	30	0,5	0,38	0,25	0,9	10000	6500	2,5x10^{-4}	2,5x10^{-4}	
	50	0,9	0,53	0,4	1,8					
	100	1,4	0,94	0,6	2,7					
8	30	1,8	1,4	0,9	3,3	8500	3500	3,2 x10^{-3}	3,0x10^{-3}	
	50	3,3	2,3	1,8	6,6					
	100	4,8	3,3	2,4	9,0					
11	30	4,5	3,4	2,2	8,5	8500	3500	1,4x10^{-2}	1,2x10^{-2}	
	50	8,3	5,5	3,5	17					
	100	11	8,9	5,0	25					
14	30	9	6,8	4,0	17	8500	3500	3,4x10^{-2}	3,3x10^{-2}	
	50	18	6,9	5,4	35					
	80	23	11	7,8	47					
	100	28	11	7,8	54					

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 2.7.10

CSF-3B-xx-1U [mm]

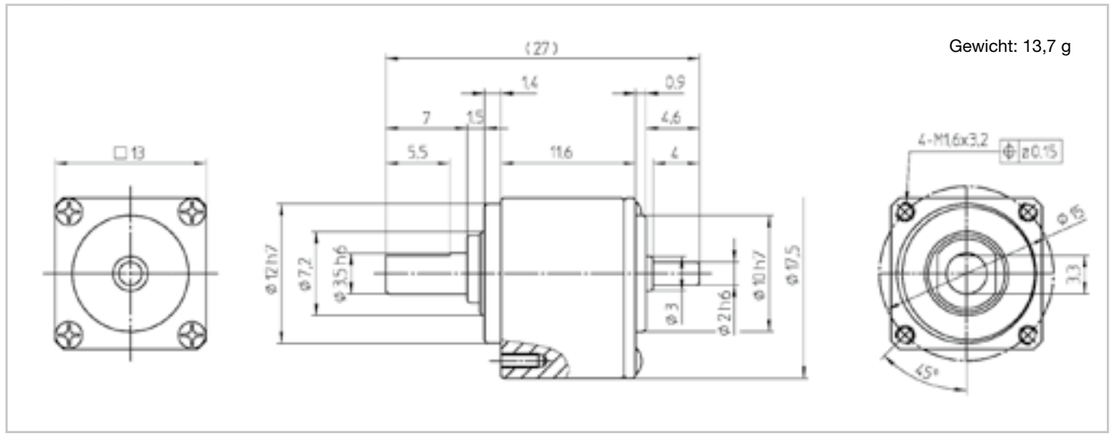
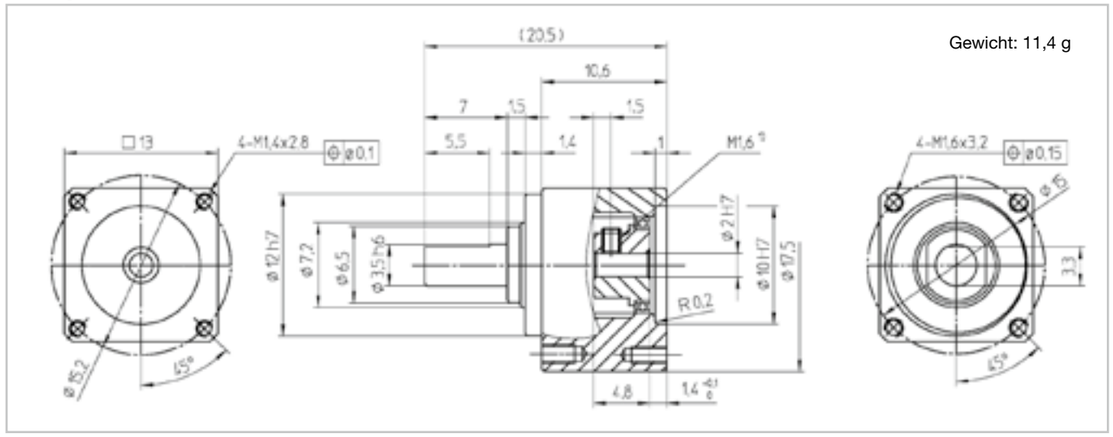


Abbildung 2.7.11

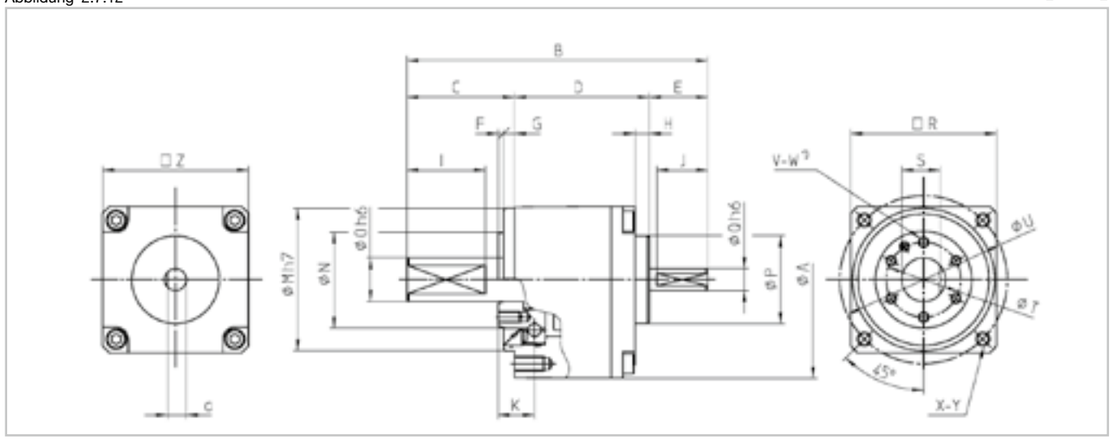
CSF-3B-xx-1U-CC [mm]



CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.7.12

CSF-5 ... 14-xx-1U [mm]



1) Gleichmäßig verteilt

Tabelle 2.7.13

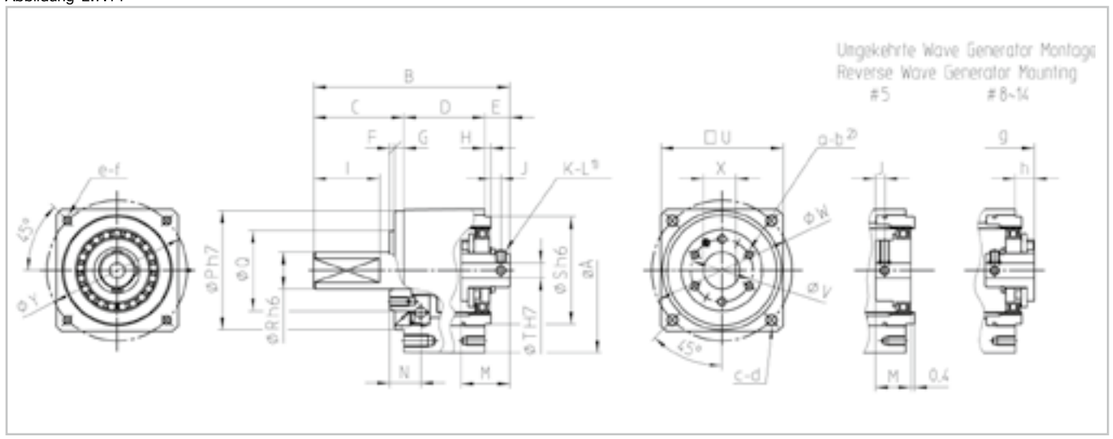
[mm]

Baugröße	5	8	11	14
Ø A	26,5	40	54	68
B	37	65,5	82,5	95,4
C	13	23	29,5	29,5
D	16	29,5	37	49,9
E	8	13	16	16
F	0,5	0,5	0,5	1,5
G	2,5	2,5	3	3
H	0,8	2,6	3,9	8,4
I	9	18	21,5	23
J	7	11	14	14
K	4,85	7,3	9	11,4
Ø M h7	19,5	29	39	48
Ø N	13	20	26,5	33,5
Ø O h6	5	9	12	15
Ø P	9	16	24	32
Ø Q h6	3	5	6	8
□ R	20,4±0,42	30,7±0,46	40,9±0,50	51,1±0,50
S	4,6	8	10,5	14
Ø T	9,8	15,5	20,5	25,5
Ø U	23	35	46	58
V	3	4	6	6
W	M2x3	M3x4	M3x5	M4x6
X	4	4	4	4
Y	M2x3	M3x6	M4x8	M5x10
□ Z	20±0,42	30±0,46	40±0,50	50±0,50
a	2,6	4,5	5,5	7,5
Gewicht [g]	35	130	240	440

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.7.14

CSF-5 ... 14-xx-1U-CC



1) Mit Befestigungsschrauben ISO 4029
2) Gleichmäßig verteilt

Tabelle 2.7.15

[mm]

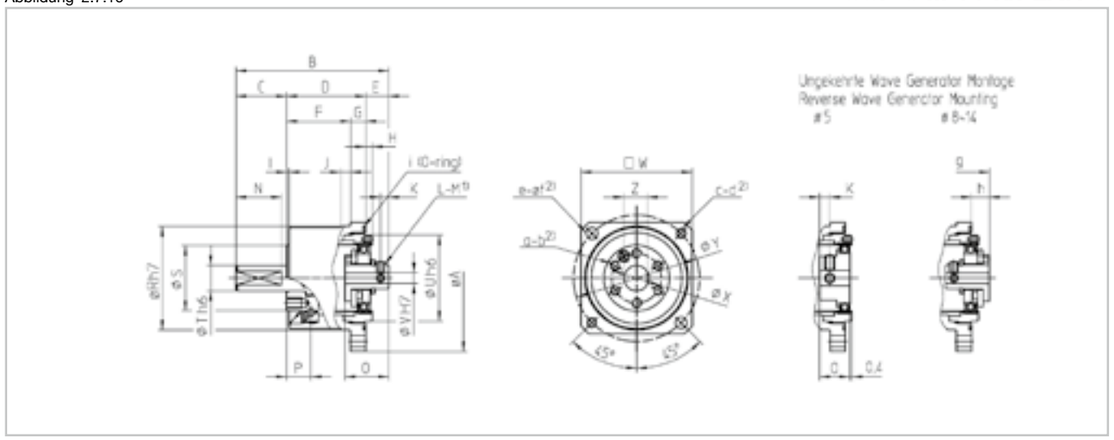
Baugröße	5	8	11	14
Ø A	26,5	40	54	68
B¹⁾	30,5	51	64,3	70
C	13	23	29,5	29,5
D	12,7	21,5	26,5	33
E¹⁾	$4{,}8^{0}_{-0{,}2}$	$6{,}5^{0}_{-0{,}3}$	$8{,}3^{0}_{-0{,}7}$	$7{,}5^{0}_{-0{,}8}$
F	0,5	0,5	0,5	1,5
G	2,5	2,5	3	3
H	1,3	1,5	2	2,5
I	9	18	21,5	23
J	2	2	3	2,5
K	2	2	2	2
L	M2x3	M2x3	M3x4	M3x4
M	6	12	16	17,6
N	4,85	7,3	9	11,4
Ø P h7	19,5	29	39	48
Ø Q	13	20	26,5	33,5
Ø R h6	5	9	12	15
Ø S h6	17	26	35	43
Ø T H7	3	3	5	6
□ U	20,4±0,42	30,7±0,46	40,9±0,5	51,1±0,5
Ø V	9,8	15,5	20,5	25,5
Ø W	23	35	46	58
X	4,6	8	10,5	14
ØY	22,5	34	46	58
a	3	4	6	6
b	M2x3	M3x4	M3x5	M4x6
c	4	4	4	4
d	M2x3	M3x6	M4x8	M5x10
e	4	4	4	4
f	M2x3	M2,5x5	M3x6	M4x8
g¹⁾	27	48,7	62,1	70,4
h¹⁾	-	$4{,}2^{0}_{-0{,}3}$	$6{,}1^{0}_{-0{,}7}$	$7{,}9^{0}_{-0{,}8}$
Gewicht [g]	27	111	176	335

1) Axiales Maß unter Berücksichtigung der Toleranzen des Wave-Generator-Einstellmaßes. Zur Erzielung der spezifizierten Katalogdaten ist die Einhaltung dieser Abmessung erforderlich.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.7.16

CSF-5 ... 14-xx-2XH-J



1) Mit Befestigungsschrauben ISO 4029
2) Gleichmäßig verteilt

Tabelle 2.7.17

[mm]

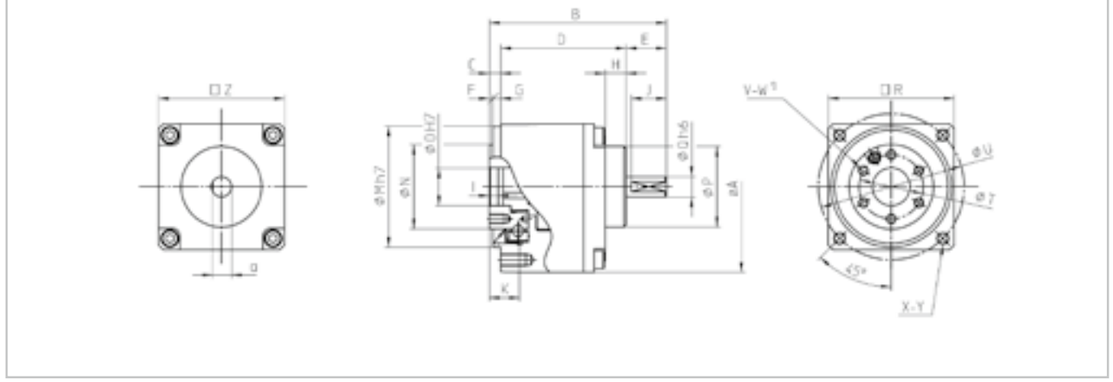
Baugröße	5	8	11	14
Ø A	29	43,5	58	73
B[1)]	30,5	51	64,3	70
C	10	20	26	25
D	15,7	24,5	30	37,5
E[1)]	$4,8^{0}_{-0,2}$	$6,5^{0}_{-0,3}$	$8,3^{0}_{-0,7}$	$7,5^{0}_{-0,8}$
F	12,7	19	23,5	28
G	3	5,5	6,5	9,5
H	1,3	1,5	2	2,5
I	0,5	0,5	0,5	1,5
J	2	3	3	5
K	2	2	3	2,5
L	2	2	2	2
M	M2x3	M2x3	M3x4	M3x4
N	9	18	21,5	23
O	6	12	16	17,6
P	4,85	7,3	9	11,4
Ø R h7	20,5	31	40,5	51
Ø S	13	20	26,5	33,5
Ø T h6	5	9	12	15
Ø U h6	17	26	35	43
Ø V H7	3	3	5	6
□ W	22±0,42	32±0,46	43±0,50	53±0,50
X	9,8	15,5	20,5	25,5
ØY	25	37,5	50	62
Z	4,6	8	10,5	14
a	3	4	6	6
b	M2x3	M3x4	M3x5	M4x6
c	2	2	2	2
d	M2	M3	M4	M5
e	2	2	2	2
Øf	2,3	3,4	4,5	5,5
g[1)]	27	48,7	62,1	70,4
h[1)]	-	$4,2^{0}_{-0,3}$	$6,1^{0}_{-0,7}$	$7,9^{0}_{-0,9}$
i	18,90x0,70	28,20x1,00	38,00x1,50	48,00x1,00
Gewicht [g]	27	111	176	335

1) Axiales Maß unter Berücksichtigung der Toleranzen des Wave-Generator-Einstellmaßes. Zur Erzielung der spezifizierten Katalogdaten ist die Einhaltung dieser Abmessung erforderlich.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.7.18

CSF-5 ... 14-xx-1U-F



1) Mit Befestigungsschrauben ISO 4029
2) Gleichmäßig verteilt

Tabelle 2.7.19

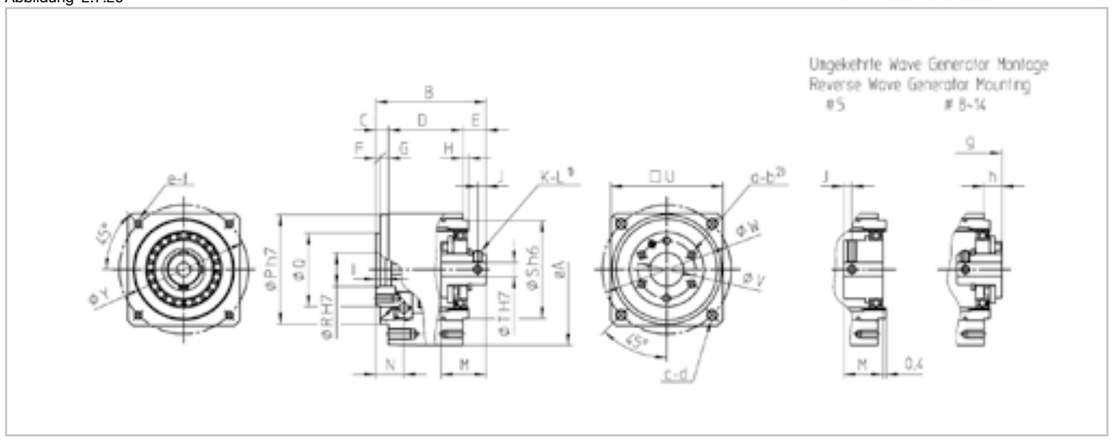
[mm]

Baugröße	5	8	11	14
Ø A	26,5	40	54	68
B	27	45,5	56,5	70,4
C	3	3	3,5	4,5
D	16	29,5	37	49,9
E	8	13	16	16
F	0,5	0,5	0,5	1,5
G	2,5	2,5	3	3
H	0,8	2,6	3,9	8,4
I	1,7	2,2	2,5	3,5
J	7	11	14	14
K	4,85	7,3	9	11,4
Ø M h7	19,5	29	39	48
Ø N	13	20	26,5	33,5
Ø O H7	5	9	12	15
Ø P	9	16	24	32
Ø Q h6	3	5	6	8
□ R	20,4±0,42	30,7±0,46	40,9±0,50	51,1±0,50
Ø T	9,8	15,5	20,5	25,5
Ø U	23	35	46	58
V	3	4	6	6
W	M2x3	M3x4	M3x5	M4x6
X	4	4	4	4
Y	M2x3	M3x6	M4x8	M5x10
□ Z	20±0,42	30±0,46	40±0,50	50±0,50
a	2,6	4,5	5,5	7,5
Gewicht [g]	34	120	220	405

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.7.20

CSF-5 ... 14-xx-1U-CC-F



1) Mit Befestigungsschrauben ISO 4029
2) Gleichmäßig verteilt

Tabelle 2.7.21 **[mm]**

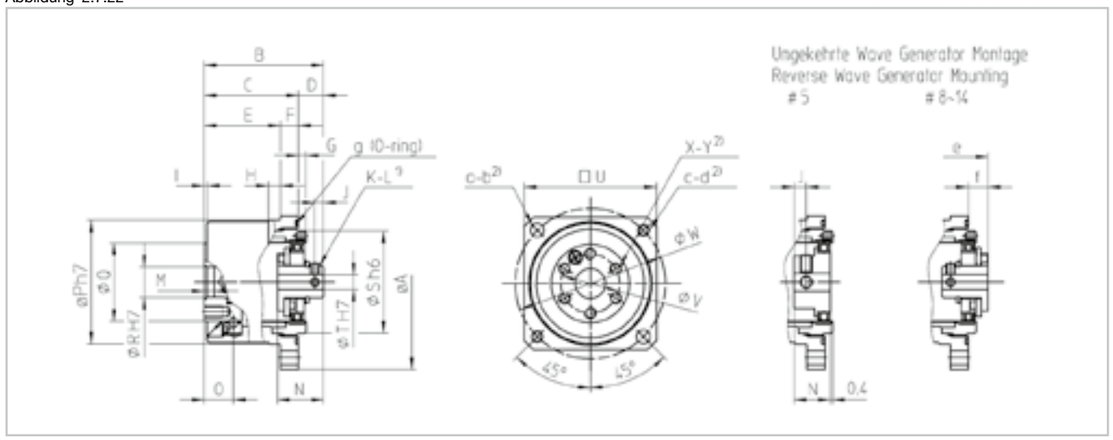
Baugröße	5	8	11	14
Ø A	26,5	40	54	68
B[1)]	20,5	31	38,3	45
C	3	3	3,5	4,5
D	12,7	21,5	26,5	33
E[1)]	$4,8^{0}_{-0,2}$	$6,5^{0}_{-0,3}$	$8,3^{0}_{-0,7}$	$7,5^{0}_{-0,8}$
F	0,5	0,5	0,5	1,5
G	2,5	2,5	3	3
H	1,3	1,5	2	2,5
I	1,7	2,2	2,5	3,5
J	2	2	3	2,5
K	2	2	2	2
L	M2x3	M2x3	M3x4	M3x4
M	6	12	16	17,6
N	4,85	7,3	9	11,4
Ø P h7	19,5	29	39	48
Ø Q	13	20	26,5	33,5
Ø R H7	5	9	12	15
Ø S h6	17	26	35	43
Ø T H7	3	3	5	6
□ U	20,4±0,42	30,7±0,46	40,9±0,5	51,1±0,5
Ø V	9,8	15,5	20,5	25,5
Ø W	23	35	46	58
Ø Y	22,5	34	46	58
a	3	4	6	6
b	M2x3	M3x4	M3x5	M4x6
c	4	4	4	4
d	M2x3	M3x6	M4x8	M5x10
e	4	4	4	4
f	M2x3	M2,5x5	M3x6	M4x8
g[1)]	17	28,7	36,1	45,4
h[1)]	-	$4,2^{0}_{-0,3}$	$6,1^{0}_{-0,7}$	$7,9^{0}_{-0,8}$
Gewicht [g]	25	100	150	295

1) Axiales Maß unter Berücksichtigung der Toleranzen des Wave-Generator-Einstellmaßes. Zur Erzielung der spezifizierten Katalogdaten ist die Einhaltung dieser Abmessung erforderlich.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Abbildung 2.7.22

CSF-5 ... 14-xx-2XH-F



1) Mit Befestigungsschrauben ISO 4029
2) Gleichmäßig verteilt

Tabelle 2.7.23 **[mm]**

Baugröße	5	8	11	14
Ø A	29	43.5	58	73
B[1)]	20,5	31	38,3	45
C	15,7	24,5	30	37,5
D[1)]	$4,8^{0}_{-0,2}$	$6,5^{0}_{-0,3}$	$8,3^{0}_{-0,7}$	$7,5^{0}_{-0,8}$
E	12,7	19	23,5	28
F	3	5,5	6,5	9,5
G	1,3	1,5	2	2,5
H	2	3	3	5
I	0,5	0,5	0,5	1,5
J	2	2	3	2,5
K	2	2	2	2
L	M2x3	M2x3	M3x4	M3x4
M	1,7	2,2	2,5	3,5
N	6	12	16	17,6
O	4,85	7,3	9	11,4
Ø P h7	20,5	31	40,5	51
Ø Q	13	20	26,5	33,5
Ø R H7	5	9	12	15
Ø S h6	17	26	35	43
Ø T H7	3	3	5	6
□ U	22±0,42	32±0,46	43±0,50	53±0,50
Ø V	9,8	15,5	20,5	25,5
Ø W	25	37,5	50	62
X	3	4	6	6
Y	M2x3	M3x4	M3x5	M4x6
a	2	2	2	2
Ø b	2,3	3,4	4,5	5,5
c	2	2	2	2
d	M2	M3	M4	M5
e[1)]	17	28,7	36,1	45,4
f[1)]	-	$4,2^{0}_{-0,3}$	$6,1^{0}_{-0,7}$	$7,9^{0}_{-0,8}$
g	18,90x0,70	28,20x1,00	38,00x1,50	48,00x1,00
Gewicht [g]	25	100	150	295

1) Axiales Maß unter Berücksichtigung der Toleranzen des Wave-Generator-Einstellmaßes. Zur Erzielung der spezifizierten Katalogdaten ist die Einhaltung dieser Abmessung erforderlich.

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.7.24

[arcmin]

Baugröße	3B		5		8		11		14	
Untersetzung	30	≥50	30	≥50	30	≥50	30	≥50	30	≥50
Übertragungsgenauigkeit	<10		<4	<3	<2		<2	<1,5	<2	<1,5
Hystereseverlust	<4,5	<4	<3		<3	<2	<3	<2	<3	<1
Lost motion	<1,5				<1					
Wiederholgenauigkeit	< ±1,17		< ±0,17		< ±0,1					

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.7.25

	Symbol [Einheit]	Baugröße								
		3B	5		8		11		14	
Version		1U 1U-CC	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	0,016	0,075		0,29		0,8		2	
	T_2 [Nm]	0,05	0,22		0,75		2		6,9	
i=30	K_3 [Nm/rad]	51	120	160	460	540	1340	1580	2860	3350
	K_2 [Nm/rad]	40	110	130	390	440	1090	1240	2100	2350
	K_1 [Nm/rad]	27	90	100	310	340	770	840	1720	1880
i=50	K_3 [Nm/rad]	57	170	250	670	840	2360	3200	4400	5680
	K_2 [Nm/rad]	47	140	180	560	670	2250	3000	3780	4680
	K_1 [Nm/rad]	30	110	130	390	440	1770	2210	2860	3350
i≥80	K_3 [Nm/rad]	67	200	300	890	1200	2910	4320	5160	7000
	K_2 [Nm/rad]	54	180	270	800	1040	2430	3330	4600	6010
	K_1 [Nm/rad]	34	150	200	720	900	2060	2670	3780	4680

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.7.26

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße					
	3B		5	8	11	14
	1U	1U-CC				
30	0,34	0,32	0,53	1,3	3,4	6,4
50	0,30	0,28	0,40	0,8	2,0	4,1
80	-	-	-	-	-	2,8
100	0,26	0,24	0,30	0,59	1,5	2,5

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.7.27

[Nm]

Untersetzung	Baugröße					
	3B		5	8	11	14
	1U	1U-CC				
30	0,14	0,12	0,29	0,70	1,7	2,4
50	0,14	0,11	0,21	0,55	1,2	1,6
80	-	-	-	-	-	1,6
100	0,16	0,13	0,27	0,75	1,5	1,8

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Die Diagramme gelten für Produkte mit der Untersetzung i=100 nach einer Einlaufzeit von mindestens 2 h mit der Eingangsdrehzahl 2000 min^{-1} und Schmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-2.

Abbildung 2.7.28

CSF-3B-1U-CC

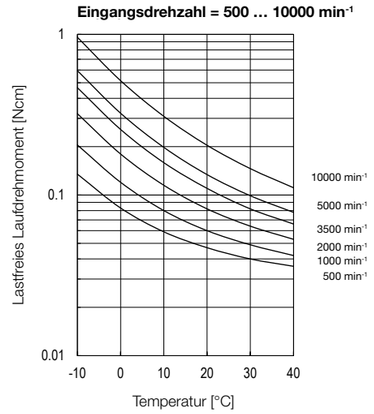


Abbildung 2.7.29

CSF-5 ... 14-1U

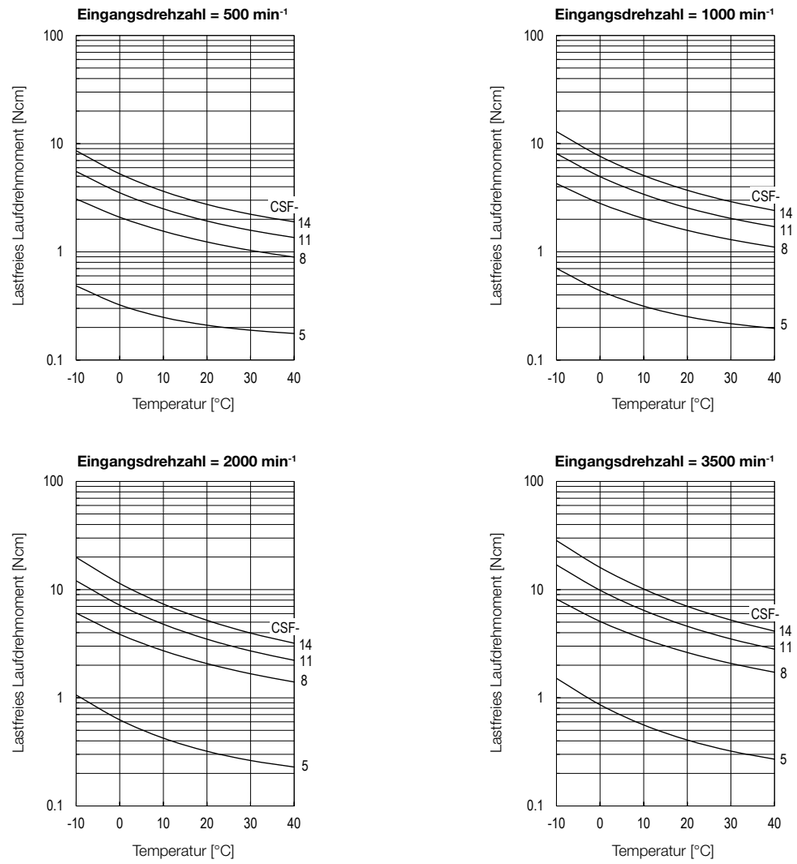
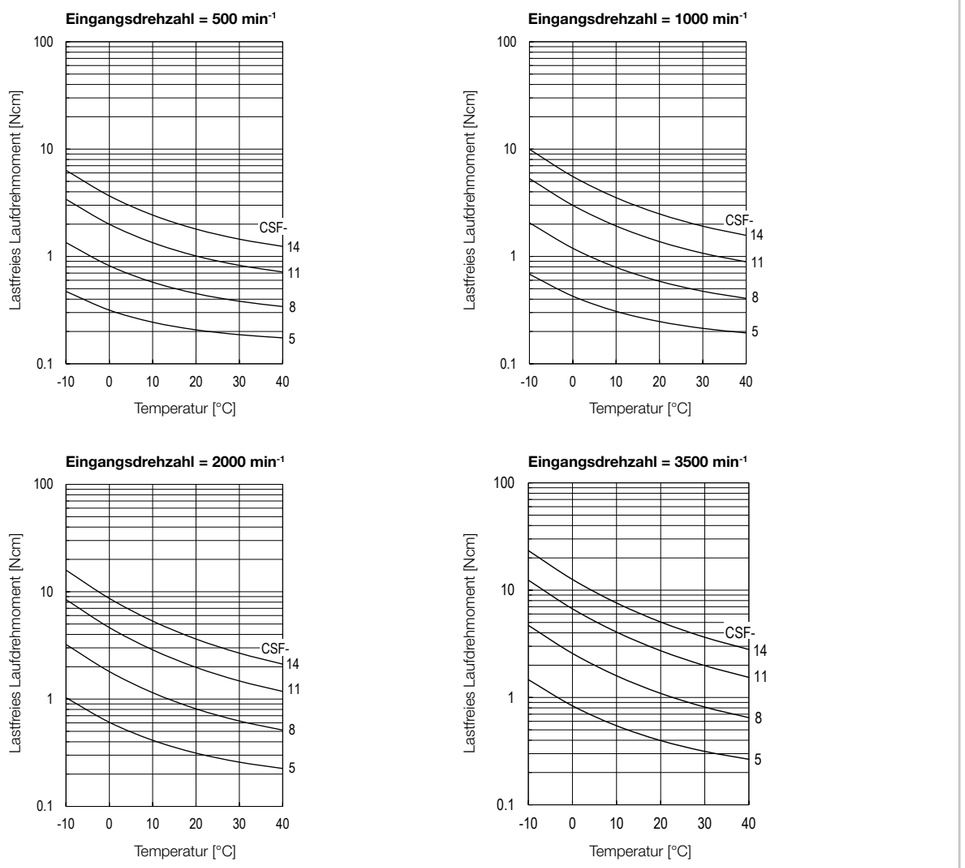


Abbildung 2.7.30

CSF-5 ... 14-1U-CC, -2XH



Korrekturwerte für Lastfreies Laufdrehmoment

Beim Einsatz von Getrieben mit Untersetzungen i≠100 sind die aus den Kurven (Abbildung 2.7.28 - Abbildung 2.7.30) abgelesenen Daten um die folgenden Werte zu korrigieren.

Tabelle 2.7.31

[Ncm]

Baugröße		Untersetzung		
		30	50	80
3B	1U	0,026	0,023	–
	1U-CC	0,020	0,017	–
5		0,26	0,11	–
8		0,44	0,19	–
11		0,81	0,36	–
14		1,33	0,58	0,1

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2.

Abbildung 2.7.32

CSF-3B-1U

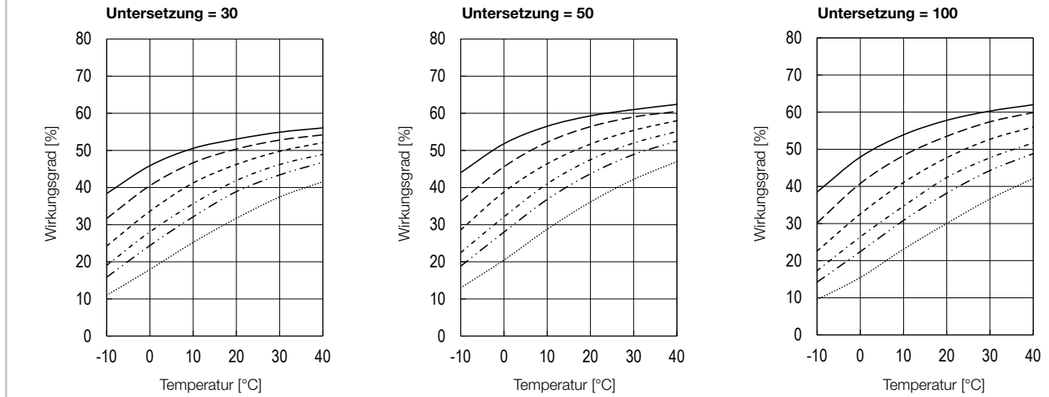


Abbildung 2.7.33

CSF-3B-1U-CC

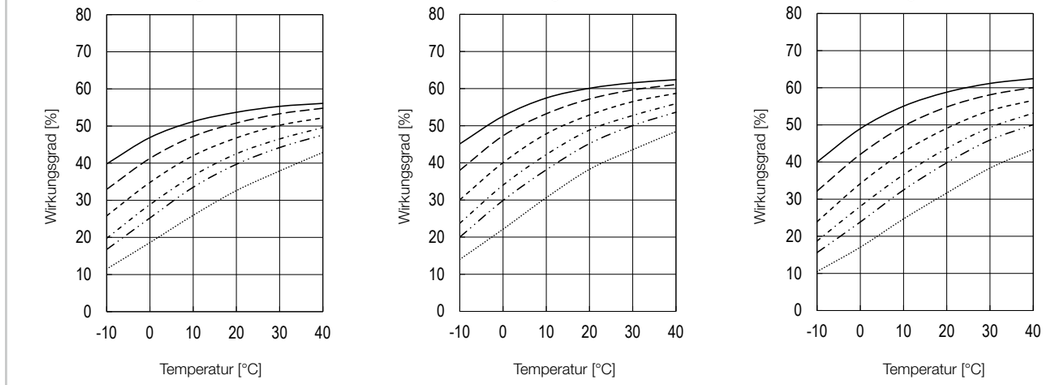
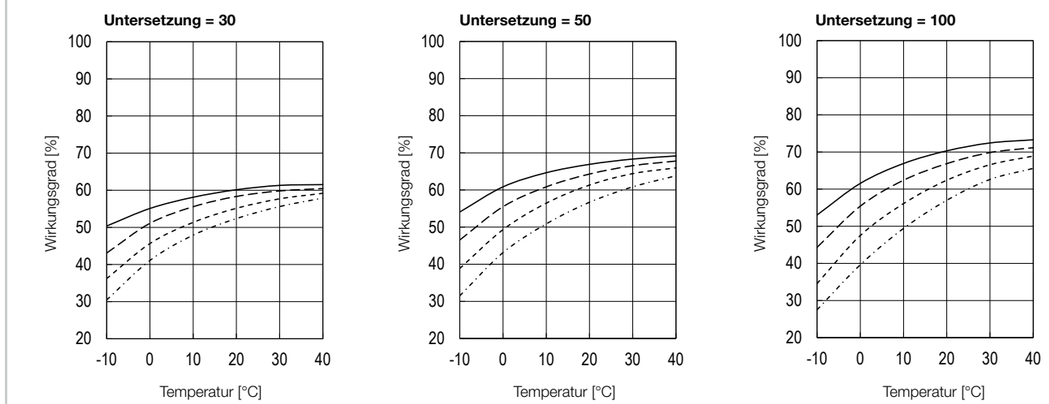


Abbildung 2.7.34

CSF-5, alle Versionen



n = 500 min-1 n = 1000 min-1 n = 2000 min-1 n = 3500 min-1 5000 min-1 n = 10000 min-1

Abbildung 2.7.35

CSF-8-1U, -1U-F

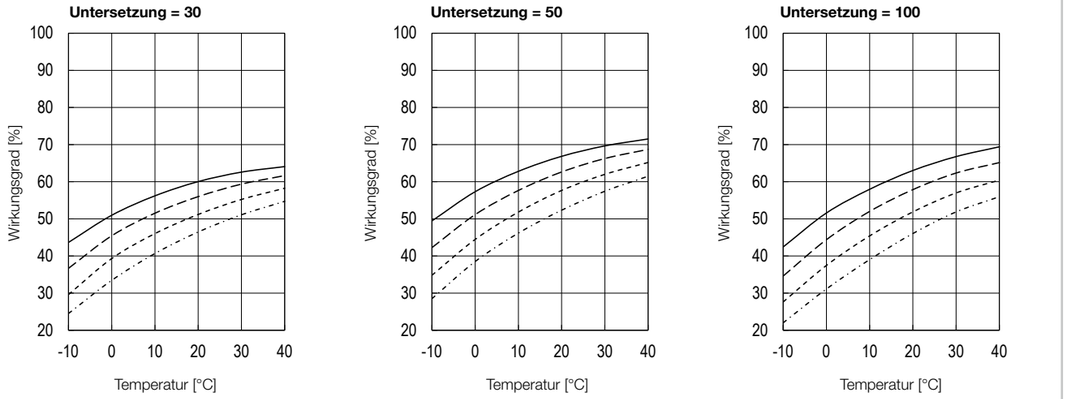


Abbildung 2.7.36

CSF-8-1U-CC, -2XH-J, -1U-CC-F, -2XH-F

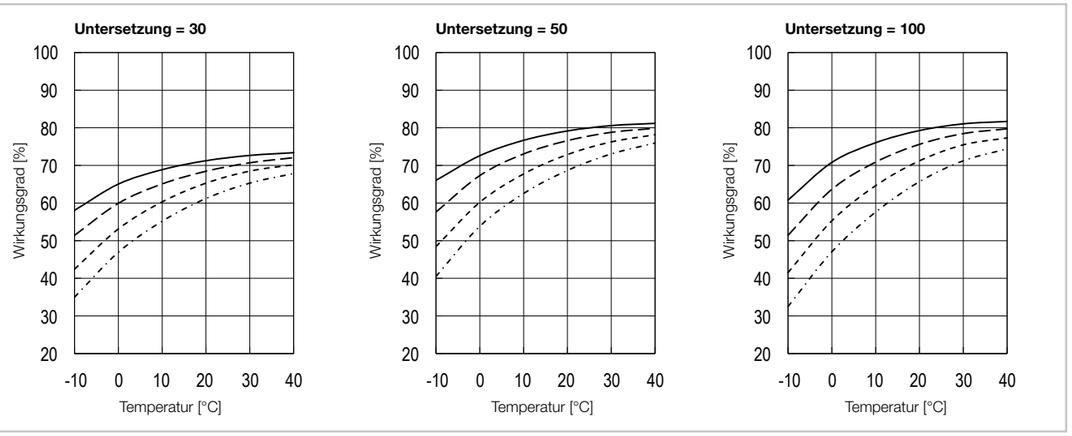
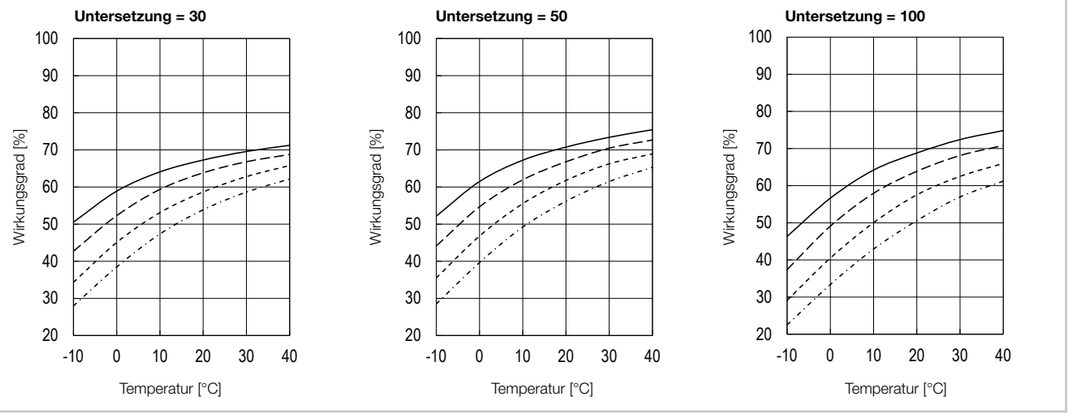


Abbildung 2.7.37

CSF-11-1U, -1U-F



n = 500 min^{-1} n = 1000 min^{-1} n = 2000 min^{-1} n = 3500 min^{-1}

Abbildung 2.7.38

CSF-11-1U-CC, -2XH-J, -1U-CC-F, -2XH-F

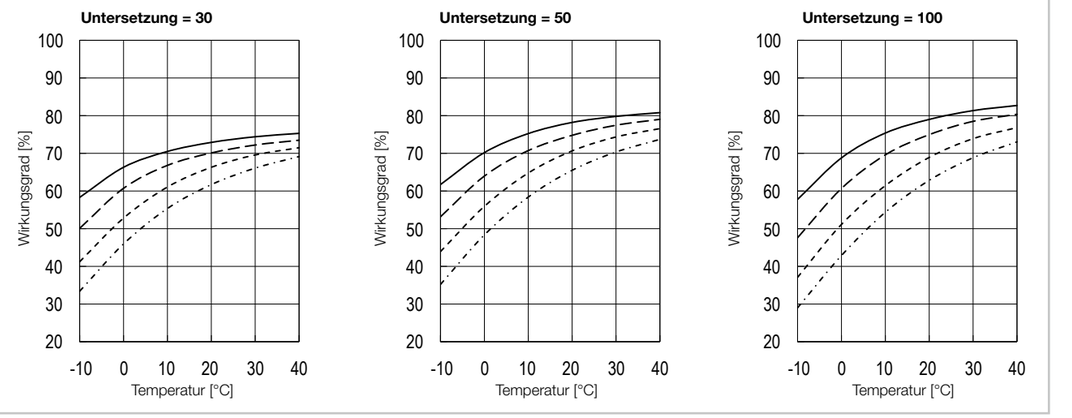


Abbildung 2.7.39

CSF-14-1U, -1U-F

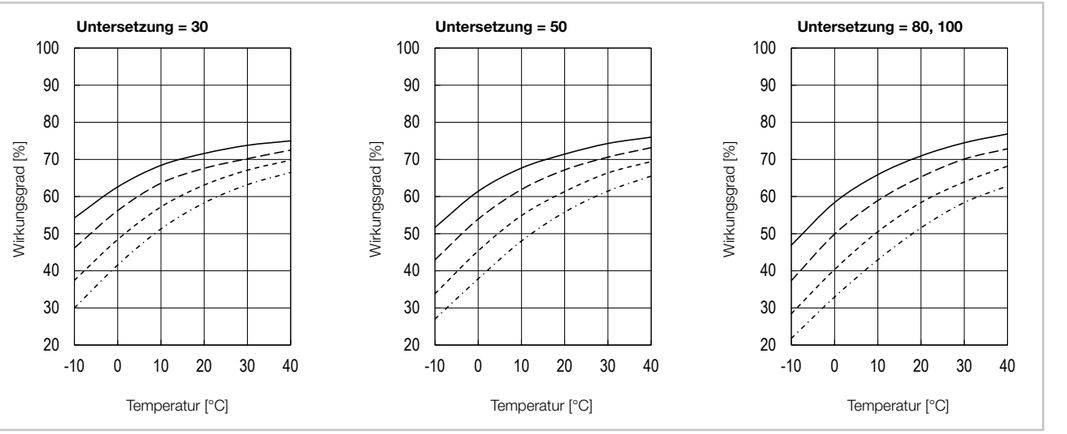
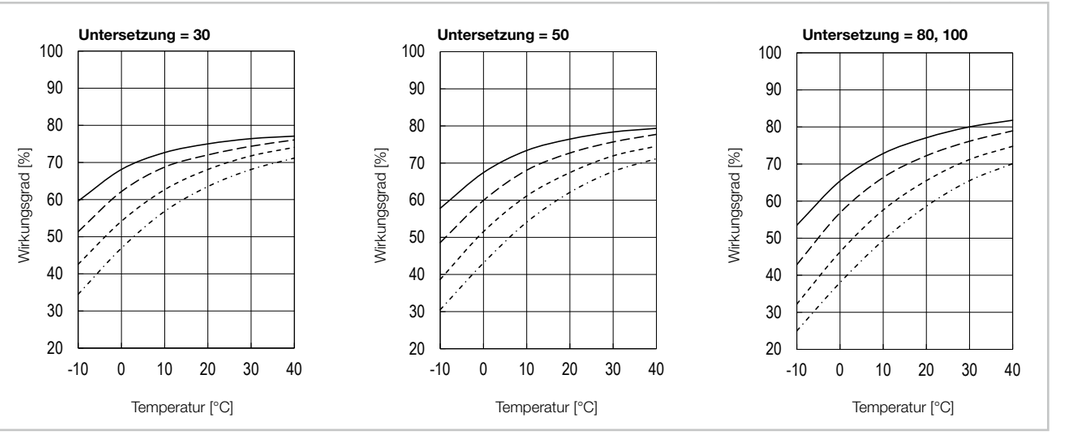


Abbildung 2.7.40

CSF-14-1U-CC, -2XH-J, -1U-CC-F, -2XH-F



n = 500 min^{-1} n = 1000 min^{-1} n = 2000 min^{-1} n = 3500 min^{-1}

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

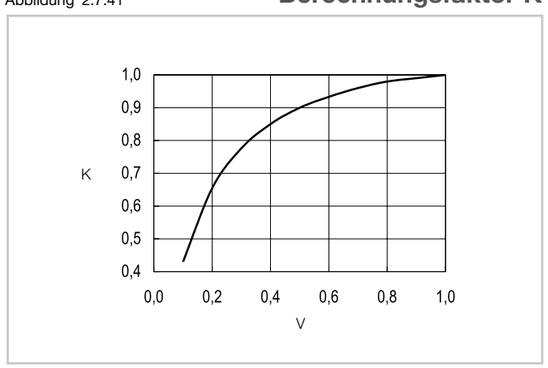
Produkt: CSF-8-100-2XH

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 2 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 2,4 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-2, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 2/2,4 = 0,83$ (Für V > 1 ist K = 1)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.7.41: K = 0,99
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.7.36: η = 77 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 77 \cdot 0,99 = 76$ %

Abbildung 2.7.41

Berechnungsfaktor K



Abtriebslager

Tabelle 2.7.42

	Symbol [Einheit]	Baugröße				
		3B	5	8	11	14
Lagertyp[1]		F	F	F	F	F
Teilkreisdurchmesser	d_p [mm]	7,7	13,5	20,5	27,5	35
Abstand[2]	R [mm]	4,1	4,85	7,3	9	11,4
Dynamische Tragzahl	C [N]	665	914	2160	3890	6120
Statische Tragzahl	C_0 [N]	424	7630	1900	3540	5850
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3]	M [Nm]	0,27	0,89	3,46	6,6	13,2
Kippsteifigkeit	K_θ [Nm/arcmin]	0,026	0,22	0,8	2,16	3,9
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	130	270	630	1150	1800
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	36	90	200	300	550

[1] F = Vierpunktlager
[2] Abstand zwischen der abtriebsseitigen Stirnfläche und der Mitte des Lager-Wälzkörpers, Details siehe Zeichnungen bzw. Kapitel Projektierung.
[3] Diese Daten gelten für drehende Getriebe.
[4] Die Daten gelten unter folgender Voraussetzung:
Für F_a: M = 0; F_r = 0
F_r: M = 0; F_a = 0

Die zulässige Radiallast bezieht sich auf die Wellenmittte der Abtriebsseite (Versionen 1U und 2XH-J).

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

- Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Abbildung 2.7.43

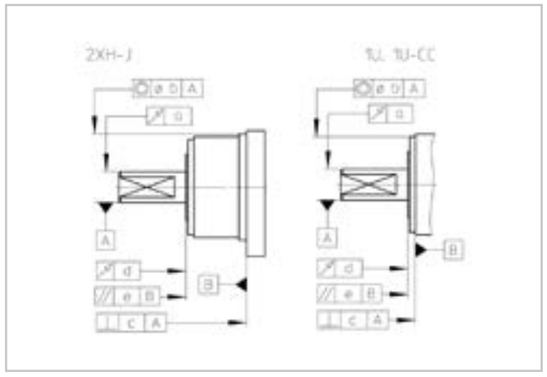


Abbildung 2.7.44

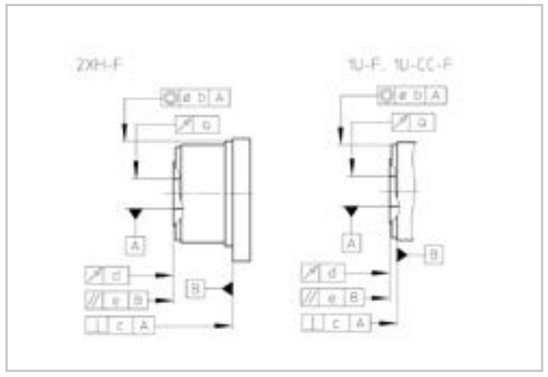


Tabelle 2.7.45

[mm]

	Baugröße								
	3B	5		8		11		14	
Version	1U 1U-CC	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F	1U 1U-CC 2XH-J	1U-F 1U-CC-F 2XH-F
a	0,030	0,030	0,005	0,030	0,005	0,030	0,005	0,030	0,005
b	0,020	0,040	0,040	0,040	0,040	0,055	0,055	0,055	0,055
c	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,025	0,025	0,025	0,025
d	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
e	0,015	0,015	0,015	0,020	0,020	0,030	0,030	0,030	0,030

• Eingangslagerung

Die Eingangswelle der CSF Mini Getriebe mit Abtriebslager ist mit zwei einreihigen Rillenkugellagern gelagert. Abbildung 2.7.47 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Tabelle 2.7.46 und in Abbildung 2.7.48 dargestellten Radial- und Axialkräfte.

Beispiel: Wenn die Eingangswelle eines CSF-14 Getriebes mit Abtriebslager mit einer Axialkraft von 7,5 N vorgespannt ist, beträgt die maximal zulässige Radialkraft 20,6 N.
Die auf dieser Seite dargestellten technischen Daten gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lagerlebensdauer von L_{10} = 7000 h.

Tabelle 2.7.46

Baugröße	Symbol [Einheit]	3B	5	8	11	14
Abstand	B [mm]	5,85	9,25	18,00	21,90	24,25
Maximal zulässige Radialkraft	F_r [N]	6	8	10	20	30

Abbildung 2.7.47

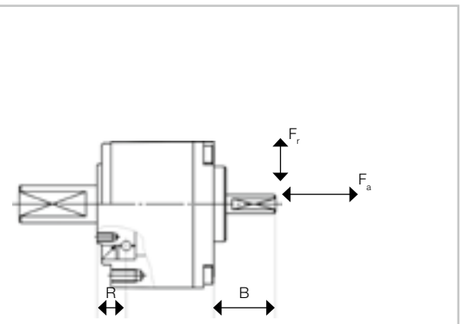
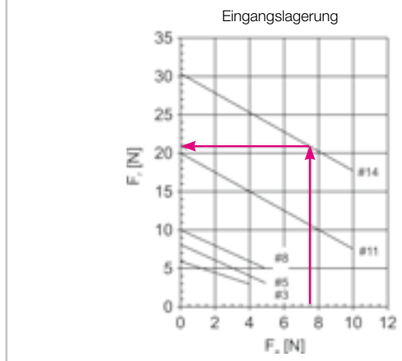


Abbildung 2.7.48



Montagetoleranzen

Die hervorragenden Produkteigenschaften der Harmonic Drive® Getriebe CSF-1U-CC, -1U-CC-F, -2XH-J und -2XH-F sind nur dann voll nutzbar, wenn bei der Montage die Toleranzen laut Tabelle 2.7.50 eingehalten werden.

Abbildung 2.7.49

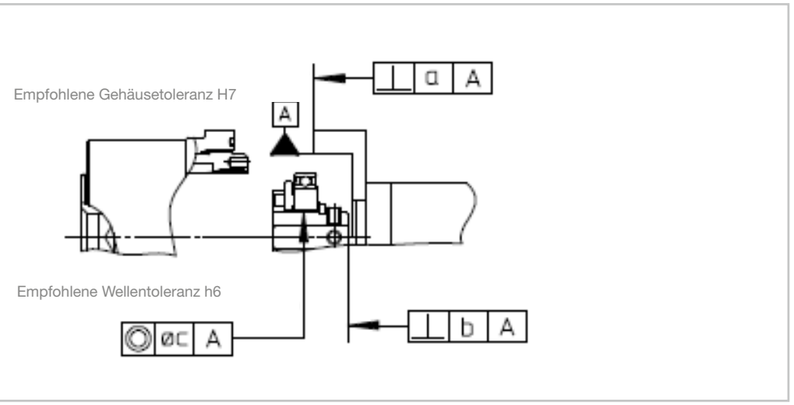


Tabelle 2.7.50 **[mm]**

Baugröße	3B	5	8	11	14
a	0,006	0,008	0,010	0,011	0,011
b	0,004	0,005	0,012	0,012	0,017
			(0,006)	(0,007)	(0,008)
c	0,004	0,005	0,015	0,015	0,030
			(0,006)	(0,007)	(0,016)

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.

• Bohrungsdurchmesser Wave Generator

Der Wave Generator kann mit folgenden Bohrungsdurchmessern geliefert werden:

Tabelle 2.7.51 **[mm]**

Baugröße	3B	5	8	11	14
Wave Generator Bohrung ø H7	2	1,5 ... 6	2 ... 4 (2 ... 8)	3 ... 7 (3 ... 8)	4 ... 8 (4 ... 10)

- Die Werte in Klammern gelten für einen Wave Generator ohne Oldham-Kupplung.
- Vom Standard abweichende Bohrungsdurchmesser können Auswirkungen auf andere Komponenten des Wave Generators und die Spezifikationen haben, z. B. die Größe der Sicherungsschraube, die Abmessungen der Passfeder, das übertragbare Drehmoment.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Montage

• Montage des Gehäuseflansches

Tabelle 2.7.52

Baugröße	3B	5	8	11	14	5	8	11	14
Bezeichnung	A					A			
Version	1U, 1U-CC, 1U-F, 1U-CC-F					2XH-F, 2XH-J			
Anzahl der Schrauben	4	4	4	4	4	2	2	2	2
Schraubengröße	M1,6	M2	M3	M4	M5	M2	M3	M4	M5
Teilkreisdurchmesser [mm]	15,0	23,0	35,0	46,0	58,0	25,0	37,5	50,0	62,0
Anzugsdrehmoment/Schraube [Nm]	0,26	0,25	0,85	2,00	4,00	0,25	0,85	2,00	4,00
Übertragbares Drehmoment[1] [Nm]	3,0	3,5	12,0	29,0	57,0	2,0	7,0	16,0	31,0

Abbildung 2.7.53 **1U, 1U-CC, 1U-F, 1U-CC-F**

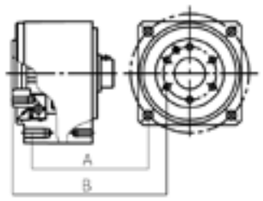
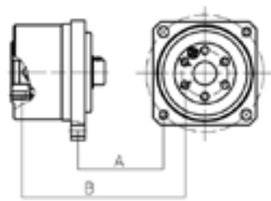


Abbildung 2.7.54 **2XH-F, 2XH-J**



• Montage des Abtriebsflansches

Tabelle 2.7.55

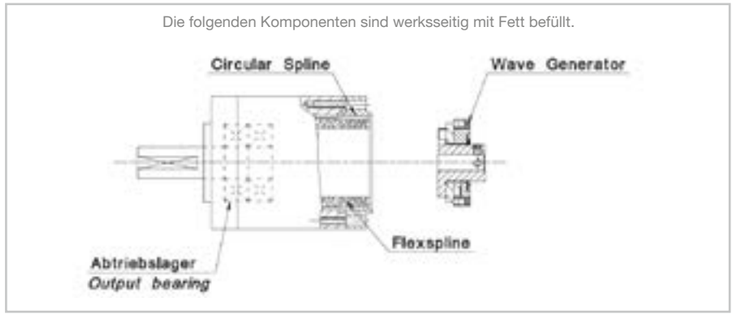
Baugröße	5	8	11	14
Bezeichnung	B			
Anzahl der Schrauben	3	4	6	6
Schraubengröße	M2	M3	M3	M4
Teilkreisdurchmesser [mm]	9,8	15,5	20,5	25,5
Anzugsdrehmoment/Schraube [Nm]	0,54	2,0	2,0	4,6
Übertragbares Drehmoment[1] [Nm]	2	13	26	55

1) Tabelle 2.7.52 und Tabelle 2.7.55 sind gültig für vollständig entfettete Anschlussflächen (Reibungskoeffizient µk = 0,15) und Schraubenqualität 12.9 mit metrischem Regelgewinde nach DIN13 Teil 13 und Kopfabmessungen von Zylinderschrauben ISO 4762, unbehandelt, geölt, mit µges = 0,12.

Schmierung

CSF Mini Getriebe mit Abtriebslager werden einbaufertig geliefert. Sie sind werksseitig mit einer Lebensdauer-Fettschmierung versehen, siehe Abbildung 2.7.56. Das eingesetzte Harmonic Drive® Hochleistungsfett vom Typ SK-2 ist auf die speziellen Anforderungen der Harmonic Drive® Getriebe abgestimmt. Es gewährleistet konstante Genauigkeit der Getriebe über die gesamte Lebensdauer.
Schmierfett des Abtriebslagers (#5-14): Bezeichnung: Mul temp HL-D, Hersteller: Kyodo Yushi, Grundöl: Kohlenwasserstoff-Komplex, Verdicker: Lithium-Seife, Konsistenz (25 °C): 280 [0,1 mm], Tropfpunkt: 210 °C, Aussehen: weißlich.

Abbildung 2.7.56



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Produktbeschreibung

Präzisionsgetriebe für kleine Drehmomente

Die Produkte der Baureihe PMG bestehen im Kern aus einem Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatz mit einem integrierten Abtriebslager sowie einer Abtriebswelle. Der Getriebeeingang kann wahlweise mit Eingangswelle oder zum direktem Motoranbau ausgeführt werden. Neben einem besonderen Korrosionsschutz zeichnen sich die Getriebe der Baureihe PMG durch kompakte Abmessungen und geringes Gewicht aus.

Merkmale

- Zwei Versionen für unterschiedliche Einbausituationen
- Besonderer Korrosionsschutz
- Integriertes Abtriebslager
- Kompakte Abmessungen und geringes Gewicht
- Kundenspezifische Ausführungen möglich

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.8.1

Bestellbezeichnung	PMG	-	8	A	-	100	-	M	-	SP
Baureihe										
Baugröße (entspricht dem Teilkreis-Durchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			5 8 11 14							
Produktgeneration				A						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)						50 72 80 88 100 110				
Version Getriebe für Motoranbau Getriebe mit Eingangswelle								M S		
Kundenspezifische Ausführung Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (= Feld bleibt leer)										SP [ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.8.2

Baugröße		5A	8A	11A	14A
Untersetzung	50	●	●	●	●
	72	-	●	●	●
	80	●	-	-	
	88	-	-	-	●
	100	●	●	●	●
	110	-	-	-	●
Version	M	●	●	●	●
	S	●	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.8.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Nenndrehzahl	Maximale Antriebsdrehzahl [min⁻¹]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min⁻¹]	Massenträgheitsmoment 2)		Gewicht	
									Typ M	Typ S	Typ M	Typ S
		T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	[min⁻¹]	Fettschmierung	Fettschmierung	[x 10⁻⁴ kgcm²]		[kg]	[kg]
5A	50	0,3	0,3	0,2	0,4	4500	10000	4900	2,5	2,5	0,03	0,031
	80	0,45	0,45	0,30	0,60							
	100	0,55	0,55	0,30	0,70							
8A	50	1,9	1,9	1,5	2,5	3500	6000	3500	30	30	0,120	0,125
	72	2,4	2,3	2,0	3,1							
	100	2,7	2,7	2,0	3,8							
11A	50	5,0	4,7	2,5	6,8	3500	5000	3500	120	140	0,25	0,27
	72	5,6	5,4	4,0	8,8							
	100	7,9	7,6	4,0	10,8							
14A	50	9,8	7,0	5,4	14,0	3500	5000	3500	330	340	0,420	0,495
	72	11,8	9,0	7,8	16,0							
	88	12,7	11,0	7,8	18,0							
	100	14,7	11,0	7,8	20,0							
	110	14,7	11,0	7,8	20,0							

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Version für Motoranbau

Abbildung 2.8.4

PMG-5A-M [mm]

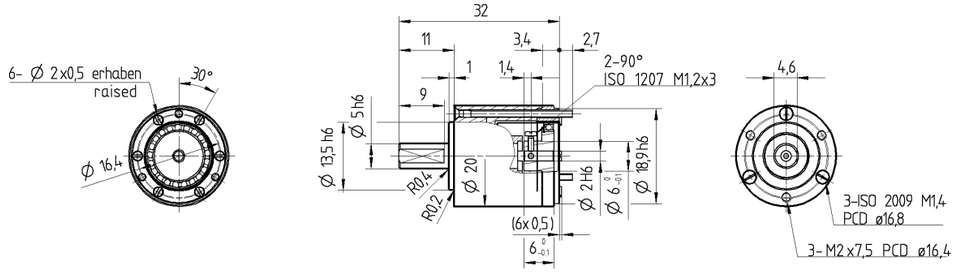


Abbildung 2.8.5

PMG-8A-M [mm]

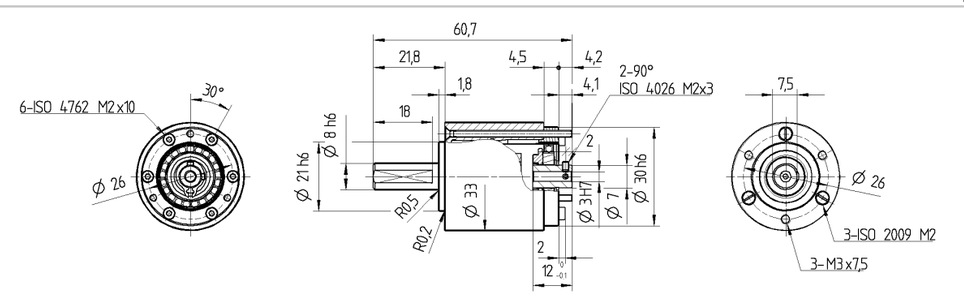


Abbildung 2.8.6

PMG-11A-M [mm]

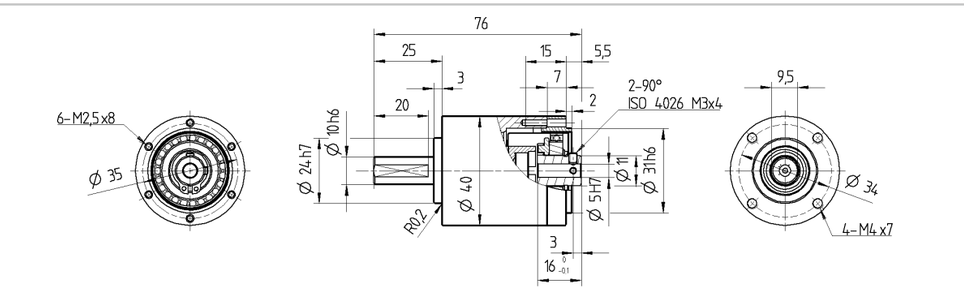
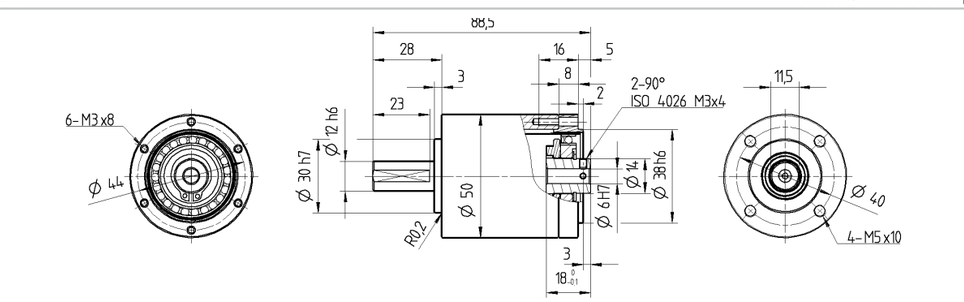


Abbildung 2.8.7

PMG-14A-M [mm]



CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

Version mit Antriebswelle

Abbildung 2.8.8

PMG-5A-S [mm]

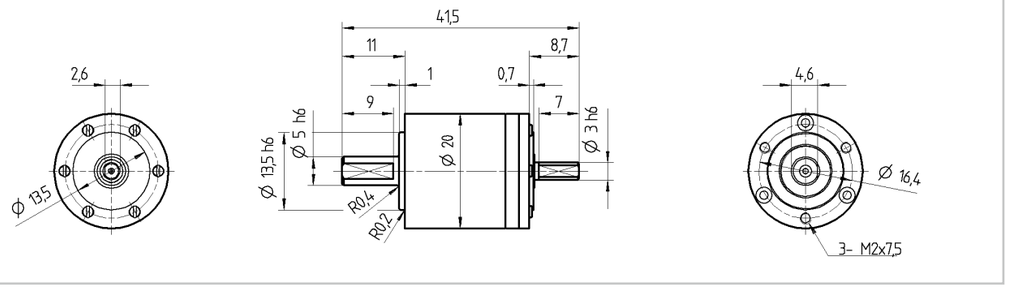


Abbildung 2.8.9

PMG-8A-S [mm]

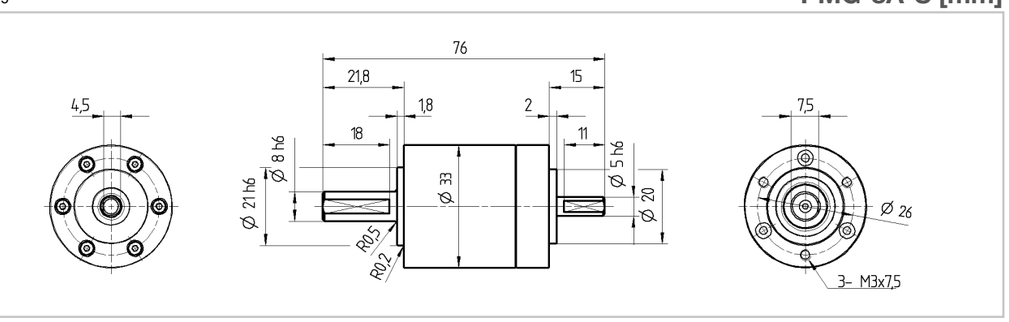


Abbildung 2.8.10

PMG-11A-S [mm]

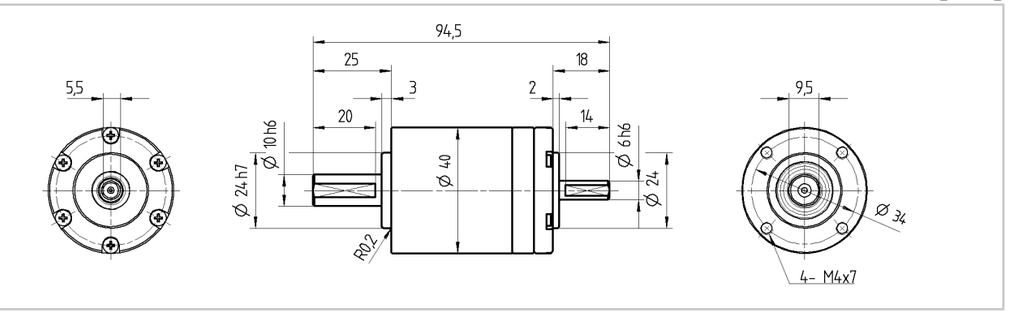
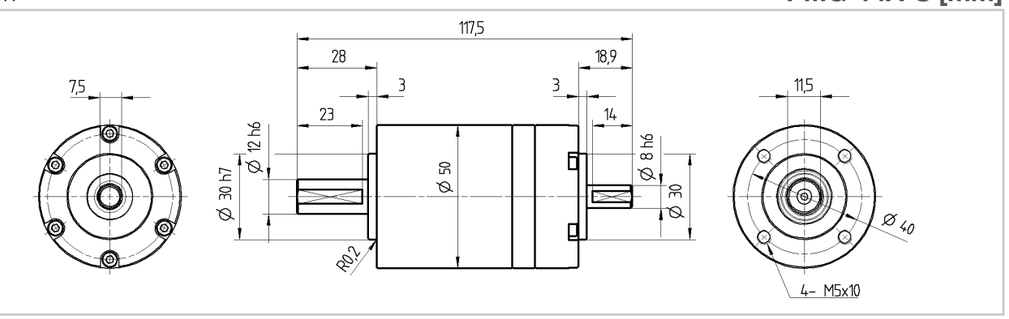


Abbildung 2.8.11

PMG-14A-S [mm]



CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.8.12

[arcmin]

	Baugröße			
	5A	8A	11A	14A
Übertragungsgenauigkeit	< 4,5	< 3,0	< 2,0	< 2,0
Lost Motion	< 4,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Wiederholgenauigkeit	< ± 1,5	< ± 1,0	< ± 1,0	< ± 1,0

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.8.13

	Symbol [Einheit]	Baugröße			
		5A	8A	11A	14A
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	0,05	0,30	0,80	1,90
	T_2 [Nm]	0,19	1,50	3,40	6,80
i = 50	K_2 [Nm/rad]	55	389	1160	2250
	K_1 [Nm/rad]	24	246	622	1320
i > 50	K_3 [Nm/rad]	100	690	1400	4270
	K_2 [Nm/rad]	60	500	1320	3300
	K_1 [Nm/rad]	30	380	770	1710

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.8.14

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße			
	5A	8A	11A	14A
50	0,4	0,8	1,6	2,3
72, 80, 88	0,3	0,7	1,3	1,9
100, 110	0,3	0,6	1,1	1,6

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.8.15

[Nm]

Untersetzung	Baugröße			
	5A	8A	11A	14A
50	0,18	0,50	0,90	1,30
72, 80, 88	0,2	0,6	1,0	1,6
100, 110	0,3	0,7	1,1	1,8

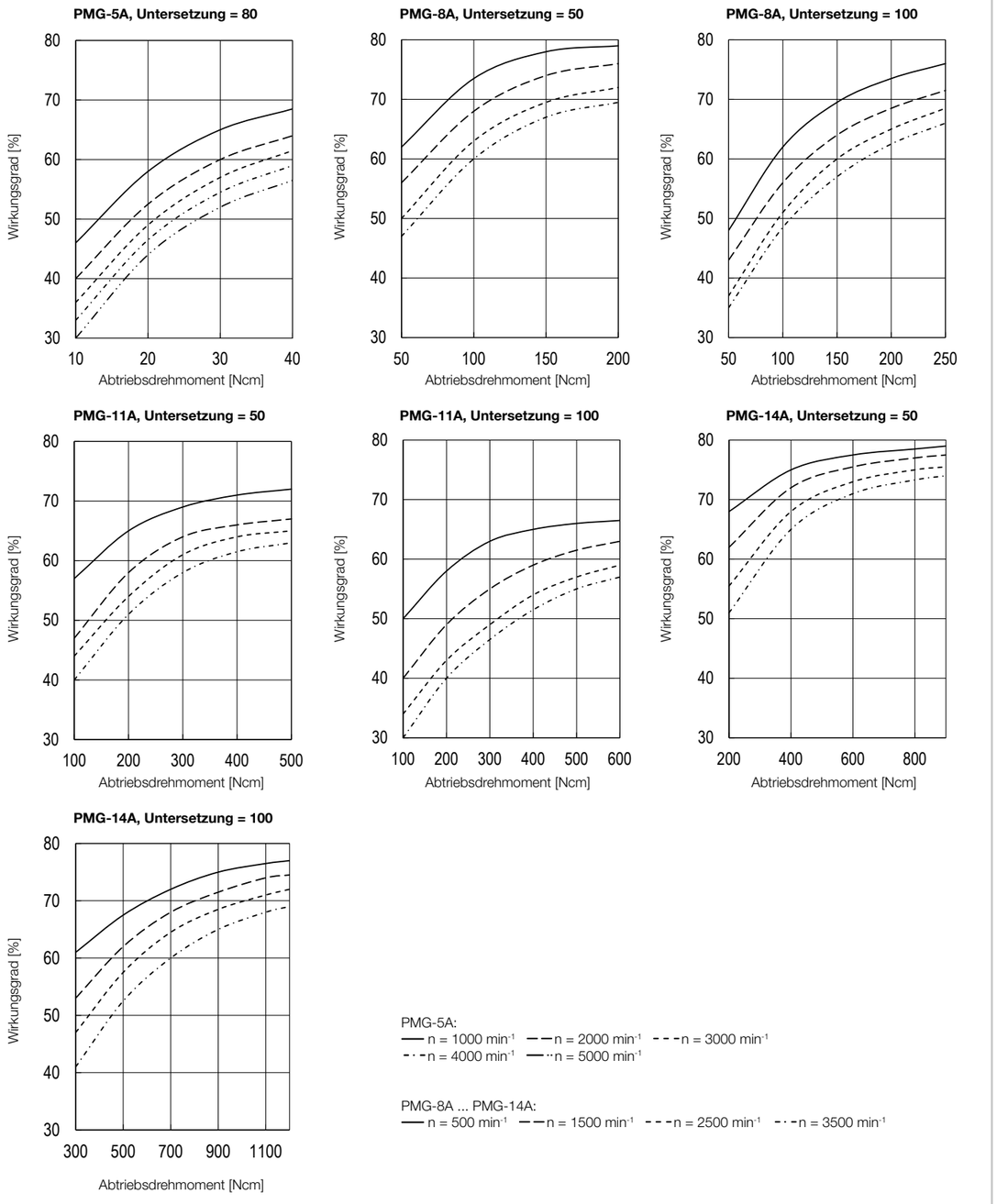
Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2.

Abbildung 2.8.16



Abtriebslager

Tabelle 2.8.17 **[N]**

		Symbol [Einheit]	Baugröße			
			5A	8A	11A	14A
Abtriebslagerung	Zulässige Radialkraft [1]	F_r [N]	59	196	245	392
	Zulässige Axialkraft	F_a [N]	29	98	196	392
Antriebslagerung	Zulässige Radialkraft [1]	F_r [N]	8	10	20	29
	Zulässige Axialkraft	F_a [N]	5	5	10	10

[1] Die Kraft bezieht sich auf die Wellenmitte.

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Abbildung 2.8.18

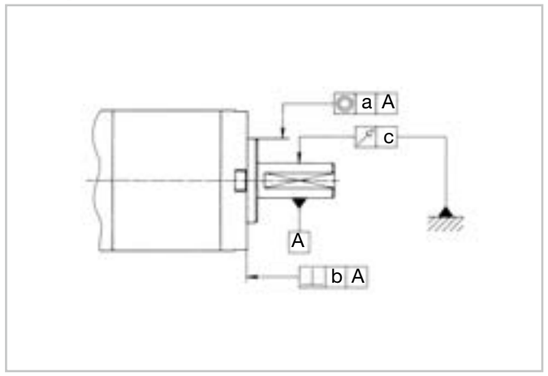


Tabelle 2.8.19 **[mm]**

Symbol	Baugröße			
	5A	8A	11A	14A
a	0,04	0,04	0,04	0,04
b	0,04	0,04	0,04	0,04
c	0,02	0,02	0,02	0,02

• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Gehäuse: Aluminium, anodisiert. Ausnahme: Zentrierbund abtriebsseitig
Eingangs- und Abtriebswelle: Chromstahl, korrosionsbeständig
Circular Spline (außen): Vernickelt

Andere Materialien und Beschichtungen auf Anfrage.

Montage

• Montagetoleranzen

Abbildung 2.8.20

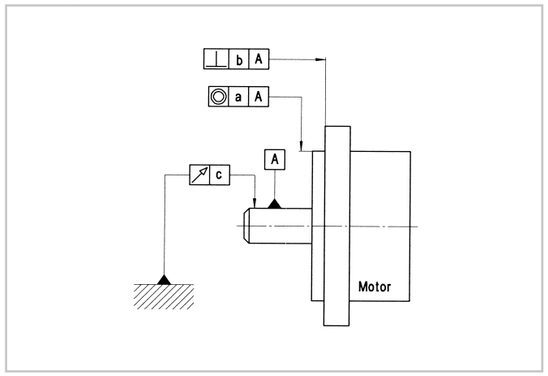


Tabelle 2.8.21 [mm]

Symbol	Baugröße			
	5A	8A	11A	14A
a	0,015	0,025	0,030	0,030
b	0,015	0,025	0,030	0,030
c	0,010	0,015	0,015	0,015

Schmierung

PMG Getriebe mit Abtriebslager sind für Fettschmierung ausgelegt. Ölschmierung ist bei diesen Produkten nicht vorgesehen.

• Fettschmierung

PMG Getriebe mit Abtriebslager werden mit einer Lebensdauerschmierung geliefert. Für die Schmierung empfehlen wir das speziell entwickelte Harmonic Drive® Fett SK-2.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

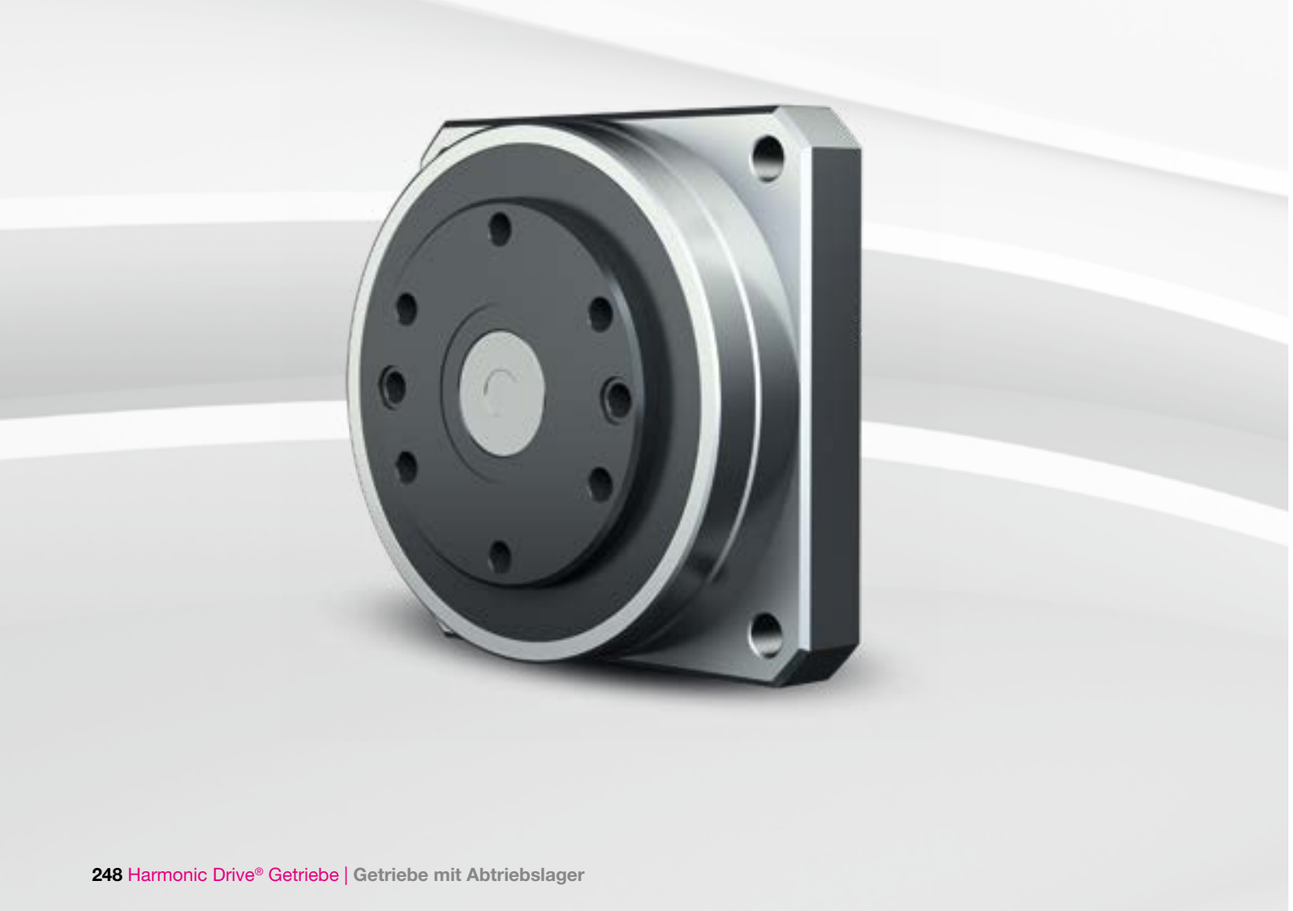
Produktbeschreibung

Kurzbauendes Motoranbau-Getriebe mit kippsteifem Abtriebslager

Die Getriebe der Baureihe CSF-2UP bestehen aus einem Getriebe-Einbausatz HFUC-2A und einem kippsteifen Abtriebslager. Sie eignen sich für den direkten Motoranbau bei Präzisionsanwendungen mit kleinen Drehmomenten.

Merkmale

- Integriertes kippsteifes Abtriebslager
- Direkter Motoranbau möglich
- Für präzise Anwendungen in kleinen Drehmomentbereichen
- Kurze Bauform



Bestellbezeichnung

Tabelle 2.9.1

Bestellbezeichnung	CSF	-	11	-	50	-	2UP	-	SP
Baureihe									
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			8 11 14						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 100				
Version									
Getriebe mit Abtriebslager							2UP		
Kundenspezifische Ausführung									
Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage)									SP
Standardausführung (= Feld bleibt leer)									[ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.9.2

Baugröße		8	11	14
Untersetzung	30	●	●	●
	50	●	●	●
	100	●	●	●

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.9.3

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment	Gewicht
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Fettschmierung	Fettschmierung	[kgm^2]	[kg]
8	30	1,8	1,4	0,9	3,3	8500	3500	40x10^{-8}	0,20
	50	3,3	2,3	1,8	6,6				
	100	4,8	3,3	2,4	9,0				
11	30	4,5	3,4	2,2	8,5	8500	3500	150x10^{-8}	0,33
	50	8,3	5,5	3,5	17,0				
	100	11,0	8,9	5,0	25,0				
14	30	9,0	6,8	4,0	17,0	8500	3500	400x10^{-8}	0,62
	50	18,0	6,9	5,4	35,0				
	100	28,0	11,0	7,8	54,0				

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 2.9.4 [mm]

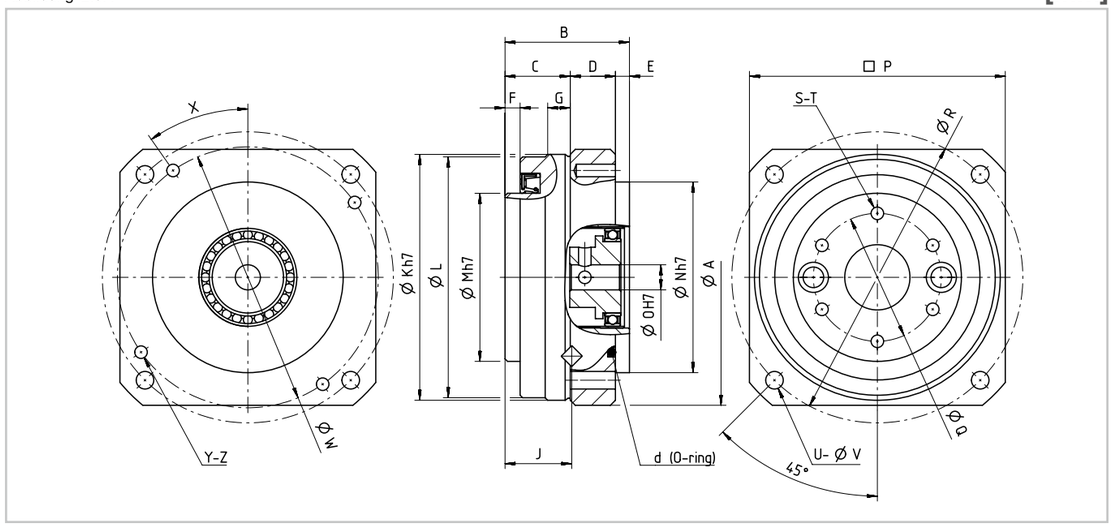


Tabelle 2.9.5 [mm]

Symbol	Baugröße 8	11	14
ØA	66	80	100
B	24,8	27,0	34,0
C	13,0	13,5	18,5
D	9,0	11,5	12,0
E	2,8	2,0	3,0
F	3,0	3,5	3,5
G	5	5	8
H*	1,1 $^{0}_{-0,3}$	1,6 $^{0}_{-0,7}$	3,5 $^{0}_{-0,8}$
I	7,2	8,3	10,5
J	12,9	14,0	14,0
ØK h7	49	59	74
ØL	48	58	73
ØM h7	33,5	41,0	52,5
ØN h7	30	44	52
ØO h7	5	5	8
□P	50 ±1	60 ±1	75 ±1
ØQ	25,5	33,0	44,0
ØR	58	70	88
S	6	6	6
T	M3x6	M4x5	M5x7
U	4	4	4
ØV	3,5	4,5	5,5
ØW	52,00	63,00	70,71
X	35,0°	33,5°	55,0°
Y	4	4	4
Z	M3x5	M3x6	M4x8

* Das Maß H ist das Wave-Generator-Einstellmaß. Beachten Sie die in der Tabelle angegebenen Toleranzen.

Abbildung 2.9.6 [mm]

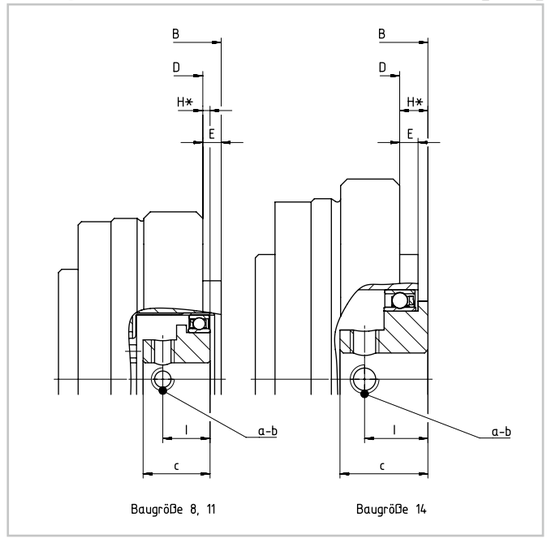


Tabelle 2.9.7 [mm]

Symbol	Baugröße 8	11	14
a	2	2	2
b	M3x4	M3x4	M4x4
c	10,2	11,3	14,0
d	Ø29,8x0,8	Ø54,0x1,2	Ø58,4x1,3

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.9.8

[arcmin]

Baugröße	8		11		14		
Untersetzung	30	≥50	30	≥50	30	≥50	100
Übertragungsgenauigkeit	<2,0		<2,0	<1,5	<2,0	<1,5	
Hystereseverlust	<3,0	<2,0	<3,0	<2,0	<3,0	<2,0	<1,0

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.9.9

	Symbol [Einheit]	Baugröße 8	11	14
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	0,29	0,80	2,00
	T_2 [Nm]	0,75	2,00	6,90
i = 30	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,054	0,158	0,355
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,044	0,124	0,235
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,034	0,084	0,188
i = 50	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,084	0,320	0,568
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,067	0,300	0,468
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,044	0,221	0,335
i = 100	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	0,120	0,432	0,700
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	0,104	0,333	0,601
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	0,090	0,267	0,468

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.9.10

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße 8	11	14
30	1,50	3,40	4,60
50	0,92	2,00	3,50
100	0,65	1,50	2,20

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.9.11

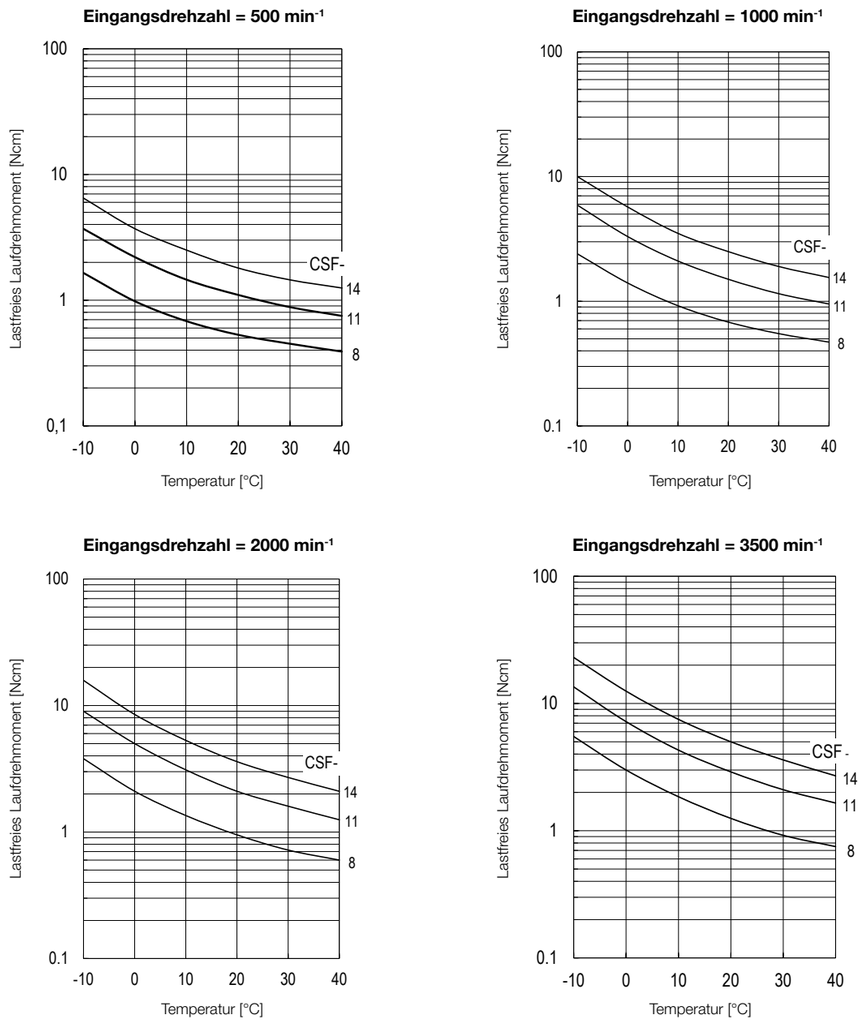
[Nm]

Untersetzung	Baugröße 8	11	14
30	0,70	1,70	2,40
50	0,55	1,20	1,60
100	0,75	1,50	1,80

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.9.12



Korrekturwerte für lastfreies Laufdrehmoment

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

Tabelle 2.9.13

[Ncm]

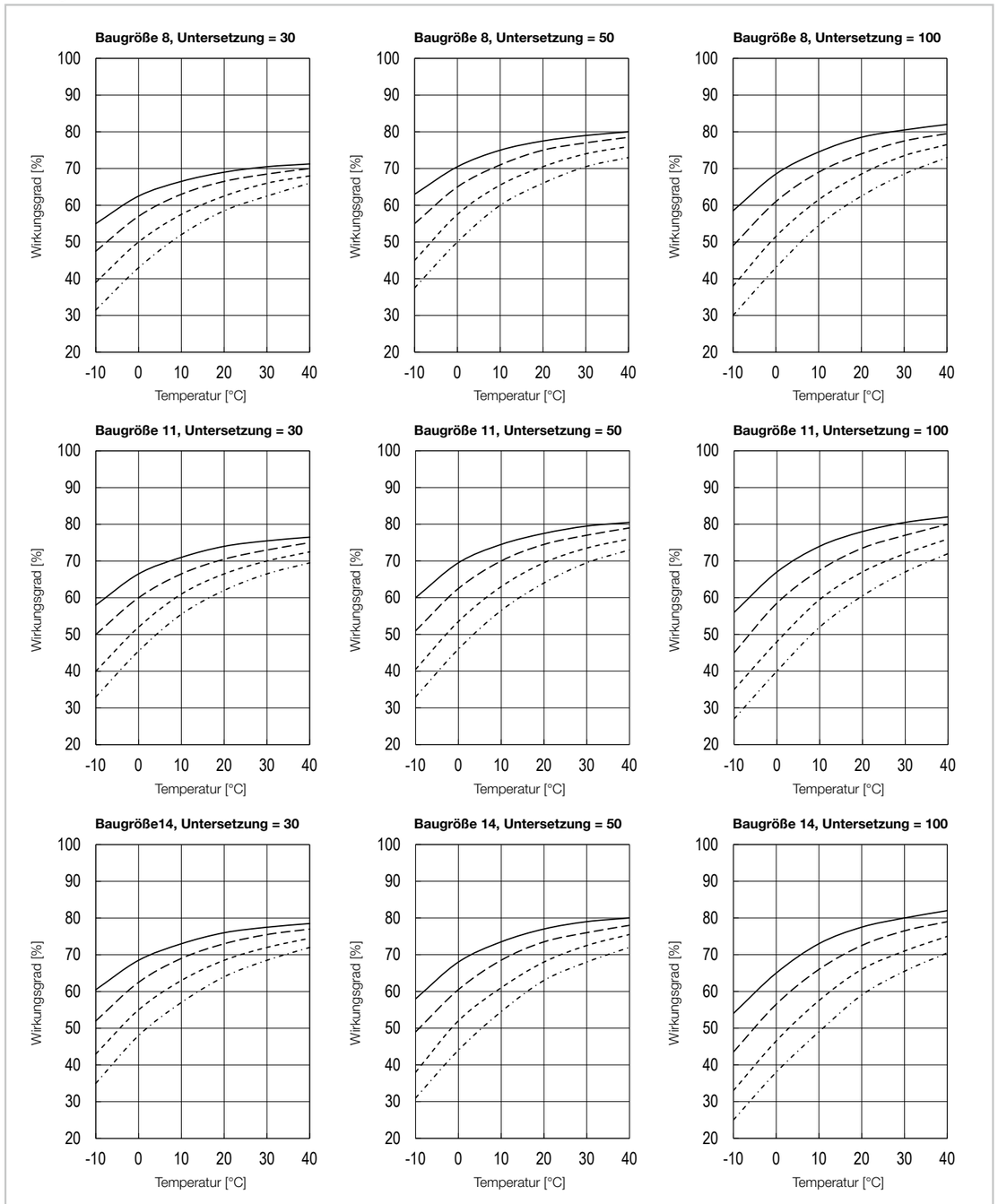
Untersetzung	Baugröße 8	11	14
30	0,49	0,81	1,25
50	0,22	0,36	0,55

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-2 (Baugröße 8 ... 14).

Abbildung 2.9.14



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

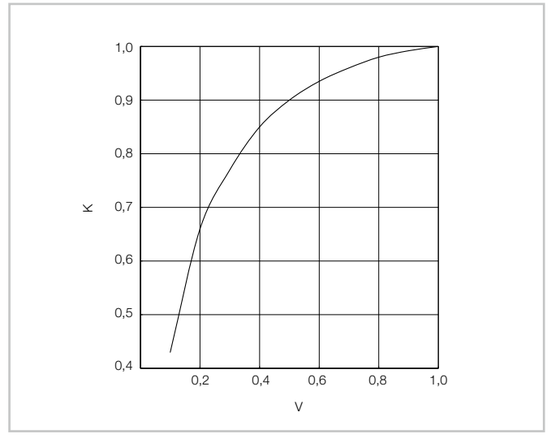
Produkt: CSF-11-50-2UP

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 2 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 3,5 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 2/3,5 = 0,57$ (Für $V > 1$ ist $K = 1$)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.9.15: K = 0,93
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.9.14: η = 74 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 74\ \% \cdot 0,93 = 69\ \%$

Abbildung 2.9.15

Berechnungsfaktor K



Abtriebslager

Die Getriebe CSF-2UP sind mit einem hochbelastbaren Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgestattet.

- Leistungsdaten

Tabelle 2.9.16

	Symbol [Einheit]	Baugröße 8	Baugröße 11	Baugröße 14
Lagertyp[1]		C	C	C
Teilkreisdurchmesser	d_P [m]	0,0350	0,0425	0,0540
Abstand[2]	R [m]	0,0129	0,0140	0,0140
Dynamische Tragzahl	C [N]	5800	5600	7400
Statische Tragzahl	C_O [N]	8000	9900	12800
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3,4]	M [Nm]	15	40	75
Kippsteifigkeit	K_B [Nm/arcmin]	5,8	11,6	23,3
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	1239	1389	1581
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	830	930	1059

[1] Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
[2] Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
[3] Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
[4] Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: $M = 0$, $F_r = 0$ I F_r: $M = 0$, $F_a = 0$
[5] Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Abbildung 2.9.17

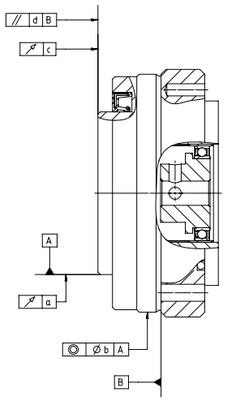


Tabelle 2.9.18 [mm]

Symbol	Baugröße		
	8	11	14
a	0,010		
b	0,040		
c	0,010		
d	0,040		

Montage

• Montagetoleranzen

Abbildung 2.9.19

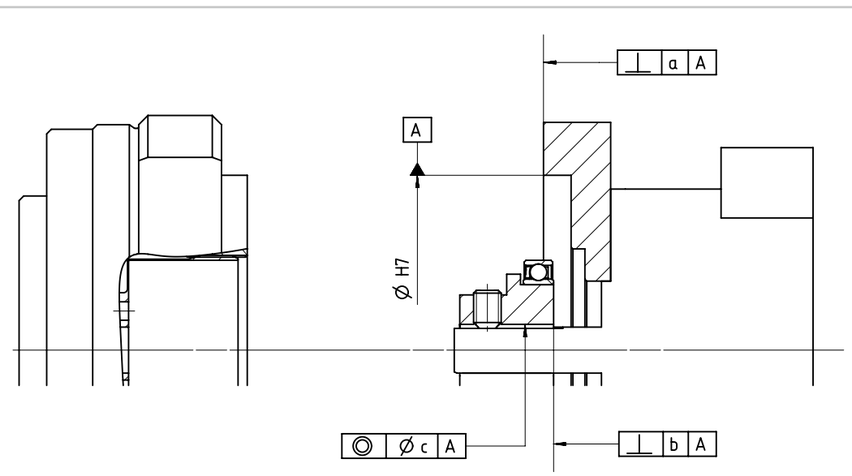


Tabelle 2.9.20 [mm]

Symbol	Empfohlene Toleranz Welle/Bohrung der Anschlusskomponenten	Baugröße		
		8	11	14
a		0,010	0,011	0,011
b		0,006	0,007	0,008
Øc	h6	0,006	0,007	0,016

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Bohrungsdurchmesser Wave Generator

Der Wave Generator kann mit folgenden Bohrungsdurchmessern geliefert werden.

Tabelle 2.9.21 [mm]

Baugröße	8	11	14
Ø0H7	2 bis 8	3 bis 8	4 bis 10

Alle Änderungen des Bohrungsdurchmessers sind spezielle Spezifikationen. Für Details kontaktieren Sie uns bitte.

• Verschraubung

Abbildung 2.9.22

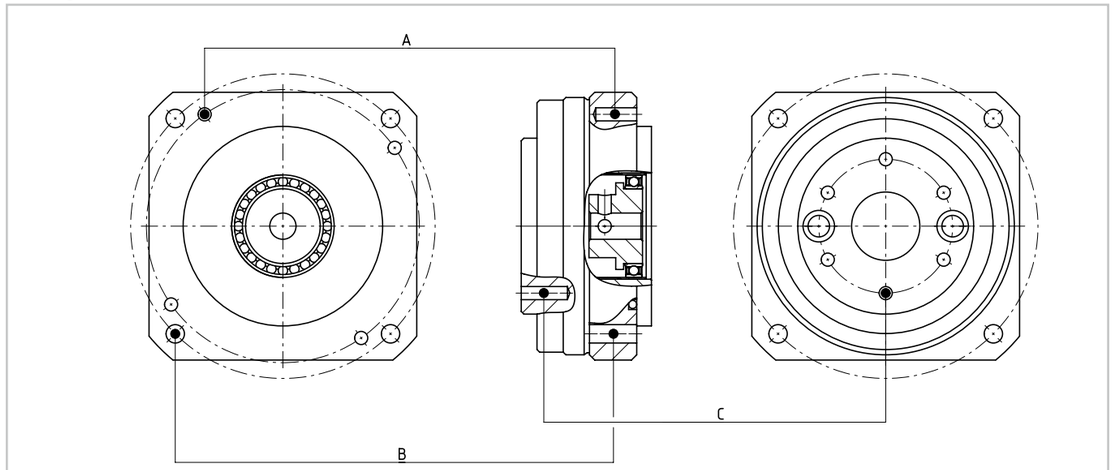


Tabelle 2.9.23

	[Einheit]	Verschraubung A Adapterflansch			Verschraubung B Gehäuseflansch			Verschraubung C Abtriebsflansch		
Baugröße		8	11	14	8	11	11	8	11	14
Anzahl der Schrauben		4	4	4	4	4	4	6	6	6
Größe der Schrauben		M3	M3	M4	M3	M4	M5	M3	M4	M5
Teilkreisdurchmesser	[mm]	52,00	63,00	70,71	58,00	70,00	88,00	25,50	33,00	44,00
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	0,85	0,85	2,00	1,20	2,70	5,40	2,00	4,50	9,00
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	18,0	22,0	44,0	29,0	59,1	119,0	31,9	69,6	184,0
Empfohlene Mindesteinschraubtiefe	[mm]	3,6	3,6	4,8	3,6	4,8	6,0	3,6	4,8	6,0

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: blanker Stahl
Circular Spline: blanker Grauguss
Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator: blanker Stahl

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei der Harmonic Drive SE anzufragen.

Schmierung

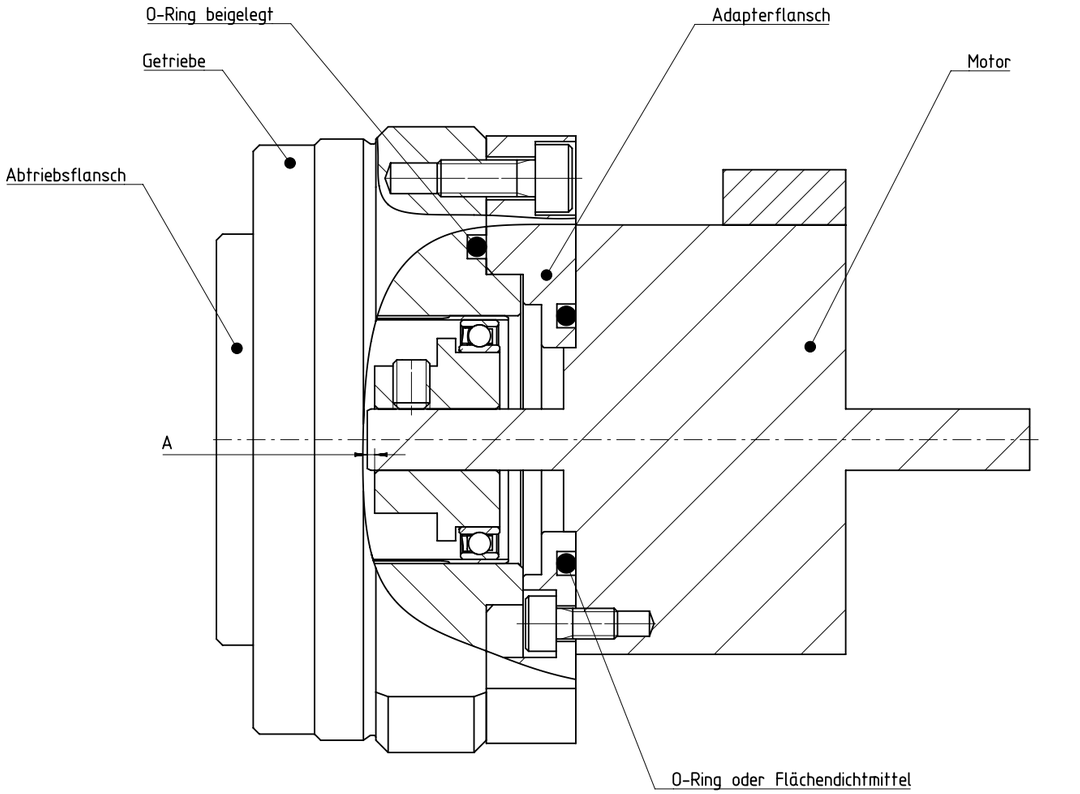
Fettschmierung ist für die Getriebe CSF-2UP Standard. Die Getriebe werden vollständig gefettet geliefert. Zusätzliches Fett bei der Montage wird nicht benötigt. Als Schmierstoff wird Harmonic Drive® SK-2 verwendet.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Anwendungsbeispiel

Die folgende Abbildung zeigt den Einbau des Getriebes mit Abtriebslager.

Abbildung 2.9.24



Bitte stellen Sie sicher, dass die Länge A kürzer als die Werte in der untenstehenden Tabelle ist.

Tabelle 2.9.25

[mm]

Baugröße	8	11	14
A	2,5	4,5	6,0

Produktbeschreibung

Größte Hohlwelle bei kleinstem Außendurchmesser

Die Getriebe mit Abtriebslager der Baureihe FBS-2UH zeichnen sich durch die größte Hohlwelle bei gleichzeitig geringem Außendurchmesser aus. Die große Hohlwelle ist die ideale Lösung für Roboter und Werkzeugmaschinen, die eine zentrale Kabeldurchführung durch die Drehachse benötigen. Durch die Vermeidung von Kabelschlaufen kann somit die Maschinenkonstruktion vereinfacht werden. Basierend auf der neuen Getriebetechnologie des Getriebe-Einbausatzes der Baureihe FBS werden ein gesteigertes Drehmoment, eine hohe Verdrehsteifigkeit sowie eine verlängerte Lebensdauer erreicht.

Merkmale

- Große zentrale Hohlwelle für Kabeldurchführungen
- Maximale Hohlwelle bei minimalem Außendurchmesser
- Kompaktes und platzsparendes Design
- Integriertes Abtriebslager
- Hoher Korrosionsschutz

Bestellbezeichnung

Tabelle 2.10.1

Bestellbezeichnung	FBS	-	25	-	100	-	2UH	-	SP
Baureihe									
Baugröße (entspricht dem Teilkreisdurchmesser der Flexspline-Verzahnung in Zoll x 10)			25 32						
Untersetzung (in der Antriebskonfiguration: Circular Spline (CS) fixiert, Wave Generator (WG) Antrieb, Flexspline (FS) Abtrieb)					30 50 100				
Version Getriebe mit Abtriebslager							2UH		
Kundenspezifische Ausführung Mit kundenspezifischer Ausführung (auf Anfrage) Standardausführung (= Feld bleibt leer)									SP [ ]

Bitte beachten Sie die Tabelle der möglichen Kombinationen.

Kombinationen

Tabelle 2.10.2

Baugröße		25	32
Untersetzung	30	●	●
	50	●	●
	100	o	o

● verfügbar o auf Anfrage - nicht verfügbar

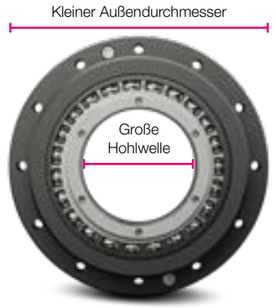


Tabelle 2.10.3

Baugröße	Hohlwelle [mm]	Außendurchmesser [mm]	Verhältnis [%]
25	41,0	93	44
32	55,1	113	49

Technische Daten

• Leistungsdaten

Tabelle 2.10.4

Baugröße	Untersetzung	Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment	Grenze für Durchschnittsdrehmoment	Nenndrehmoment bei 2000 min^{-1}	Grenze für Kollisionsdrehmoment	Max. Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl [min^{-1}]	Massenträgheitsmoment	Gewicht
	i	T_R [Nm]	T_A [Nm]	T_N [Nm]	T_M [Nm]	Fettschmierung	Fettschmierung	[kgm^2]	[kg]
25	30	25	24	15	50	3600	2500	1,0x10^{-4}	1,3
	50	47	35	22	93				
	100	70	59	37	100				
32	30	48	48	30	96	3600	2300	3,3x10^{-4}	2,2
	50	92	67	43	151				
	100	106	89	56	151				

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Abmessungen

Abbildung 2.10.5 **[mm]**

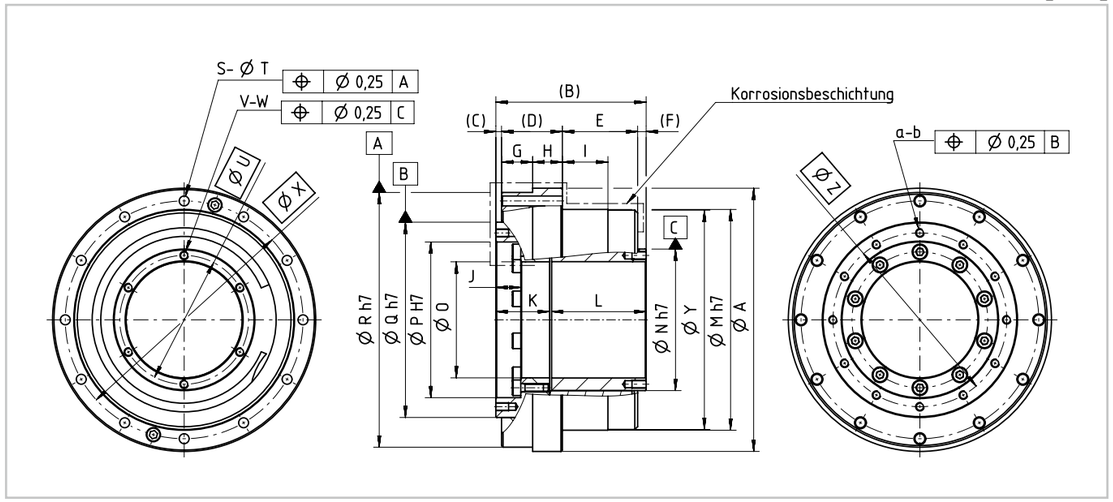


Tabelle 2.10.6 **[mm]**

Baugröße	25	32
ØA	93	113
B	53,1	62,5
C	2	2
D	21,5	25,2
E	26,6	32,3
F	3	3
G	11,0	13,7
H	10,5	11,5
I	16,1	20,0
J	8,8	7,5
K	19,0	21,7
L	33,40	39,97
ØM h7	78	96
ØN h7	50	65
ØO	41,0	55,1
ØP H7	55	69
ØQ h7	69	84
ØR h7	90	110
S	12	12
ØT	3,5	4,5
ØU	45,5	60,0
V	M3	M3
W	5	6
ØX	84	102
ØY	77,5	95,5
ØZ	61,4	77,0
a	M3	M4
b	4,5	6,0

CAD-Zeichnungen zum Download: www.harmonicdrive.de

• Genauigkeit

Tabelle 2.10.7

[arcmin]

Baugröße	25			32		
Untersetzung	30	50	100	30	50	100
Übertragungsgenauigkeit	<3	<2		<3	<2	
Hystereseverlust	<3	<2	<1	<3	<2	<1

• Torsionssteifigkeit

Tabelle 2.10.8

Baugröße		25	32
Grenzdrehmomente	T_1 [Nm]	7,4	16,0
	T_2 [Nm]	26,0	55,0
i = 30	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	1,6	2,9
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	1,3	2,4
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	1,3	2,1
i = 50	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	2,3	4,3
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	2,0	3,7
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	1,9	3,5
i = 100	K_3 [x 10^4 Nm/rad]	3,2	6,6
	K_2 [x 10^4 Nm/rad]	3,2	6,5
	K_1 [x 10^4 Nm/rad]	3,2	6,5

• Lastfreies Anlaufdrehmoment

Tabelle 2.10.9

[Ncm]

Untersetzung	Baugröße	
	25	32
30	25	54
50	15	31
100	11	20

• Lastfreies Rückdrehmoment

Tabelle 2.10.10

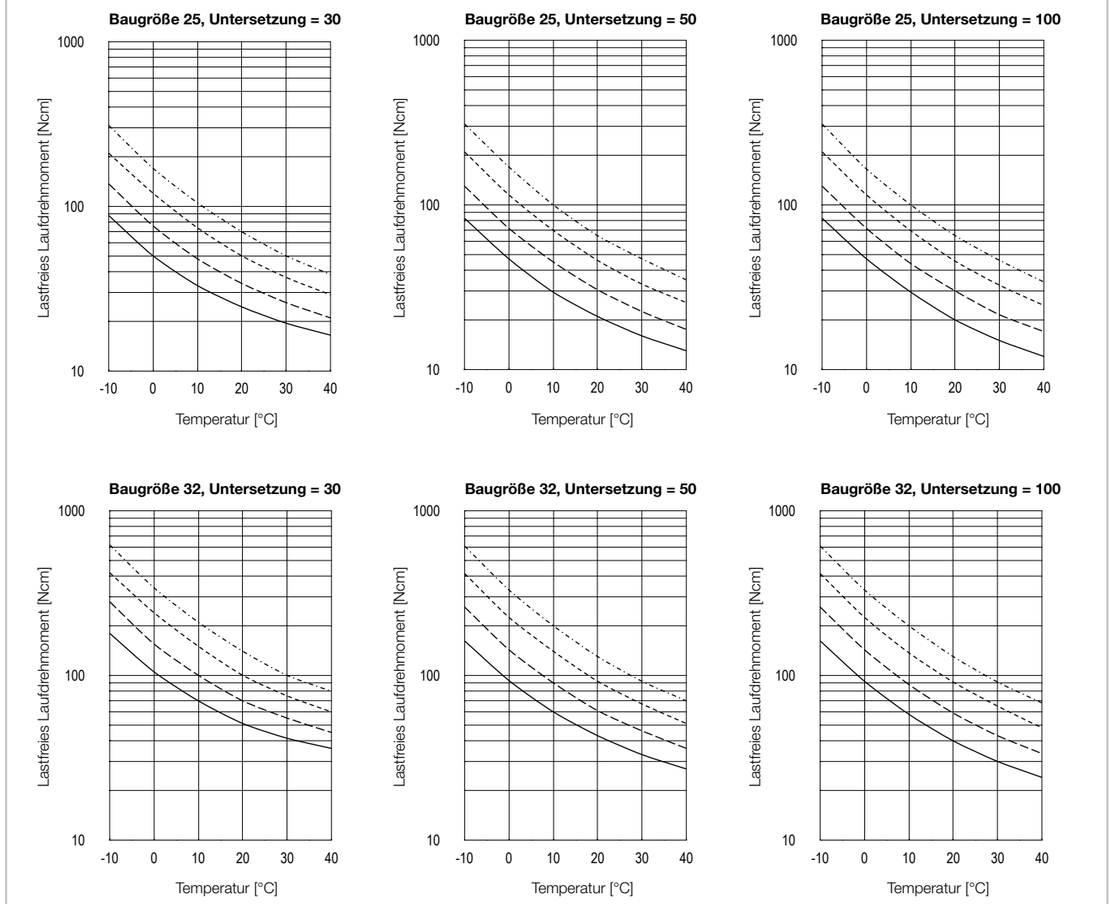
[Nm]

Untersetzung	Baugröße	
	25	32
30	11	23
50	9	18
100	13	22

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

• Lastfreies Laufdrehmoment

Abbildung 2.10.11



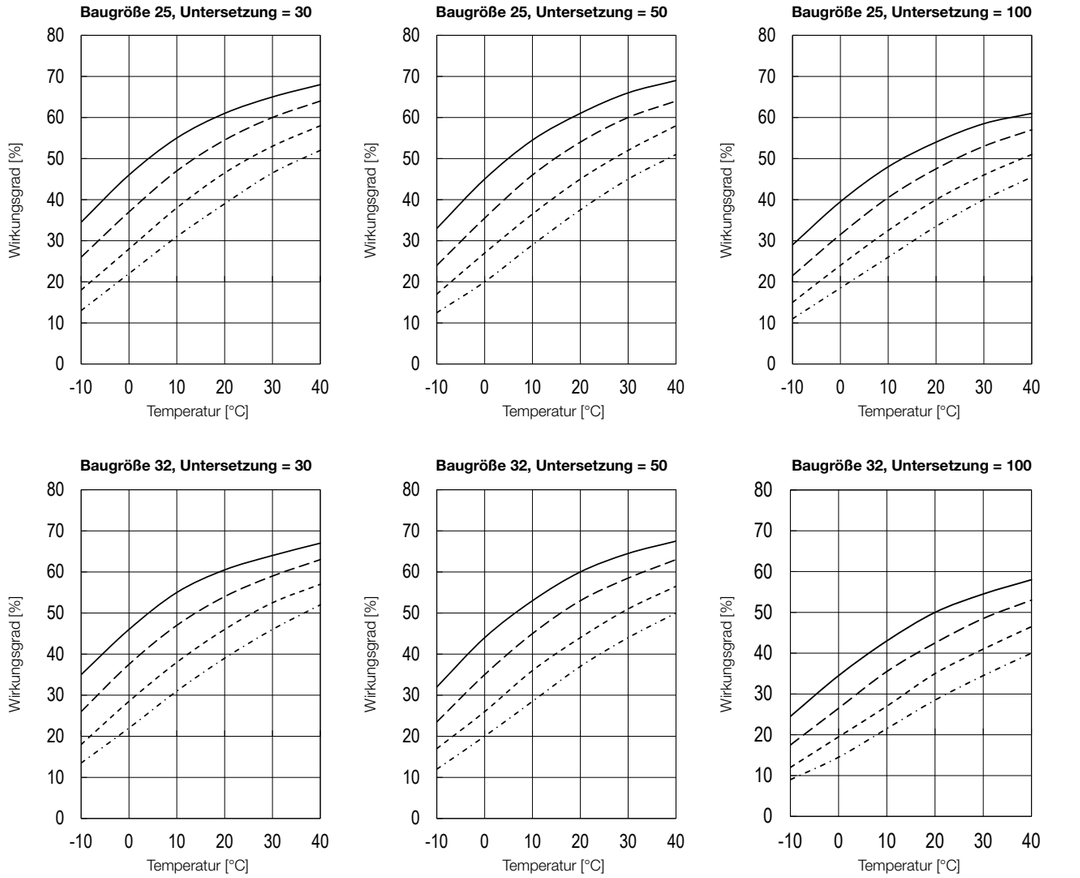
—— n = 500 min^{-1} — — n = 1000 min^{-1} - - - n = 2000 min^{-1} -·- n = 3500 min^{-1}

- Wirkungsgrad

Wirkungsgrad für Fettschmierung bei Nenndrehmoment

Die Diagramme gelten für Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A.

Abbildung 2.10.12



Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

Wirkungsgradberechnung

Der Wirkungsgrad hängt von folgenden Parametern ab: Untersetzung, Eingangsdrehzahl, Lastmoment, Temperatur, Schmierstoff und Schmierstoffmenge. Wenn das Lastmoment kleiner als das Nennmoment ist, ergibt sich ein kleinerer Wirkungsgrad als in den Wirkungsgradkennlinien angegeben. Der drehmomentspezifische Wirkungsgrad wird mittels des Berechnungsfaktors K ermittelt.

Berechnungsbeispiel

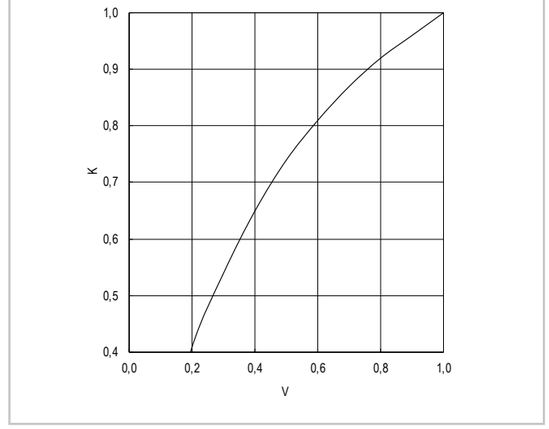
Produkt: FBS-25-50-2UH

- Eingangsdrehzahl: 1000 min^{-1}
- (Durchschnittliches) Lastmoment T_{av}: 2 Nm
- Nenndrehmoment T_N (Katalogangabe): 22 Nm
- Fettschmierung mit Harmonic Drive® Schmierfett SK-1A, Schmiermitteltemperatur: 20 °C.

1. Berechnung des Drehmomentfaktors
   $V = T_{av}/T_N = 20/22 = 0,91$ (Für $V > 1$ ist $K = 1$)
2. Ablesen des Berechnungsfaktors K aus Diagramm Abbildung 2.10.13: K = 0,98
3. Ablesen des Wirkungsgrads aus Wirkungsgrad-kennlinie Abbildung 2.10.12: η = 54 %
4. Berechnung des lastabhängigen Wirkungsgrads
   $\eta_L = 74\ \% \cdot 0,98 = 53\ \%$

Abbildung 2.10.13

Berechnungsfaktor K



Abtriebslager

Das Getriebe FBS-2UH ist mit einem hoch belastbaren Kreuzrollenlager am Abtrieb ausgestattet.

- Leistungsdaten

Tabelle 2.10.14

Baugröße	Symbol [Einheit]	25	32
Lagertyp[1]		C	C
Teilkreisdurchmesser	d_P [m]	0,070	0,086
Abstand[2]	R [m]	0,0110	0,0121
Dynamische Tragzahl	C [N]	7300	10900
Statische Tragzahl	C_O [N]	11000	17900
Zulässiges dynamisches Kippmoment[3,4]	M [Nm]	93	129
Kippsteifigkeit[5]	K_B [Nm/arcmin]	61	90
Zulässige Axiallast[4]	F_a [N]	1560	2329
Zulässige Radiallast[4]	F_r [N]	1045	1560

1) Lagertyp C = Kreuzrollenlager; F = Vierpunktlager
2) Abstand Wälzlagermitte zur abtriebsseitigen Anschraubfläche, siehe Kapitel Getriebeauslegung.
3) Diese Daten gelten für drehende Getriebe. Sie basieren entweder auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers oder auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauergleichung des Lagers höhere Werte zulässt.
4) Die Daten gelten für M: $F_a = 0$, $F_r = 0$ I F_a: $M = 0$, $F_r = 0$ I F_r: $M = 0$, $F_a = 0$
5) Der Wert der Kippsteifigkeit ist der Mittelwert (± 20 %).

• Abtriebslager- und Gehäusetoleranzen

Daten gelten für drehenden Abtriebsflansch.

Abbildung 2.10.15

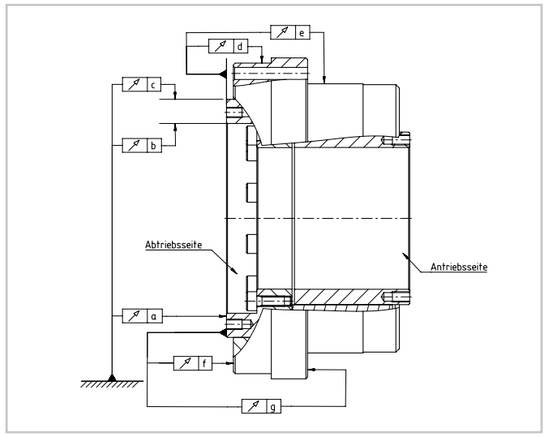


Tabelle 2.10.16 **[mm]**

Symbol	Baugröße	
	25	32
a	0,015	0,015
b	0,010	0,010
c	0,010	0,010
d	0,010	0,013
e	0,070	0,073
f	0,010	0,010
g	0,018	0,024

Eingangslagerung

• Axiales Lagerspiel der Eingangswelle

Die Lagerung des Getriebeeingangs ist spielbehaftet. Die Tabelle 2.10.18 zeigt das axiale Spiel. Wenn das Lagerspiel eliminiert werden soll, muss dies kundenseitig erfolgen.

Abbildung 2.10.17

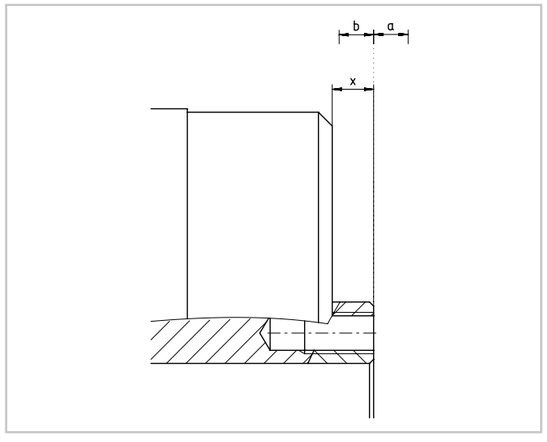


Tabelle 2.10.18 **[mm]**

Baugröße	x	Axiales Spiel	
		a	b
25	3	0,1 ... 0,7	0,0 ... 0,6
32	3	0,2 ... 0,8	0,1 ... 0,7

Konstruktionshinweise

• Belastbarkeit der Eingangswelle

Die Hohlwelle der FBS-2UH ist mit Wälzlagern gelagert. Abbildung 2.10.19 zeigt die Kraftangriffspunkte der in Abbildung 2.10.20 dargestellten maximalen Radial- und Axialkräfte. Die dargestellten Maximalwerte gelten für eine durchschnittliche Eingangsdrehzahl von 2000 min^{-1} und eine mittlere Lebensdauer von L_{10} = 5000 h.

Abbildung 2.10.19

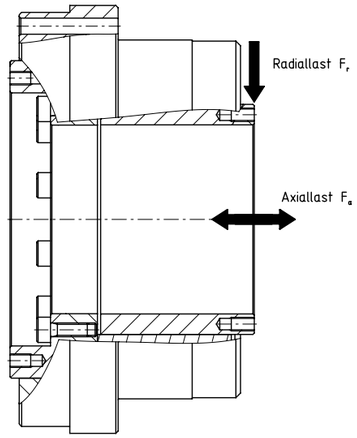
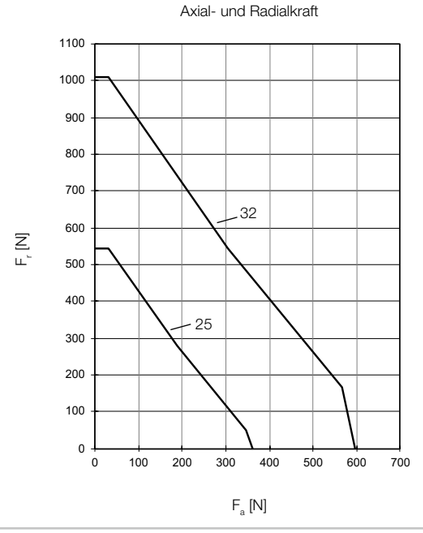


Abbildung 2.10.20



• Gehäusedetail

Wir empfehlen den folgenden Freistich am Kundenflansch.

Abbildung 2.10.21

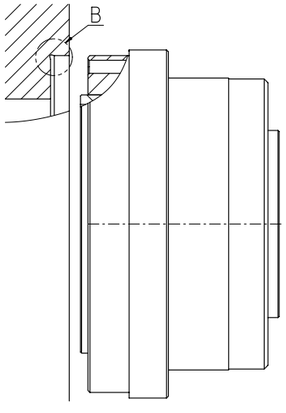
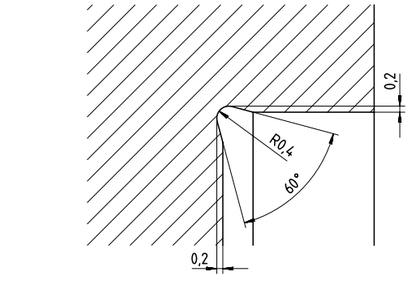


Abbildung 2.10.22



• Verwendete Materialien und Beschichtungen

Material:
Abtriebslager: Stahl korrosionsgeschützt
Circular Spline (Gehäuse): Grauguss korrosionsgeschützt
Flexspline: blanker Stahl
Wave Generator (Hohlwelle): blanker Stahl

Optionale Materialien und Beschichtungen sind bei der Harmonic Drive SE anzufragen.

Montage

• Verschraubung

Abbildung 2.10.23

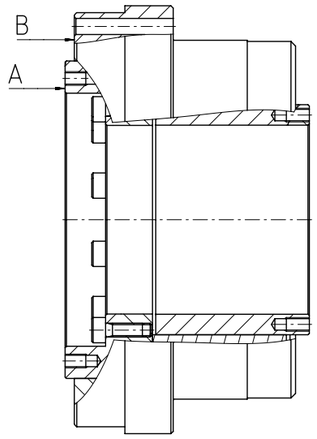


Tabelle 2.10.24

	[Einheit]	Verschraubung A Antriebsflansch		Verschraubung B Gehäuseflansch	
Baugröße		25	32	25	32
Anzahl der Schrauben		12	12	12	12
Größe der Schrauben		M3	M4	M3	M4
Teilkreisdurchmesser	[mm]	61,4	77,0	84,0	102,0
Anzugsmoment der Schraube	[Nm]	2,0	4,5	2,0	4,5
Übertragbares Drehmoment	[Nm]	154	324	210	431

Schraubenqualität: 12.9, Reibungskoeffizient μ = 0,15

Schmierung

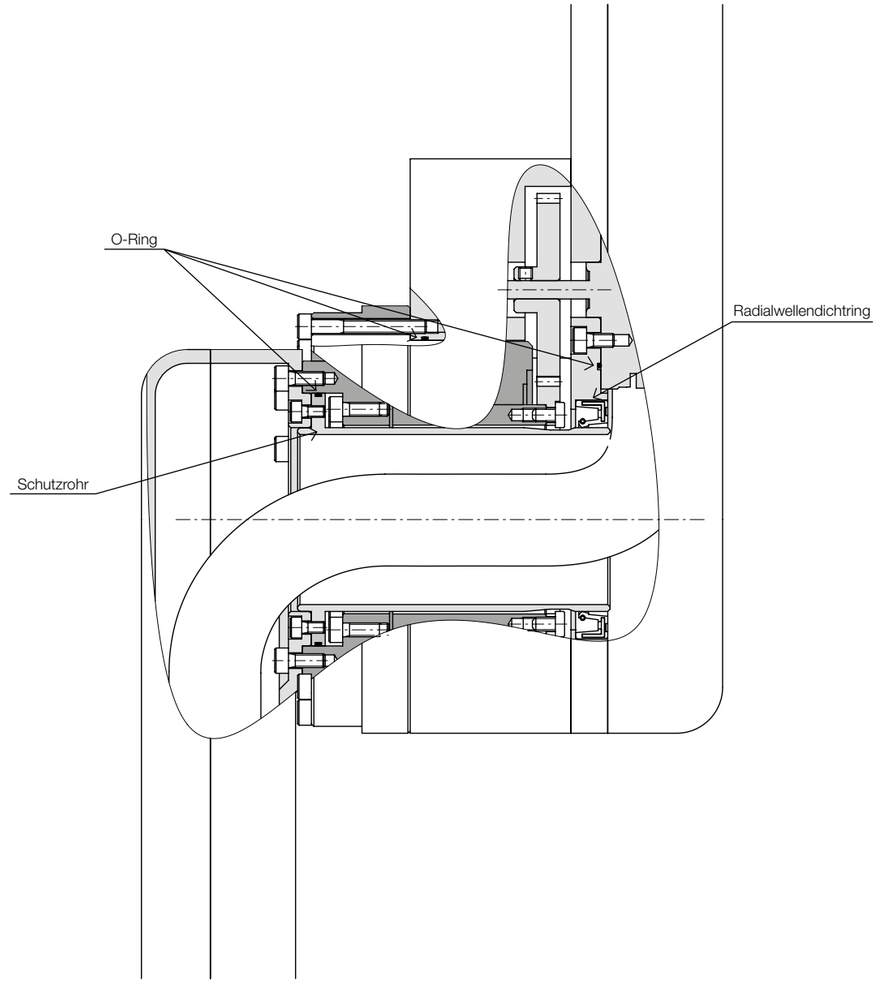
Fettschmierung ist für die Getriebe FBS-2UH Standard. Die Getriebe werden vollständig gefettet geliefert. Zusätzliches Fett bei der Montage wird nicht benötigt. Als Schmierstoff wird Harmonic Drive® SK-1A verwendet. Das Kreuzrollenlager ist mit Harmonic Drive® 4B No.2 gefettet.

Nähere Informationen hierzu finden Sie im Kapitel Projektierung.

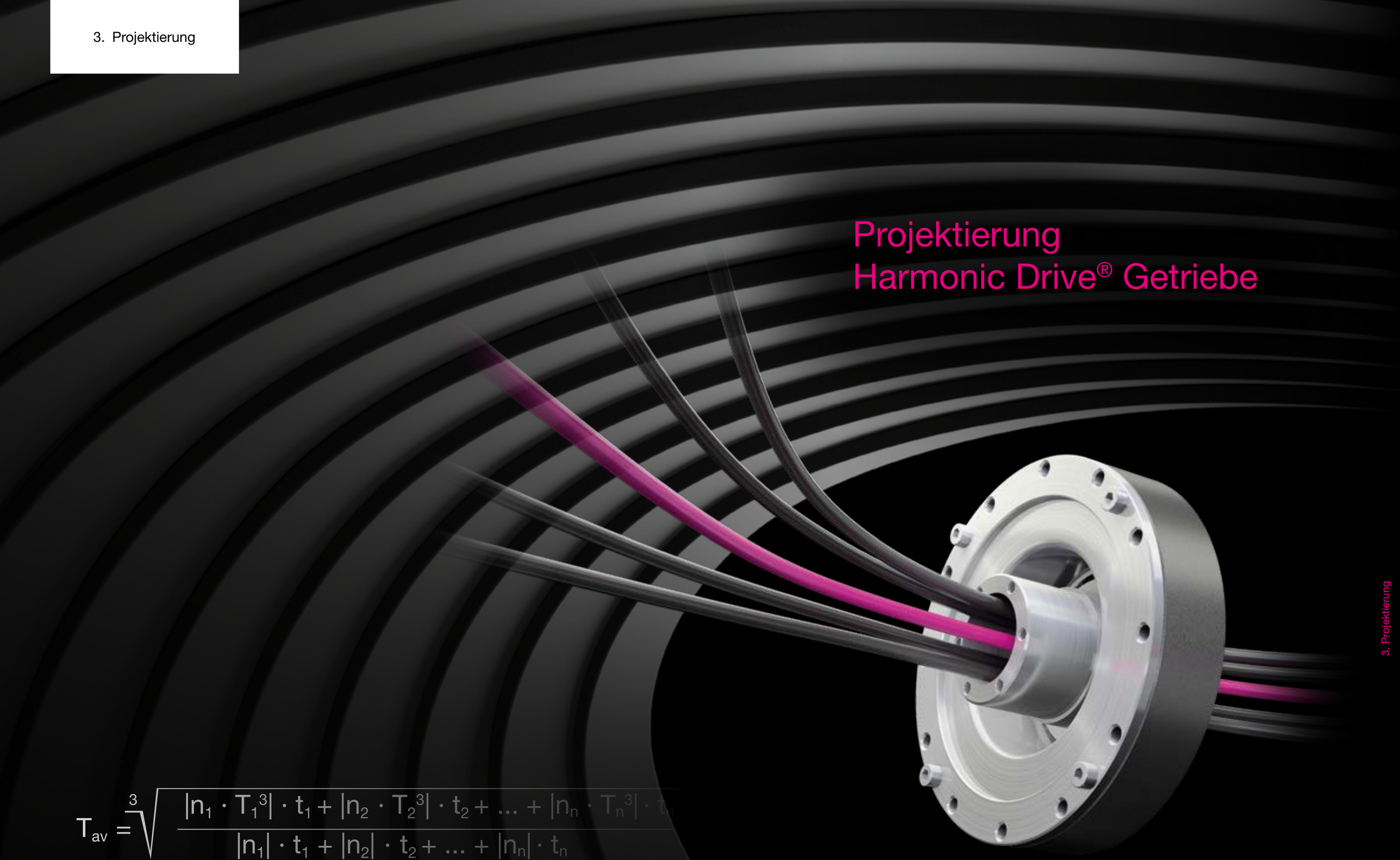
Anwendungsbeispiel

Das FBS-2UH Getriebe hat keine Dichtung auf der Eingangsseite. Die Abbildung zeigt ein Anwendungsbeispiel mit integriertem Schutzrohr zum Schutz der Kabeldurchführung. Der Radialwellendichtring läuft auf dem langsam drehenden Schutzrohr und dichtet das Getriebe zum Gehäuse ab. Hierdurch werden die Reibungsverluste auf ein Minimum reduziert. Bitte sehen Sie weiterhin O-Ringe oder Flächendichtmittel für die statische Abdichtung des Getriebes vor.

Abbildung 2.10.25



Projektierung
Harmonic Drive® Getriebe



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

Inhalt

Allgemeines **276**

Sicherheitshinweise **277**

- Bestimmungsgemäße Verwendung 278
- Nicht bestimmungsgemäße Verwendung 278
- Verwendung in besonderen Anwendungsbereichen 278

Konformitätserklärung **278**

Getriebeauslegung **279**

- Getriebeauslegung mit SERVOsoft® 279
- Antriebskonfigurationen 280
- Auslegungsschema 282
- Drehmomentbasierte Auslegung 283
- Steifigkeitsbasierte Auslegung 285
- Berechnung des Torsionswinkels 288
- Auslegung des Abtriebslagers 289

Konstruktionshinweise **294**

- Konstruktive Integration 294
- Axialkräfte an Wave Generator und Flexspline 296
- Lagerung der An- und Abtriebswelle 297
- Schraubenverbindungen 298
- Wave Generator 299
- Montage 302
- Schmierung 303

Montagehinweise **308**

- Vorbereitung der Montage 308
- Überprüfung der korrekten Montage 308

Glossar **310**

Allgemeines

Hinweise für den Anwender

Zu Beginn der Projektierung Ihrer Antriebsachse mit Harmonic Drive® Produkten möchten wir auf allgemeine technische Randbedingungen und besondere Sicherheitsvorschriften hinweisen sowie Empfehlungen zur Auslegung, Konstruktion und Montage geben. Ebenso finden Sie im Anschluss das Glossar zur Erläuterung der technischen Produktparameter.

Die Dokumentation wendet sich an Planer und Projekteure der Maschinenhersteller. Sie unterstützt bei der Auswahl und Berechnung von Getrieben sowie des Zubehörs.

Hinweise zur Aufbewahrung

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

Weiterführende Dokumentation

Zur Projektierung von Antriebssystemen der Harmonic Drive SE benötigen Sie nach Bedarf weitere Dokumentationen. Die Harmonic Drive SE stellt für ihre Produkte die gesamte Dokumentation auf ihrer Website im PDF-Format zur Verfügung.

www.harmonicdrive.de

Fremdsysteme

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

Vor der Inbetriebnahme von Getrieben der Harmonic Drive SE an Elektromotoren ist die spezifische Inbetriebnahmedokumentation des jeweiligen Gerätes zu beachten.

Sicherheitshinweise

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

⚠ VORSICHT

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

⚠ WARNUNG

Verletzung durch bewegliche und herausgeschleuderte Teile:
Das Berühren beweglicher Teile oder Abtriebselemente und das Herausschleudern sich lösender Teile, z. B. Passfedern, können schwere Verletzungen oder Tod verursachen.

- Entfernen oder sichern Sie lose Teile gegen Herausschleudern
- Berühren Sie keine beweglichen Teile
- Sichern Sie bewegliche Teile mit einem Berührungsschutz

⚠ VORSICHT

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

INFO

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

• Bestimmungsgemäße Verwendung

Harmonic Drive® Produkte sind für industrielle oder gewerbliche Anwendungen bestimmt.

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

• 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.

• Verwendung in besonderen Anwendungsbereichen

Die Verwendung der Produkte in nachfolgenden Anwendungsbereichen bedarf einer Risikobewertung und Freigabe durch die Harmonic Drive SE.

- 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
- 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

Konformitätserklärung

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

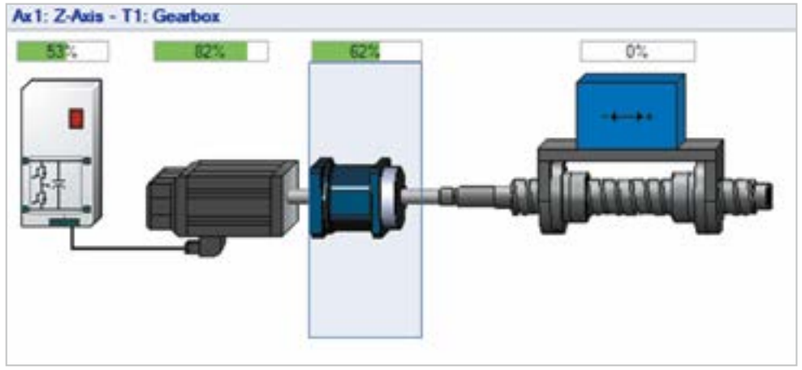
Grundlegende Sicherheitsanforderungen und Gesundheitsschutzanforderungen wurden bei der Konstruktion und Fertigung der Getriebe berücksichtigt. Dies vereinfacht es dem Endanwender, die Übereinstimmung seiner Maschine oder seiner unvollständigen Maschine mit der Maschinenrichtlinie herzustellen. Die Inbetriebnahme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

Getriebeauslegung

• Getriebeauslegung mit SERVOsoft®

Für eine optimale Auslegung von Harmonic Drive® Wellgetrieben und Servoaktuatoren setzen unsere Vertriebs- und Projektierungsingenieure das Antriebsdimensionierungsprogramm SERVOsoft® ein.

Abbildung 3.1

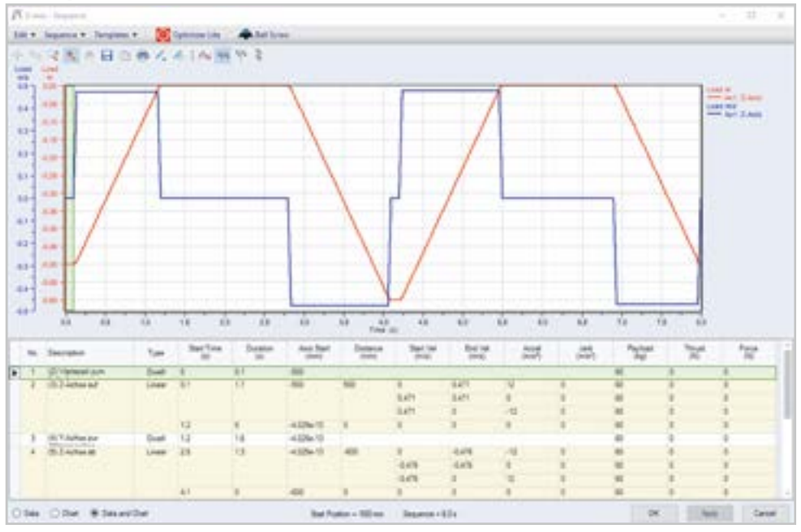


Die Getriebeauslegung mit SERVOsoft® stellt sicher, dass alle Komponenten bezüglich mechanischer Last, aber auch aller elektrischen Daten richtig ausgelegt sind. Hierzu wurde eine Datenbank mit allen relevanten Daten unserer Getriebe und Servoaktuatoren erstellt.
Berechnete Reserven werden ebenso leicht verständlich angezeigt wie grenzwertige Auslegungen.

Mit der Getriebeauslegung mit SERVOsoft® stellen Sie sicher, dass Ihr System unter Berücksichtigung aller eingegebenen Lastzyklen einerseits mit genügend Reserve ausgelegt, aber auch andererseits sinnvoll ausgelastet ist und effizient arbeitet. Den Lastzyklus Ihrer Maschine erstellen wir für Sie gemäß Ihren Vorgaben. Oder haben Sie das Lastprofil Ihrer Maschine als Excel-Datei oder als csv-Datei vorliegen? Gerne können wir Ihr Lastprofil schnell und genau in unsere Simulation einbinden.

Auf Wunsch erhalten Sie eine detaillierte Auflistung aller Berechnungsergebnisse sowie die Stückliste der ausgewählten Antriebskomponenten für Ihren Anwendungsfall.

Abbildung 3.2



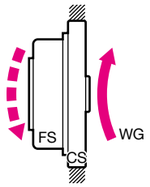
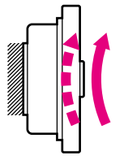
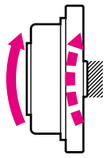
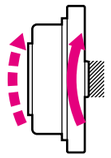
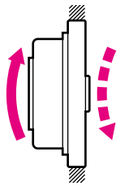
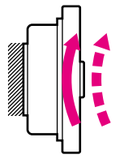
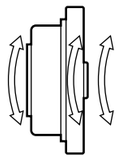
- Antriebskonfigurationen

Cup-Type-Getriebe

Harmonic Drive® Wellgetriebe können in diversen Antriebskonfigurationen betrieben werden, wodurch sich unterschiedliche Getriebeuntersetzungen ergeben.

Zu den Cup-Type-Getrieben zählen:
HFUC-2A, CSG-2A, CPL-2A, CSD-2A, HFUC-2UH, CSG-2UH, CPU, CSF Mini, CSF-2UP, CSF-ULW, CSD-2UH/2UF, PMG

Abbildung 3.3

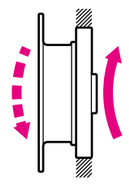
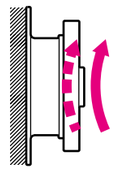
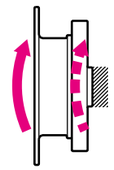
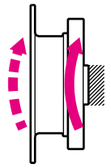
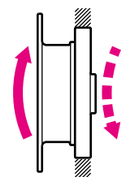
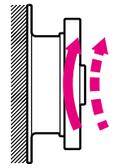
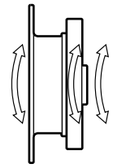
			
i = Untersetzung laut technischen Daten	**(1) Untersetzungsgetriebe** Antrieb: Wave Generator Abtrieb: Flexspline Fixiert: Circular Spline	**(2) Untersetzungsgetriebe** Antrieb: Wave Generator Abtrieb: Circular Spline Fixiert: Flexspline	**(3) Untersetzungsgetriebe** Antrieb: Flexspline Abtrieb: Circular Spline Fixiert: Wave Generator
Untersetzung = $\frac{\text{Antriebsdrehzahl}}{\text{Abtriebsdrehzahl}}$	Untersetzung = $-\frac{i}{1}$	Untersetzung = i + 1	Untersetzung = $\frac{i+1}{i}$
			
(4) Übersetzungsgetriebe Antrieb: Circular Spline Abtrieb: Flexspline Fixiert: Wave Generator	**(5) Übersetzungsgetriebe** Antrieb: Flexspline Abtrieb: Wave Generator Fixiert: Circular Spline	**(6) Übersetzungsgetriebe** Antrieb: Circular Spline Abtrieb: Wave Generator Fixiert: Flexspline	**(7) Differenzialgetriebe**
Untersetzung = $\frac{i}{i+1}$	Untersetzung = $-\frac{1}{i}$	Untersetzung = $\frac{1}{i+1}$	Wenn der Wave Generator, Flexspline und Circular Spline rotieren sind Kombinationen aus (1) bis (6) möglich.

Silk-Hat-Type-Getriebe

Harmonic Drive® Wellgetriebe können in diversen Antriebskonfigurationen betrieben werden, wodurch sich unterschiedliche Getriebeuntersetzungen ergeben.

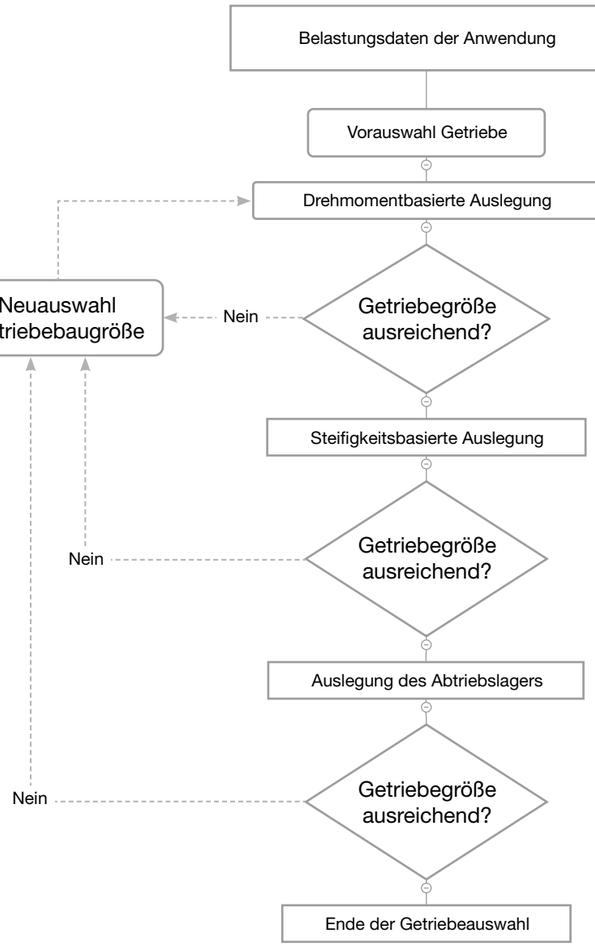
Zu den Silk-Hat-Type-Getrieben zählen:
SHG-2A, SHG-2UH/2SO/2SH, SHD-2SH, HFUS-2A, HFUS-2UH/2SO/2SH

Abbildung 3.4

			
i = Untersetzung laut technischen Daten	**(1) Untersetzungsgetriebe** Antrieb: Wave Generator Abtrieb: Flexspline Fixiert: Circular Spline	**(2) Untersetzungsgetriebe** Antrieb: Wave Generator Abtrieb: Circular Spline Fixiert: Flexspline	**(3) Untersetzungsgetriebe** Antrieb: Flexspline Abtrieb: Circular Spline Fixiert: Wave Generator
Untersetzung = $\frac{\text{Antriebsdrehzahl}}{\text{Abtriebsdrehzahl}}$	Untersetzung = $-\frac{i}{1}$	Untersetzung = i + 1	Untersetzung = $\frac{i+1}{i}$
			
(4) Übersetzungsgetriebe Antrieb: Circular Spline Abtrieb: Flexspline Fixiert: Wave Generator	**(5) Übersetzungsgetriebe** Antrieb: Flexspline Abtrieb: Wave Generator Fixiert: Circular Spline	**(6) Übersetzungsgetriebe** Antrieb: Circular Spline Abtrieb: Wave Generator Fixiert: Flexspline	**(7) Differenzialgetriebe**
Untersetzung = $\frac{i}{i+1}$	Untersetzung = $-\frac{1}{i}$	Untersetzung = $\frac{1}{i+1}$	Wenn der Wave Generator, Flexspline und Circular Spline rotieren sind Kombinationen aus (1) bis (6) möglich.

• Auslegungsschema

Bei der Auslegung sollten grundsätzlich sowohl Drehmoment- als auch Steifigkeitsanforderungen berücksichtigt werden. Während z. B. bei Robotikanwendungen eher die erforderlichen Drehmomente ausschlaggebend für die Getriebebaugröße sind, ist im Werkzeugmaschinenbau oft die prozessbedingt notwendige Torsionssteifigkeit entscheidend. Zusätzlich sollte bei Getrieben mit Abtriebslagern sowohl die Lebensdauer als auch die statische Sicherheit des Abtriebslagers berechnet werden. Wir empfehlen daher, die Getriebeauslegung gemäß dem folgenden Schema durchzuführen.

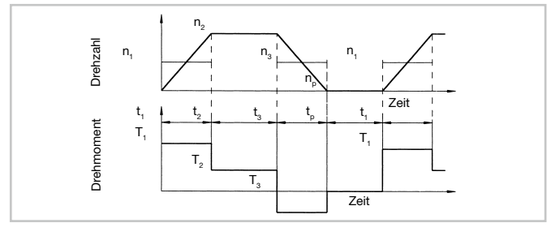


• Drehmomentbasierte Auslegung

Überprüfung der zulässigen Belastungen

Belastungsdaten der Anwendung		
Drehmoment (Stufe 1 ... n)	$T_1 \dots T_n$	[Nm]
Belastungszeit (Stufe 1 ... n)	$t_1 \dots t_n$	[s]
Pausenzeit	t_p	[s]
Abtriebsdrehzahl (Stufe 1 ... n)	$n_1 \dots n_n$	[min^{-1}]
Maximales Drehmoment	T_{max}	[Nm]
Durchschnittliches Drehmoment	T_{av}	[Nm]
Maximale Abtriebsdrehzahl	$n_{out\ max}$	[min^{-1}]
Maximale Antriebsdrehzahl	$n_{in\ max}$	[min^{-1}]
Durchschnittliche Abtriebsdrehzahl	$n_{out\ av}$	[min^{-1}]
Durchschnittliche Antriebsdrehzahl	$n_{in\ av}$	[min^{-1}]
Kollisionsdrehmoment	T_k	[Nm]
Abtriebsdrehzahl bei Kollision	n_k	[min^{-1}]
Belastungszeit bei Kollision	t_k	[s]

Abbildung 3.5



Zulässige Belastung des Getriebes		
Zulässiges Durchschnittsdrehmoment	T_A	[Nm]
Zulässiges wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R	[Nm]
Zulässiges Kollisionsdrehmoment	T_M	[Nm]
Zulässige mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av\ (max)}$	[min^{-1}]
Zulässige maximale Antriebsdrehzahl	$n_{in\ (max)}$	[min^{-1}]

Gleichung 3.6

Vorauswahl eines Getriebes unter der Bedingung

$$T_{av} \leq T_A$$

Gleichung 3.7

Berechnung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes

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

Gleichung 3.8

Prüfung der zulässigen mittleren Antriebsdrehzahl

$$n_{in\ av} \leq n_{av\ (max)}$$

Gleichung 3.9

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 3.10

Berechnung der durchschnittlichen Antriebsdrehzahl

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

Gleichung 3.11

Prüfung der zulässigen maximalen Antriebsdrehzahl

$$n_{in\ max} \leq n_{in\ (max)}$$

Ermittlung der maximalen Antriebsdrehzahl aus Belastungszyklus

Gleichung 3.12

Prüfung des zulässigen wiederholbaren Spitzendrehmomentes

$$T_{max} \leq T_R$$

Ermittlung des maximalen Drehmomentes aus Belastungszyklus

Gleichung 3.13

Prüfung des zulässigen Kollisionsdrehmomentes

$$T_K \leq T_M$$

Ermittlung des Kollisionsmomentes aus Belastungszyklus

Gleichung 3.14

Prüfung der erlaubten Anzahl von Kollisionsdrehmomenten

$$N_K < 10^4$$

Gleichung 3.15

Ermittlung der Anzahl von Kollisionsmomenten

$$N_K = \frac{10^4}{2 \cdot \frac{n_k}{60} \cdot i \cdot t_k}$$

Gleichung 3.16

Prüfung der Lebensdauer des Wave-Generator-Kugellagers

Berechnete Lebensdauer L_{10h} > erforderliche Lebensdauer $L_{10\ erf.}$

$$L_{10h} = L_n \cdot \frac{n_N}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{T_N}{T_{av}}\right)^3$$

Tabelle 3.17

Nominelle Lebensdauer und Nenndrehzahlen

Harmonic Drive® Baureihen	Nominelle Lebensdauer L_n [h]	Nenndrehzahl n_N [min^{-1}]
HFUC, HFUS, CPL, CSD, CPU, CSF Mini, SHD, CSF-2UP, CSF-ULW	7000	2000
CSG, SHG	10000	2000
FBS-2UH	5000	2000
PMG-5	3000	4500
PMG-8/ 11/ 14	3000	3500

Rechenbeispiel

Für die drehmomentbasierte Auslegung sollte ein Referenzzyklus zugrunde gelegt werden, der eine typische Belastung des Getriebes inklusive Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen darstellt. Das Kollisionsdrehmoment kann entweder aus bekannten Anwendungsdaten im Überlastfall (z. B. Notaus Ereignis) oder mithilfe der nominalen Belastung und einem Überlastfaktor abgeschätzt werden.

Belastungsdaten der Anwendung

T_1 = 400 Nm t_1 = 0,3 s n_1 = 7 min^{-1}
T_2 = 320 Nm t_2 = 3,0 s n_2 = 14 min^{-1}
T_3 = 200 Nm t_3 = 0,4 s n_3 = 7 min^{-1}
T_k = 1000 Nm t_k = 0,15 s n_k = 14 min^{-1}
t_p = 0,2 s n_p = 0 min^{-1}

geforderte Lebensdauer $L_{10\ erf.}$ = 15000 h

Zulässige Belastung des Getriebes

Vorausgewähltes Getriebe	CSG-40-120-2A-GR
Nenndrehmoment	T_N = 382 Nm
Nenndrehzahl	n_N = 2000 min^{-1}
Zulässiges Durchschnittsdrehmoment	T_A = 586 Nm
Zulässiges wiederholbares Spitzendrehmoment	T_R = 802 Nm
Zulässiges Kollisionsdrehmoment	T_M = 1530 Nm
Zulässige mittlere Antriebsdrehzahl	$n_{av\ (max)}$ = 3000 min^{-1}
Zulässige maximale Antriebsdrehzahl	$n_{in\ (max)}$ = 4000 min^{-1}

Vorauswahl eines Getriebes anhand des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes: CSG-40-120-2A-GR

T_{av} = 319 Nm ≤ T_A = 586 Nm ✓

Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes

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

T_{av} = 319 Nm

Prüfung der zulässigen mittleren Antriebsdrehzahl

$n_{in\ av}$ = 1440 min^{-1} ≤ $n_{av\ (max)}$ = 3000 min^{-1} ✓

Ermittlung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl

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

Ermittlung der durchschnittlichen Antriebsdrehzahl

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

Prüfung der zulässigen maximalen Antriebsdrehzahl

$n_{in\ max}$ = 1680 min^{-1} ≤ $n_{in\ (max)}$ = 4000 min^{-1} ✓

Ermittlung der maximalen Antriebsdrehzahl aus Belastungszyklus

$n_{in\ max} = n_2 \cdot i$ = 14 min^{-1} · 120 = 1680 min^{-1}

Prüfung des zulässigen Kollisionsdrehmomentes

T_K = 1000 Nm ≤ T_M = 1530 Nm ✓

Ermittlung des Kollisionsdrehmomentes aus Belastungszyklus

T_K = 1000 Nm

Prüfung der erlaubten Anzahl von Kollisionsdrehmomenten

N = 1190 ≤ $N_{k\ zul}$ = 10^4 ✓

Ermittlung der Anzahl von Kollisionsmomenten

$$N_K = \frac{10^4}{2 \cdot \frac{14 \cdot 120}{60} \cdot 0{,}15} = 1190$$

Prüfung der Lebensdauer des Wave-Generator-Kugellagers

L_{10} = 23850 h > $L_{10\ erf.}$ = 15000 h ✓

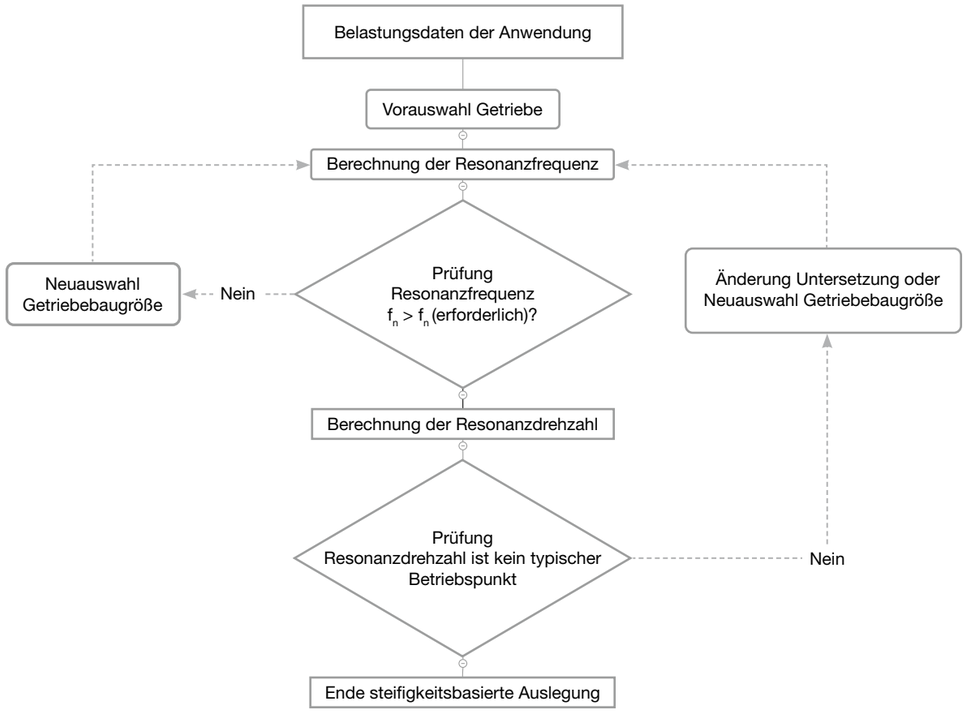
Ermittlung der Lebensdauer des Wave-Generator-Kugellagers

$$L_{10} = \frac{10000\ \text{h} \cdot 2000\ \text{min}^{-1}}{1440\ \text{min}^{-1}} \cdot \left(\frac{382\ \text{Nm}}{319\ \text{Nm}}\right)^3$$

- Steifigkeitsbasierte Auslegung

Auslegungsschema

Zusätzlich zum Auswahlschema „Drehmomentbasierte Auslegung“ empfehlen wir die Durchführung einer steifigkeitsbasierten Auslegung, die das Verhältnis des Massenträgheitsmomentes der Last zur Steifigkeit des Getriebes bewertet und mit den Anforderungen der Anwendung vergleicht.



Berechnung der Resonanzfrequenz

Unter der Annahme, dass die Steifigkeit der Getriebeanbindung im Vergleich zur Getriebesteifigkeit hoch ist, kann mit folgender Formel die Eigenfrequenz des Systems abgeschätzt werden.**

Gleichung 3.18

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_1}{J}}$$

Tabelle 3.19

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
f_n	[Hz]	Resonanzfrequenz	
K_1	[Nm/arcmin]	Getriebe Torsionssteifigkeit K_1	Siehe jeweiliges Produktkapitel „Torsionssteifigkeit“
J	[kgm^2]	Massenträgheitsmoment der Last	Aus Anwendung

Um Schwingungen des Systems zu verringern, sollte die berechnete Resonanzfrequenz in Abhängigkeit der Anwendung folgende empfohlenen minimalen Resonanzfrequenzen nicht unterschreiten.

** Wenn die Steifigkeit der Getriebeanbindung einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf das Schwingungsverhalten hat, oder das Massenträgheitsmoment der Last zeitlich veränderlich ist (z. B. bei mechanisch gekoppelten Achsen), kontaktieren Sie bitte Ihren Ansprechpartner der Harmonic Drive SE. Mithilfe der Mehrkörper-Simulation können diese Einflüsse auf das Schwingungsverhalten Ihres Antriebsstranges abgebildet werden.

Tabelle 3.20

Anwendung	Empfohlene minimale Resonanzfrequenz f_n [Hz]
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
Standardanwendungen 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

Berechnung der Resonanzdrehzahl

Die Resonanzfrequenz des Antriebssystems ist die Frequenz, bei der das System zu Schwingungen neigt. Das Harmonic Drive® Getriebe selbst regt je Wave-Generator-Umdrehungen zu zwei Schwingungsamplituden an. Hiermit lässt sich die Resonanzdrehzahl des Systems berechnen.

Gleichung 3.21

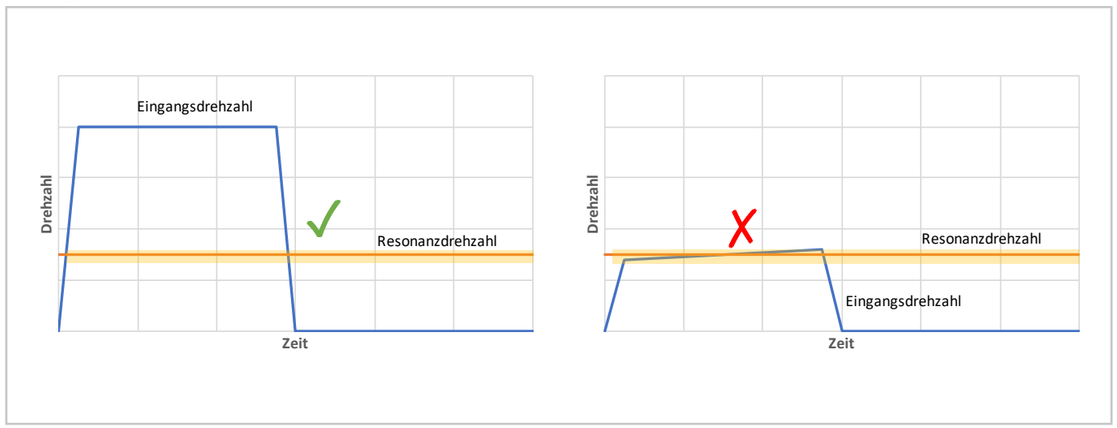
$$n_n\,[\text{min}^{-1}] = \frac{f_n[\text{Hz}]}{2} \cdot 60$$

Tabelle 3.22

Symbol	[Einheit]	Bedeutung
n_n	[min^{-1}]	Resonanzdrehzahl
f_n	[Hz]	Resonanzfrequenz

Die Resonanzdrehzahl sollte im Betrieb entweder nicht überschritten, oder zügig durchfahren werden, siehe Abbildung 3.23. Betriebspunkte der Anlage im Bereich der Resonanzdrehzahl sollten nach Möglichkeit vermieden werden. Mithilfe der Getriebeuntersetzung oder der Getriebebaugröße kann die Resonanzdrehzahl beeinflusst werden.

Abbildung 3.23



Auslegungsbeispiel

Nachfolgend wird ein Auslegungsbeispiel für eine Fräskopf-Anwendung in der Holzbearbeitung dargestellt.

Tabelle 3.24

Vorausgewähltes Getriebe (Drehmomentbasierte Auslegung)	CSG-40-120-2A-GR
Verdrehsteifigkeit K_1 des Getriebes	$130 \cdot 10^3$ Nm/rad
Geplante Anwendung	Fräskopf Holzbearbeitung
Abtriebsseitiges Massenträgheitsmoment	7 kgm^2
Empfohlene min. Resonanzfrequenz (aus Tabelle 3.20)	30 Hz

Gleichung 3.25

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{130 \cdot 10^3\,\text{Nm/rad}}{7\,\text{kgm}^2}} = 21{,}7\ \text{Hz}$$

Gemäß steifigkeitsbasierter Auslegung ist diese Baugröße für die Anwendung zu klein. Bei Auswahl des größeren Getriebes CSG-50-120-2A-GR ergibt sich folgende Resonanzfrequenz.

Gleichung 3.26

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{250 \cdot 10^3\,\text{Nm/rad}}{7\,\text{kgm}^2}} = 30{,}1\ \text{Hz}$$

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

Die Resonanzdrehzahl am Antrieb (Motor) beträgt:

Gleichung 3.27

$$n_n\,[\text{min}^{-1}] = \frac{30{,}1}{2} \cdot 60 = 903\ \text{min}^{-1}$$

Diese Drehzahl sollte während des Beschleunigens und Verzögerns zügig durchfahren werden oder außerhalb des genutzten Drehzahlbereiches liegen.

• Berechnung des Torsionswinkels

In Abhängigkeit des Drehmoments T kann der Torsionswinkel des Getriebes unter Last wie folgt berechnet werden:

Gleichung 3.28

$$\text{Für } T \leq T_1: \quad \varphi = \frac{T}{K_1}$$

Gleichung 3.29

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

Gleichung 3.30

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

Tabelle 3.31

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
φ	[rad]	Torsionswinkel	
T	[Nm]	Drehmoment der Last	
T_1	[min^{-1}]	Grenzdrehmoment 1	Siehe Kapitel „Torsionssteifigkeit“ zum jeweiligen Produkt
T_2	[min^{-1}]	Grenzdrehmoment 2	Siehe Kapitel „Torsionssteifigkeit“ zum jeweiligen Produkt
K_1	[Nm/rad]	Torsionssteifigkeit bis Grenzdrehmoment T_1	Siehe Kapitel „Torsionssteifigkeit“ zum jeweiligen Produkt
K_2	[Nm/rad]	Torsionssteifigkeit bis Grenzdrehmoment T_2	Siehe Kapitel „Torsionssteifigkeit“ zum jeweiligen Produkt
K_3	[Nm/rad]	Torsionssteifigkeit oberhalb des Grenzdrehmoments T_2	Siehe Kapitel „Torsionssteifigkeit“ zum jeweiligen Produkt

Rechenbeispiel

Tabelle 3.32

Getriebe	CSG-32-100-2UH
Belastungsdrehmoment T	60 Nm
T_1	29 Nm
T_2	108 Nm
K_1	$67 \cdot 10^3$ Nm/rad
K_2	$110 \cdot 10^3$ Nm/rad
K_3	$120 \cdot 10^3$ Nm/rad

Gleichung 3.33

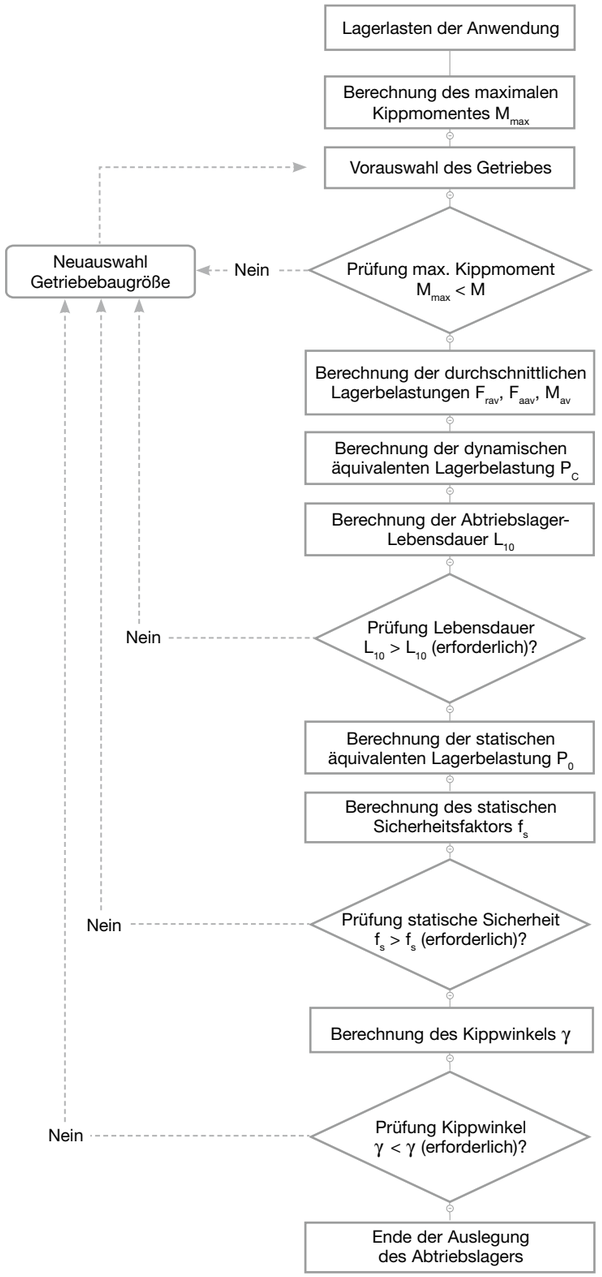
$$\text{Für } T_1 < T \leq T_2: \quad \varphi = \frac{29\ \text{Nm}}{67 \cdot 10^3\ \text{Nm/rad}} + \frac{60\ \text{Nm} - 29\ \text{Nm}}{110 \cdot 10^3\ \text{Nm/rad}} = 7{,}15 \cdot 10^{-4}\ \text{rad} = 2{,}5\ \text{arcmin}$$

mit

$$\varphi\,[\text{arcmin}] = \varphi\,[\text{rad}]\frac{180}{\pi} \cdot 60$$

• Auslegung des Abtriebslagers

Auslegungsschema



Dynamische Tragfähigkeit

Berechnung des maximalen Kippmomentes
Das Kippmoment wird aus der Radialkraft und der Axialkraft, die am Abtriebslager angreifen, berechnet. Das zulässige dynamische Kippmoment des Lagers ergibt sich aus dem zulässigen Verkippungswinkel des Getriebe-Einbausatzes im Betrieb.

Abbildung 3.34

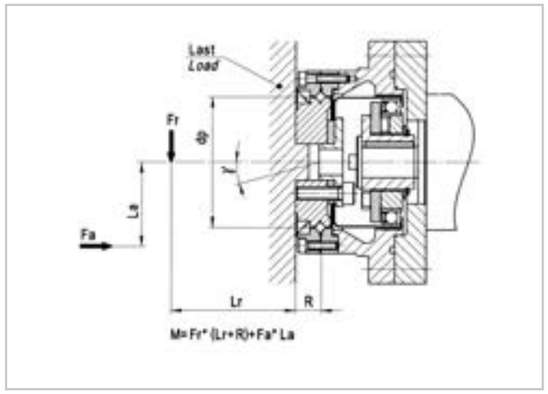


Tabelle 3.35

Symbol	[Einheit]	Bedeutung
M_{max}		Max. dynamisches Kippmoment
$F_{(r\ max)}$	[N]	Max. dynamische Radialkraft
$F_{(a\ max)}$	[N]	Max. dynamische Axialkraft
L_r, L_a	[mm]	Abstände gemäß Abbildung 3.34
R	[mm]	Abstand Lagermitte / Abtriebsflansch, siehe „Leistungsdaten Abtriebslager“

Gleichung 3.36

$$M_{max} = F_{r\,max} \cdot (L_r + R) + F_{a\,max} \cdot L_a$$

Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen

Abbildung 3.37

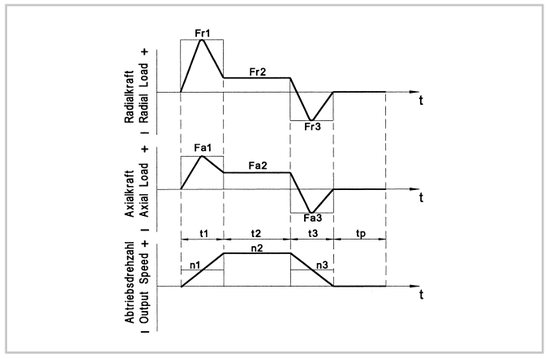


Tabelle 3.38

Symbol	[Einheit]	Bedeutung
$F_{r\,av}$	[N]	Durchschnittliche Radialkraft
$F_{a\,av}$	[N]	Durchschnittliche Axialkraft
M_{av}	[Nm]	Durchschnittliches Kippmoment
$t_{1...n}$	[s]	Dauer der Phase 1…n
$F_{r\,1...n}$	[N]	Radialkraft in Phase 1 … n
$F_{a\,1...n}$	[N]	Axialkraft in Phase 1 … n
$n_{1...n}$	[min^{-1}]	Drehzahl in Phase 1…n

Bestimmung der durchschnittlichen Radialkraft

Gleichung 3.39

$$F_{r\,av} = \left(\frac{n_1 \cdot t_1 \left(|F_{r1}|\right)^B + n_2 \cdot t_2 \left(|F_{r2}|\right)^B + \cdots + n_n \cdot t_n \left(|F_{rn}|\right)^B}{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 \cdots n_n \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{B}}$$

Bestimmung der durchschnittlichen Axialkraft

Gleichung 3.40

$$F_{a\,av} = \left(\frac{n_1 \cdot t_1 \left(|F_{a1}|\right)^B + n_2 \cdot t_2 \left(|F_{a2}|\right)^B + \cdots + n_n \cdot t_n \left(|F_{an}|\right)^B}{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 \cdots n_n \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{B}}$$

Bestimmung des durchschnittlichen Kippmomentes

Gleichung 3.41

$$M_{av} = \left(\frac{n_1 \cdot t_1 \left(|M_1|\right)^B + n_2 \cdot t_2 \left(|M_2|\right)^B + \cdots + n_n \cdot t_n \left(|M_n|\right)^B}{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 \cdots n_n \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{B}}$$

Berechnung der dynamischen äquivalenten Lagerbelastung

Axial- und Radialkraftfaktoren
Die Axial- und Radialkraftfaktoren bewerten den Einfluss der Axialkraft auf die Lagerbelastung.

Tabelle 3.42

Symbol	x	y
$\frac{F_{a\,av}}{F_{r\,av} + 2 \cdot M_{av}/d_p} \leq 1{,}5$	1	0,45
$\frac{F_{a\,av}}{F_{r\,av} + 2 \cdot M_{av}/d_p} > 1{,}5$	0,67	0,67

Tabelle 3.43

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
$F_{r\,av}$	[N]	Durchschnittliche Radialkraft	Siehe Kapitel „Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen“
$F_{a\,av}$	[N]	Durchschnittliche Axialkraft	Siehe Kapitel „Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen“
M_{av}	[Nm]	Durchschnittliches Kippmoment	Siehe Kapitel „Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen“
d_p	[mm]	Teilkreisdurchmesser Abtriebslager	Siehe jeweiliges Produktkapitel, „Daten Abtriebslager“

Dynamische äquivalente Lagerbelastung
Zusammengesetzte Radial-, Axial- und Kippmomentbelastungen werden durch die dynamische äquivalente Lagerbelastung ersetzt, die im Lager die gleiche Beanspruchung hervorruft.

Gleichung 3.44

$$P_C = x \cdot \left(F_{r\,av} + \frac{2 M_{av}}{d_p} \right) + y \cdot F_{a\,av}$$

Tabelle 3.45

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
P_C	[N]	Dynamische äquivalente Lagerbelastung	Siehe Formel
$F_{r\,av}$	[N]	Durchschnittliche Radialkraft	Siehe Kapitel „Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen“
$F_{a\,av}$	[N]	Durchschnittliche Axialkraft	Siehe Kapitel „Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen“
M_{av}	[Nm]	Durchschnittliches Kippmoment	Siehe Kapitel „Berechnung der durchschnittlichen Lagerbelastungen“
d_p	[mm]	Teilkreisdurchmesser Abtriebslager	Siehe jeweiliges Produktkapitel, „Daten Abtriebslager“

Berechnung der Abtriebslager-Lebensdauer

Lebensdauer bei kontinuierlichem Betrieb
Bei kontinuierlichem Betrieb, aber auch bei dynamischen Zyklen, bei denen die dynamischen Lagerbelastungen in eine durchschnittliche Lagerbelastung umgerechnet wurde, kann folgende Formel für die Berechnung der Lebensdauer des Abtriebslagers verwendet werden.

Gleichung 3.46

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

Tabelle 3.47

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
L_{10}	[h]	Rechnerische Lebensdauer des Abtriebslagers für 10 % Ausfallwahrscheinlichkeit	Siehe Gleichung 3.46
n_{av}	[N]	Durchschnittliche Abtriebsdrehzahl	Aus Anwendung
C	[N]	Dynamische Tragzahl	Siehe jeweiliges Produktkapitel "Abtriebslager"
f_w	-	Betriebsfaktor	Siehe Tabelle 3.51
P_C	[N]	Dynamische äquivalente Lagerbelastung	Siehe Gleichung 3.44
B	-	Lagertyp-Exponent	Siehe Tabelle 3.52

Berechnung der Abtriebslager-Lebensdauer

Lebensdauer bei Schwenkbewegung
Bei reinen Schwenkbewegungen mit unveränderlichem Schwenkzyklus kann folgende Formel verwendet werden.

Gleichung 3.48

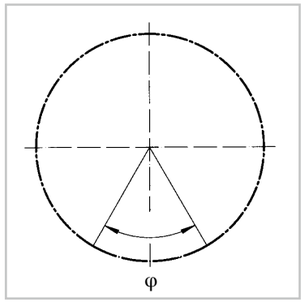
$$L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot n_1} \cdot \frac{180}{\varphi} \cdot \left(\frac{C}{f_w \cdot P_C}\right)^B$$

Tabelle 3.49

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
L_{10}	[h]	Rechnerische Lebensdauer des Abtriebslagers für 10% Ausfallwahrscheinlichkeit	Siehe Gleichung 3.48
n_1	[N]	Anzahl der Schwingungen pro Minute	Aus Anwendung
φ	[°]	Schwenkwinkel	Aus Anwendung
C	[N]	Dynamische Tragzahl	Siehe jeweiliges Produktkapitel "Abtriebslager"
f_w	-	Betriebsfaktor	Siehe Tabelle 3.51
P_c	[N]	Dynamische Äquivalentlast	Siehe Gleichung 3.44
B	-	Lagertyp-Exponent	Siehe Tabelle 3.52

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

Abbildung 3.50



Betriebsfaktor
Der Betriebsfaktor berücksichtigt den Einfluss der Lastbedingungen auf die Lagerlebensdauer.

Tabelle 3.51

Lastbedingungen	Betriebsfaktor f_w [ ]
Keine Stöße oder Schwingungen	1,0 ... 1,2
Normale Belastung	1,2 ... 1,5
Stöße oder Schwingungen	1,5 ... 3,0

Lagertyp-Exponent
Der Lagertyp-Exponent berücksichtigt die Art des Abtriebslagers auf die Lagerlebensdauer.

Tabelle 3.52

Lagertyp	Lagertyp-Exponent B [ ]
Kreuzrollenlager	$\frac{10}{3}$
Vierpunktlager	3

Statische Tragfähigkeit

Im Fall einer statischen Belastung des Abtriebslagers oder zur Bewertung eines Überlastfalls bei stillstehender oder langsam drehender Last wird der statische Sicherheitsfaktor mit folgender Gleichung berechnet:

Gleichung 3.53

$$f_S = \frac{C_0}{P_0}$$

Tabelle 3.54

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
f_s	-	Statischer Sicherheitsfaktor	Siehe Tabelle 3.57
C_0	[N]	Statische Tragzahl	Siehe jeweiliges Produktkapitel „Abtriebslager“
P_0	[N]	Statische äquivalente Lagerbelastung	Siehe Gleichung 3.55

Gleichung 3.55

$$P_0 = F_{r\,max} + \frac{2M_{max}}{d_p} + 0{,}44\,F_{a\,max}$$

Tabelle 3.56

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
P_0	[N]	Statische äquivalente Lagerbelastung	Siehe Gleichung 3.55
$F_{r\,max}$	[N]	Statische Radialkraft	Aus Anwendung
M_{max}	[Nm]	Statisches Kippmoment	Aus Anwendung
d_p	[m]	Rollenteilkreisdurchmesser Abtriebslager	Siehe jeweiliges Produktkapitel „Abtriebslager“
$F_{a\,max}$	[N]	Statische Axialkraft	Aus Anwendung

Tabelle 3.57

Betriebsbedingungen des Lagers	Empfohlener statischer Sicherheitsfaktor f_s [ ]
Normale Betriebsbedingungen	≥1,5
Wenn Schwingungen oder Stöße erwartet werden	≥2
Bei höchsten Anforderungen an Übertragungsgenauigkeit	≥3

Kippwinkel am belasteten Abtriebslager

Das Abtriebslager kann unter Einwirkung eines Kippmomentes verkippen. Aus den Anforderungen der Anwendung kann sich ein Grenzwert für die zulässige Verkippung ergeben. In diesen Fällen sollte der zu erwartende Kippwinkel berechnet werden. Wenn der berechnete Kippwinkel zu hoch für die Anwendung ist, sollte eine größere Getriebebaugröße mit höherer Kippsteifigkeit des Abtriebslagers gewählt werden.

Gleichung 3.58

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

Tabelle 3.59

Symbol	[Einheit]	Bedeutung	Hinweis
γ	[arcmin]	Kippwinkel am belasteten Abtriebslager	Siehe Gleichung 3.58
M	[Nm]	Kippmoment auf das Abtriebslager	Aus Anwendung
K_B	[Nm/arcmin]	Kippsteifigkeit des Abtriebslagers	Siehe jeweiliges Produktkapitel „Abtriebslager“

Konstruktionshinweise

• Konstruktive Integration

Wir empfehlen die Beachtung der folgenden Hinweise zur konstruktiven Integration der Getriebe-Einbausatzkomponenten Wave Generator (WG), Circular Spline (CS) und Flexspline (FS).

Abbildung 3.60

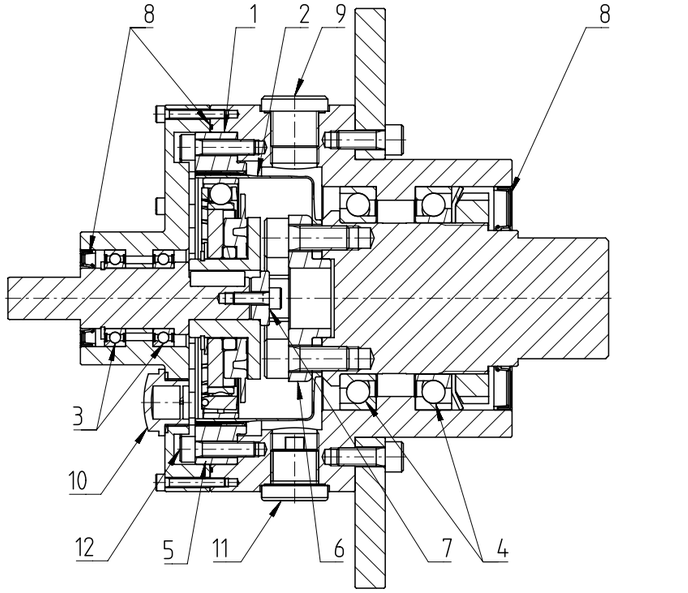
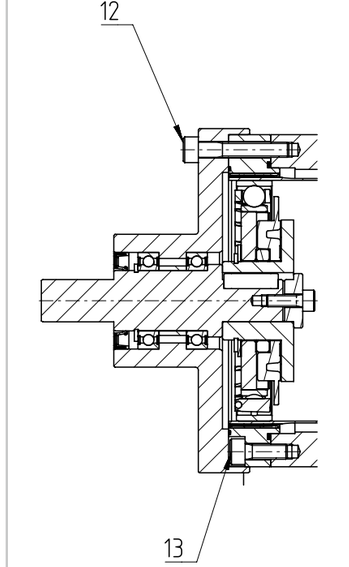


Abbildung 3.61



Genauigkeit der Gehäusekomponenten und Adapterflansche

(1) Konzentrische Anordnung der Komponenten Antriebswelle, WG, CS, FS, Abtriebswelle und Gehäuse unter Beachtung der in den Produktkapiteln jeweils angegebenen Montagetoleranzen.
Empfehlung: Die für die Montagetoleranzen relevanten Lagersitze, Zentrierdurchmesser und Stirnflächen sollten nach Möglichkeit in nur einer Werkstückaufspannung, also ohne Umspannen der jeweiligen Komponente, gefertigt werden.

Gehäuseabmessungen

(2) Während des Betriebs wird der flexible Teil des Flexsplines radial und axial verformt. Die in den Variablenzeichnungen angegebenen Mindest-Gehäuseabstände MHC (Minimum Housing Clearance) sollten konstruktiv berücksichtigt werden.

Lagerung der An- und Abtriebswelle

(3) Doppellagerung der Antriebswelle.
Hinweis: Die Antriebswelle muss eigenständig gelagert werden. Das Wave-Generator-Lager darf nicht zur Abstützung der Antriebswelle genutzt werden.

(4) Spielfrei vorgespannte Lagerung der Abtriebswelle.
Bei Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätzen muss die Lagerung der Abtriebswelle kundenseitig erfolgen.
Harmonic Drive® Getriebe mit Abtriebslager verfügen über ein kippsteifes Kreuzrollen- oder Vierpunktlager, das neben der Führung des Flexsplines auch die Abstützung externer Kräfte und Kippmomente übernimmt.

Montagereihenfolge und Verschraubung, Fixierung

Bereits während des Konstruktionsprozesses muss die Montagereihenfolge der Getriebekomponenten geplant werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Getriebekomponenten WG und FS im montierten Zustand eine Radialkraft auf den CS ausüben. Diese Radialkraft bewirkt eine elliptische Verformung des CS mit einhergehender Verschlechterung der Übertragungsgenauigkeit, wenn der CS zum Zeitpunkt der Radialkrafteinleitung nicht bereits fest mit dem Gehäuse verschraubt ist. Deshalb sollte der CS während des Fügens von FS und WG bereits mittels Schrauben am Gehäuse befestigt sein.

Circular Spline

(5) Bei dem in Abbildung 3.60 gezeigten Design ist der CS während des Fügens von FS und WG bereits vollständig mittels der Schrauben (12) verschraubt.

Abbildung 3.61 zeigt eine Alternative, die bezüglich des Außendurchmessers kompakter baut. Der CS wird hier mittels vier in Senkbohrungen sitzenden Schrauben (13) vormontiert. Anschließend werden FS und WG montiert. Abschließend wird die aus den vormontierten Komponenten Eingangsflansch, -Lagerung und WG bestehende Einheit gefügt und mittels der Schrauben (12) befestigt. Während die Schrauben (12) das Getriebe-Drehmoment übertragen, dienen die Schrauben (13) der CS-Vormontage.

Falls aus konstruktiven Gründen keine der oben beschriebenen Vorgehensweisen bei der Montage infrage kommt, fragen Sie bitte bei der Harmonic Drive SE nach Alternativen.

Flexspline, Klemmring

(6) Für die meisten Cup-Type-Getriebe-Einbausätze empfehlen wir den Einsatz eines Klemmrings mit Kantenabrundung, siehe im jeweiligen Produktkapitel. Klemmring, Schraubenköpfe bzw. etwaige Unterlegscheiben dürfen die Verformung des Flexsplinebodens im Betrieb nicht behindern.

Wave Generator

(7) Während des Betriebs wirken Axialkräfte auf den Wave Generator (wie auch auf den Flexspline). Bei formschlüssigen Wellen-Naben-Verbindungen, wie z. B. Passfedern oder Vielkeilwellen, empfehlen wir zur Vorbeugung gegen Verschleiß im Formschluss eine axiale Verspannung des Wave Generators gegen beispielsweise einen Wellenabsatz.

Dichtung

(8) Wir empfehlen die Abdichtung mit O-Ringen und Radialwellendichtungen, unabhängig vom gewählten Schmierstoff. Gegebenenfalls sind Flächendichtmittel an den Flanschflächen vorzusehen. Für alternative Dichtungslösungen bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Ölschmierung

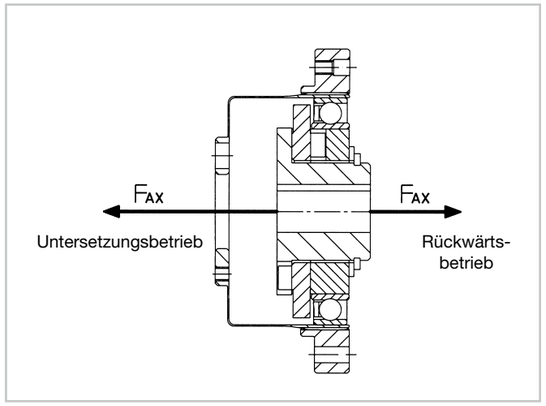
Bei Ölschmierung sollten Einlassschraube (9), Ölschauglas (10), und (Magnet-) Ablassschraube (11) vorgesehen werden.

• Axialkräfte an Wave Generator und Flexspline

Die Verformung des Flexsplines erzeugt am Wave Generator eine in Richtung Flexspline-Flansch wirkende Axialkraft, wenn ein Harmonic Drive® Getriebe im Untersetzungsbetrieb (Einleitung eines Drehmoments über den Wave Generator) eingesetzt wird. Im Übersetzungsbetrieb bzw. Rückwärtsbetrieb, z. B. während des Abbremsens abtriebsseitiger Massenträgheitsmomente, wirkt die Axialkraft in die entgegengesetzte Richtung. Am Flexspline wirkt die entsprechende Reaktionskraft.

In jedem Fall muss die Axialkraft von der Lagerung der Antriebswelle (ggf. der Motorwelle) aufgenommen werden. Der Wave Generator muss deshalb in axialer Richtung auf der Antriebswelle fixiert werden. Bei geschlossenen Harmonic Drive® Getrieben mit Eingangslagerung wird die Axialkraft intern abgestützt.

Abbildung 3.62



Ausnahme: Bei Harmonic Drive® Flachgetrieben (Baureihen HDUA, HDUR, HDUF) entstehen keine definierten Axialkräfte am Wave Generator. Trotzdem muss auch hier der Wave Generator axial fixiert werden. Die Baureihen HDUA, HDUR und HDUF finden Sie auf unserer Website im Bereich Produkte.

Tabelle 3.63

Untersetzung		
30	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 32\,°$	Gleichung 3.64
50	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 30\,° + 2\mu PF$	Gleichung 3.65
80...160	$F_{AX} = 2 \cdot \frac{T}{D} \cdot \mu \cdot \tan 20\,° + 2\mu PF$	Gleichung 3.66

mit:

Tabelle 3.67

Symbol	[Einheit]	Bedeutung
F_{AX}	[N]	Axialkraft
D	[m]	Teilkreisdurchmesser der Verzahnung (Baugröße) · 0,00254
T	[Nm]	Abtriebsdrehmomemt
µ	[ ]	0,07; Reibungskoeffizient
2µPF	[N]	Zusatzkraft (nur CSD und SHD)

Tabelle 3.68

[N]

	Faktor 2µPF						
Baureihe	14	17	20	25	32	40	50
CSD-2A, -2UH, -2UF	2,1	4,1	5,6	9,8	16,0	24,0	39,0
SHD-2SH	1,2	3,3	5,6	9,3	16,0	24,0	-

Beispiel

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

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

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

• Lagerung der An- und Abtriebswelle

Sowohl die An- als auch die Abtriebswelle des Harmonic Drive® Getriebe-Einbausatzes muss sorgfältig gelagert werden, um alle auftretenden axialen und radialen Kräfte aufzunehmen. Antriebseitig sollte das Radialspiel der eingesetzten Lager nicht den ISO-Standard der Klassen „C2“ oder „normal“ übersteigen. Bei Befestigung des Wave Generators auf einer Motorwelle beachten Sie bitte die Angaben zu den Motorwellentoleranzen im Kapitel „Montagetoleranzen“ des jeweiligen Produktkapitels. Zur vollen Ausnutzung der Getriebegenauigkeit empfehlen wir eine axial und radial vorgespannte, möglichst steife Lagerkonstruktion der Abtriebswelle. Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele korrekter Lageranordnungen für die Komponenten Wave Generator (WG), Flexspline (FS) und Circular Spline (CS). Siehe auch Hinweise im jeweiligen Produktkapitel „Montagetoleranzen“.

1. WG: Getriebeeingang, FS: Abtrieb, CS: am Gehäuse fixiert. Das linke WG-Stützlager befindet sich im Flexspline-Topf. Innenring des linken WG-Stützlagers drehend.
2. WG: Getriebeeingang, FS: Abtrieb, CS: am Gehäuse fixiert. Das linke WG-Stützlager befindet sich im Flexspline-Topf. Außenring des linken WG-Stützlagers drehend.
3. WG: Getriebeeingang, FS: Abtrieb, CS: am Gehäuse fixiert. Das linke WG-Stützlager befindet sich außerhalb des eigentlichen Getrieberaums.
4. WG: Getriebeeingang, FS: Abtrieb, CS: am Gehäuse fixiert. Beispiel für typische Anbindung eines Motors.
5. WG: Getriebeeingang, FS: am Gehäuse fixiert. CS: Abtrieb. Eingangswelle durch FS-Flansch hindurchgeführt.
6. WG: Getriebeeingang, FS drehbar gelagert, CS: Abtrieb. Dieses Design kann z. B. für eine Schleich-Eilgang-Lösung (mit integrierter Kupplung/Bremse) verwendet werden. Wenn der WG mit dem FS über eine Kupplung (nicht dargestellt) verbunden wird, dreht der CS als Getriebeabtrieb mit WG-Drehzahl (i = 1). Wenn die Kupplung gelöst und stattdessen der FS mittels einer Bremse mit dem Gehäuse verbunden wird, wirkt der CS als Getriebeabtrieb im Untersetzungsbetrieb.
7. Beispiel für eine Anwendung als Differenzialgetriebe. WG: Phasenverstellung, FS: Antrieb, CS: Abtrieb. Hinweis: aus konstruktiven Gründen eignen sich auch Harmonic Drive® Flachgetriebe sehr gut für Differenzialanwendungen.

Abbildung 3.69

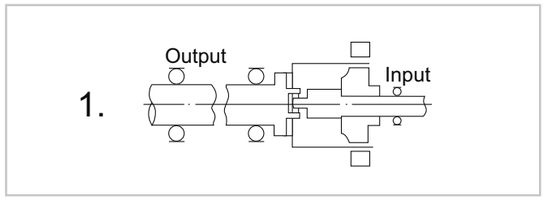


Abbildung 3.70

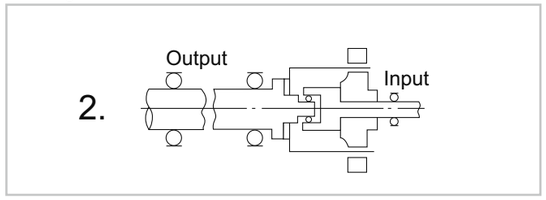


Abbildung 3.71

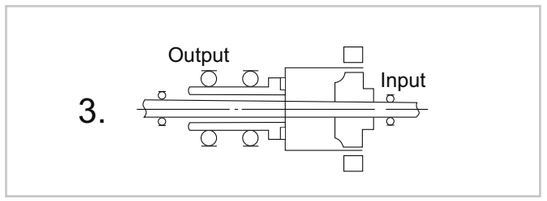


Abbildung 3.72

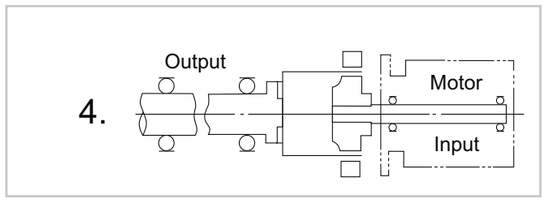


Abbildung 3.73

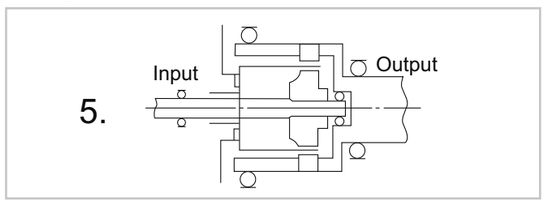


Abbildung 3.74

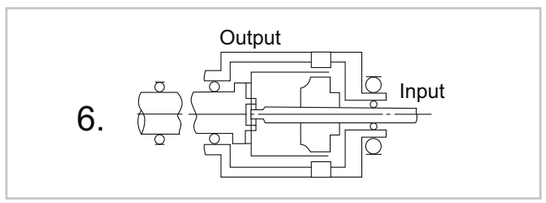
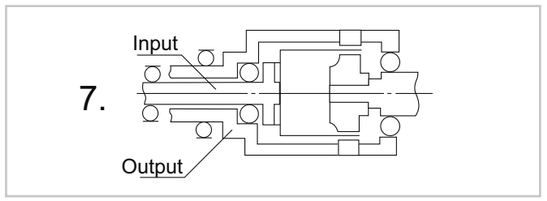


Abbildung 3.75



• Schraubenverbindungen

Die hohe Drehmomentkapazität des Harmonic Drive® Getriebes erfordert eine sichere Schraubenverbindung des Flexsplines und des Circular Splines. Die folgenden Punkte sollten beachtet werden:

- Die Berechnung der Schraubenverbindungen sollte auf der VDI Richtlinie 2230 basieren.
- Aus der o. g. Richtlinie ergibt sich u. a.:
  - Abtriebswelle und Muttergewinde müssen ausreichende Festigkeiten aufweisen.
  - Das Flanschmaterial muss dem Anpressdruck der Schraubenköpfe standhalten.
  - Die Rauigkeit der Flanschoberflächen sollte möglichst gering sein, um Setzverluste zu minimieren.
  - Das Klemmlängenverhältnis (Dicke des Anschlussflansches / Durchmesser der Schrauben) sollte möglichst groß gewählt werden.
- Die Schrauben sollten Qualität 12.9 haben, es sei denn, die Schraubenberechnung lässt andere Qualitäten zu.
- Wenn nichts anderes angegeben ist, gelten die in den Produktkapiteln angegebenen übertragbaren Drehmomente der Circular-Spline- und Flexspline-Verschraubungen für metrische Zylinderschrauben mit Regelgewinde nach ISO 4762, unbehandelt, geölt, mit μ_{ges} = 0,12 bei vollständig gereinigten, entfetteten und getrockneten Anlageflächen (Reibungskoeffizient μ_k = 0,15).
- Die Schrauben sollten mit geeigneten Werkzeugen wie beispielsweise Drehmomentschlüssel o. ä. angezogen werden (Anzugsfaktor 1,4).
- Unterlegscheiben, Keilsicherungsscheiben o. ä. sollten im Allgemeinen nicht eingesetzt werden. Sie können jedoch verwendet werden, wenn dies durch die Schraubenberechnung bestätigt ist.
- Zahnscheiben, Federringe o. ä. sollten nicht eingesetzt werden.
- Zur Reibungserhöhung können Friction Shims verwendet werden. Bitte ggf. Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.
- Alle Schraubenverbindungen sollten gegen Lösen gesichert werden, beispielsweise mit Schraubensicherung.

• Wave Generator

Der Wave Generator ist das Antriebselement der Harmonic Drive® Wellgetriebe. Bei Getrieben ohne integrierte Eingangslagerung wird der Wave Generator als separates Element in der Verpackung mitgeliefert. Die Verbindung mit der Eingangs- bzw. Motorwelle erfolgt je nach Baugröße und Design des Wave Generators mittels Gewindestift, Spannsatz, Passfeder oder axialer Verschraubung. Kundenspezifische Verbindungen wie beispielsweise Vielkeilprofile sind ebenfalls möglich.

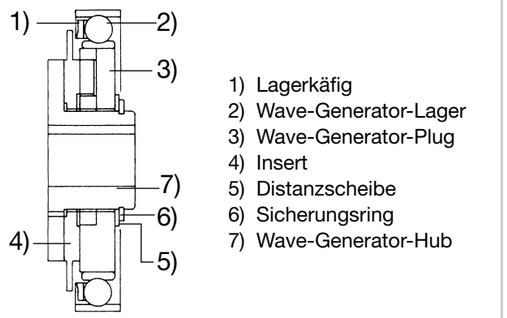
Der Wave Generator kann mit integrierter Oldham-Kupplung oder als sogenannter Solid Wave Generator, ohne integrierte Oldham-Kupplung, geliefert werden. Sofern verfügbar, ist in den Variablenzeichnungen des Katalogs die Wave-Generator-Variante mit Oldham-Kupplung dargestellt. Grundsätzlich können alle Produkte jedoch auch mit Solid Wave Generator ausgeführt werden, siehe Kapitel „Modifikationen des Wave Generators“. Die Ausführung mit Solid Wave Generator kann insbesondere bei höheren Stückzahlen einen Kostenvorteil mit sich bringen. Bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Wave Generator mit Oldham-Kupplung

Die Oldham-Kupplung dient dem Ausgleich von eingangsseitigen Koaxialitäts- und Winkelfehlern. Deshalb sind beim Einsatz eines Wave Generators mit Oldham-Kupplung die Anforderungen an die Genauigkeit der kundenseitigen Getriebeanbauteile etwas geringer als beim Einsatz von Solid Wave Generatoren, siehe das jeweilige Produktkapitel „Montagetoleranzen“.

Wave Generator mit Oldham-Kupplung

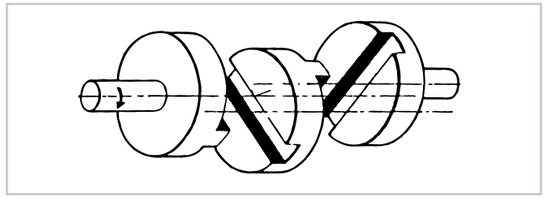
Abbildung 3.76



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

Funktionsprinzip der Oldham-Kupplung

Abbildung 3.77



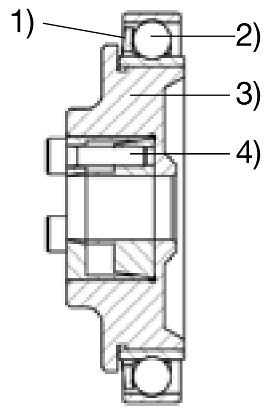
Solid Wave Generator

Der Solid Wave Generator wird ohne Ausgleichselement direkt mit der Eingangswelle verbunden. Bei Einsatz eines Solid Wave Generators sind die Anforderungen an die Genauigkeit der kundenseitigen Getriebeanbauteile etwas höher als beim Einsatz eines Wave Generators mit Oldham-Kupplung, siehe das jeweilige Produktkapitel „Montagetoleranzen“.
Der Einsatz eines Solid Wave Generators kann in folgenden Situationen sinnvoll sein:

- „Großer“ Eingangswellendurchmesser
- Höhere Stückzahlen (Kostenreduktion durch Einsparung der Oldham-Kupplung)
- Notwendigkeit von eingangsseitig völlig spielfreien Antriebslösungen, z. B. beim Einsatz von Schrittmotoren

Abbildung 3.78

Solid Wave Generator



1) Lagerkäfig (Retainer)
2) Wave-Generator-Lager
3) Wave-Generator-Plug
4) Spannsatz (gehört wahlweise zum Lieferumfang), alternativ auch z. B. Passfederverbindung

Modifikationen des Wave Generators

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die im Katalog dargestellten Wave-Generator-Ausführungen der Harmonic Drive® Wellgetriebe mit optional kundenspezifischem Wave-Generator-Design. Alle im Katalog „mit Oldham-Kupplung" dargestellten Produkte können jeweils auch mit kundenspezifischem Solid Wave Generator geliefert werden.

Weitere Ausführungsmöglichkeiten des Wave Generators finden Sie im Kapitel „Individuallösungen".

Bohrungsdurchmesser

Die folgende Abbildung 3.79 und Tabelle 3.80 zeigen die Bohrungsdurchmesser der Wave Generatoren.

Mögliche Formen: Rund, mit Passfedernut, Vielkeilnabe

Abbildung 3.79

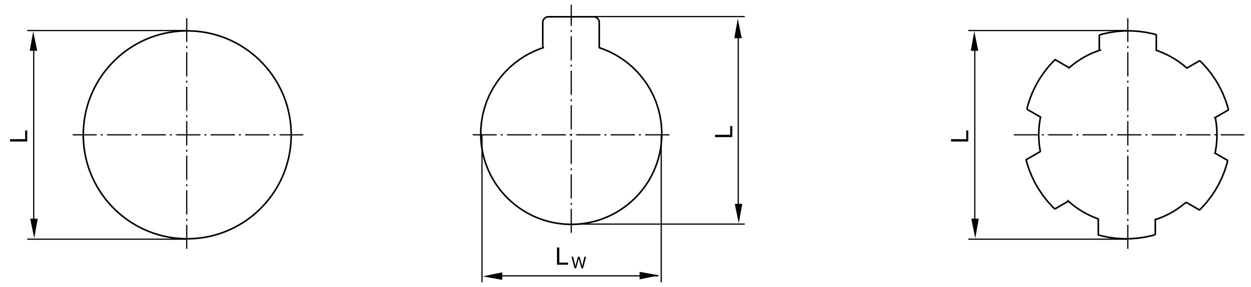


Tabelle 3.80

[mm]

Baugröße		3	5	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Wave Generator mit Oldham-Kupplung	L max.	-	-	-	-	8	10	13	15	15	20	20	20	25	30	35	37
	L, L_W[1)] Katalog-ausführung	-	-	3	5	6	8	9	11	14	14	19	19	22	24	28	28
Solid Wave Generator	L max.	2,5	6	10	14	17	20	23	28	36	42	47	52	60	67	72	84
	L_W[1)] max.	-	-	8	10	12	13	17	22	28	34	39	44	50	56	61	73

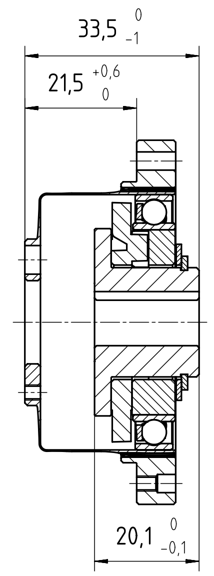
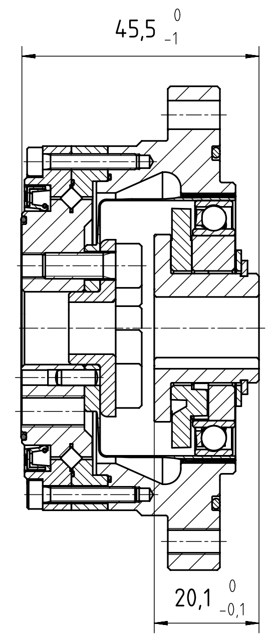
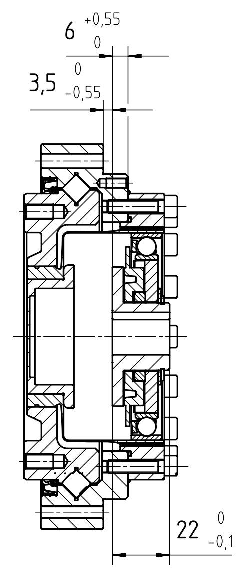
1) Passfeder DIN 6885 T1

Axiale Position des Wave Generators

Der Wave Generator muss in einer definierten axialen Position relativ zum Flexspline montiert werden. Diese Position kann beispielsweise durch einen Wellenabsatz auf der Getriebe-Eingangswelle definiert werden. Bei einem auf der Motorwelle fest vorgegebenem Wellenabsatz wird das vorgeschriebene Einstellmaß des Wave Generators durch die Anpassung der Dicke des Adapterflansches und/oder der Länge des Wave Generators (kundenspezifischer Wave Generator) sichergestellt. Wenn der Wave Generator z. B. mittels Spannsatz und ohne axialen Anschlag bzw. ohne Wellenabsatz auf der Eingangswelle (Motorwelle) montiert wird, sollte das Einstellmaß am fertig montierten Wave Generator sorgfältig kontrolliert werden. Die Toleranz des Einstellmaßes zeigt immer in Richtung Flexspline-Flansch, siehe die folgenden Beispiele für die Bemaßung. Wir empfehlen, die axiale Position des Wave Generators auf Mittenmaß einzustellen.

Tabelle 3.81

[mm]

Getriebe-Einbausatz	Getriebe mit Abtriebslager	Getriebe mit Abtriebslager Spezialfall CPU-M
		

Beispiel: Getriebe-Einbausatz
Im gezeigten Beispiel beträgt der vorgeschriebene Abstand zwischen den Stirnflächen von Flexspline-Flansch und Wave Generator 33,5 0/-1 mm (Mittenmaß = 33 ±0,5 mm). Zusätzlich ist der Abstand zwischen den Stirnflächen des Flexspline-Flansches und des Circular Splines zu beachten, im Beispiel 21,5 +0,6/0 mm (Mittenmaß = 21,8 ±0,3 mm). Die Länge des Wave Generators beträgt 20,1 0/-0,1 mm.

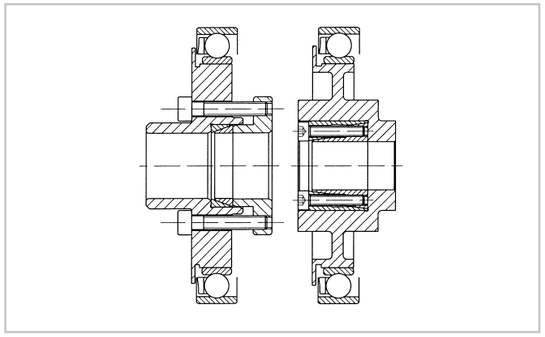
Beispiel: Getriebe mit Abtriebslager
Im gezeigten Beispiel beträgt der vorgeschriebene Abstand zwischen den Stirnflächen von Abtriebsflansch und Wave Generator 45,5 0/-1 mm (Mittenmaß = 45 ±0,5 mm). Die Länge des Wave Generators beträgt 20,1 0/-0,1 mm. Bei einigen Getrieben mit Abtriebslager wird das Einstellmaß des Wave Generators zusätzlich auch relativ zur Stirnfläche des Circular Splines angegeben.

Beispiel: Getriebe mit Abtriebslager, Spezialfall Baureihe CPU-M
Bei dieser Baureihe berücksichtigen die Maße L und M das Einstellmaß des Wave Generators, siehe die entsprechende Variablenzeichnung im Produktkapitel. Wie in den oben dargestellten Beispielen zeigt auch hier die Richtung des Toleranzbetrags jeweils in Richtung Flexspline-Flansch. Im gezeigten Beispiel beträgt der vorgeschriebene Abstand zwischen den Stirnflächen von Gehäuseflansch und Wave Generator 3,5 0/-0,55 mm (Mittenmaß = 3,225 ±0,275 mm) bzw. 6 +0,55/0 mm (Mittenmaß =6,275±0,275 mm), je nach gewähltem Adapterflansch-Typ bzw. Referenzfläche am Gehäuse. Die Länge des Wave Generators beträgt 22 0/-0,1 mm.

• Montage

Bei Verwendung eines Spannsatzes als Wave-Generator-Befestigungselement sollten die Schrauben des Spannsatzes in ca. fünf Stufen kreuzweise bis zu dem auf der Harmonic Drive® Bestätigungszeichnung angegebenen Drehmoment angezogen werden. Abbildung 3.82 zeigt zwei mögliche Spannsatz-Ausführungsformen.

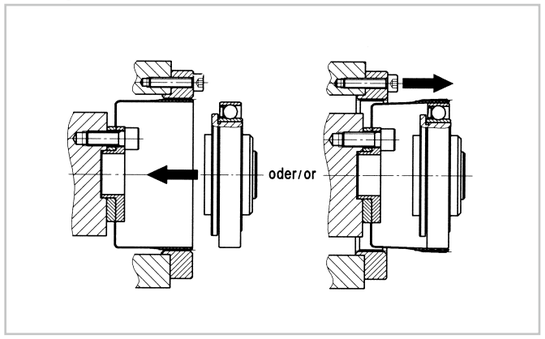
Abbildung 3.82



Montage des Getriebe-Einbausatzes

Wir empfehlen, die Montage des Getriebe-Einbausatzes vorzugsweise gemäß dem in der der Abbildung 3.83 dargestellten Schema auszuführen. Die rechte Abbildung zeigt eine alternative Methode. Weitere Hinweise siehe auch Kapitel „Konstruktive Integration“

Abbildung 3.83



Motoranbau

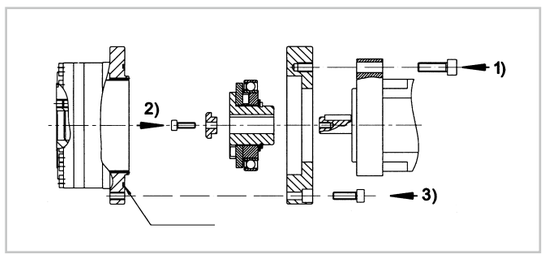
Falls der Zentrierdurchmesser des Motors kleiner ist, als der in Tabelle 3.84 eingetragene Durchmesser der Wave Generator-Hauptachse, muss die Montage gemäß Abbildung 3.85 durchgeführt werden. Andernfalls kann die Montage auch gemäß Abbildung 3.86 ausgeführt werden.

Tabelle 3.84

[mm]

Baugröße	5	8	11	14	17	20	25	32	40	45	50	58	65	80	90
Ca. Ø Wave-Generator-Hauptachse	14	21	28	36	43	50	63	82	100	114	125	146	164	202	227

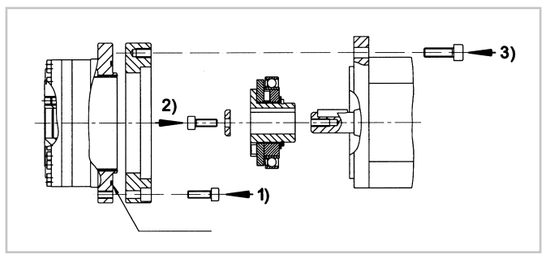
Abbildung 3.85



Montageschritte gemäß Abbildung 3.85:

1) Montage des Adapterflansches an den Motor.
2) Montage des Wave Generators auf die Motorwelle.
3) Montage des Adapterflansches inklusive Motor an die Getriebe mit Abtriebslager.

Abbildung 3.86



Montageschritte gemäß Abbildung 3.86:

1) Montage des Adapterflansches an die Getriebe mit Abtriebslager.
2) Montage des Wave Generators auf die Motorwelle.
3) Montage des Motors an den Adapterflansch.

• Schmierung

Einfluss des Schmierstoffs auf die Leistungsdaten

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 SE 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 SE 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.

Fettschmierung

Je nach Produkt, Baugröße und Temperaturbereich der Anwendung sollte das passende Harmonic Drive® Schmierfett gewählt werden. Der zugeordnete Standard-Schmierstoff ist im jeweiligen Produktkapitel angegeben.

Harmonic Drive® Fett SK-1A
Dieses Fett zeichnet sich durch eine hohe Verschleißfestigkeit und Wirkungsgrad in Kombination mit einem exzellenten Dichtigkeitsverhalten aus und ist ein Standard-Schmierfett für viele Harmonic Drive® Getriebebaureihen.

Harmonic Drive® Fett SK-2
Dieses Fett wurde als Standard-Schmierfett speziell für die kleineren Getriebebaugrößen entwickelt.

Harmonic Drive® Fett Flexolub®-A1
Dieses Fett zeichnet sich durch eine hervorragende Verschleißfestigkeit und Wirkungsgrad aus und ist gut geeignet für den Betrieb bei tieferen Betriebstemperaturen. Es ist der Standard-Schmierstoff für die CPU-Baureihe.

Harmonic Drive® Fett 4B No.2
Dieses Fett zeichnet sich durch eine hohe Lasttragfähigkeit und einen guten Wirkungsgrad aus und kann innerhalb eines weiten Betriebstemperaturbereiches eingesetzt werden. Es ist ein Spezialschmierstoff, der bei hohen Lebensdaueranforderungen bei den leistungsgesteigerten Getrieben CSG und SHG eingesetzt wird.

Achtung!
Die Harmonic Drive® Fette Flexolub®-A1 und 4B No.2 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.

Tabelle 3.87

Eigenschaft	SK-1A	SK-2	Flexolub®-A1	4B No.2
Betriebstemperaturbereich	0 °C … +40 °C	0 °C … +40 °C	-40 °C … +70 °C	-10 °C … +70 °C
Grundöl	Mineralöl	Mineralöl	PAO/ Esteröl	Synthetisches Öl
Verdicker	Lithium-Seife	Lithium-Seife	Lithium-Seife	Polyharnstoff
Konsistenzklasse (NLGI)	2	2	1	1,5
Grundöl-Viskosität (40 °C; 100 °C)	37 ; 5,9 mm^2/s	37 ; 5,9 mm^2/s	25 ; 5,2 mm^2/s	50 ; 12 mm^2/s
Tropfpunkt	197 °C	198 °C	180 °C	247 °C
Farbe	gelb	grün	beige	hellgelb
Max. Lagerzeit im luftdicht abgeschlossenen Behälter	5 Jahre			
Lebensdauer	o	o	●	●
Verschleißfestigkeit	o	o	●	●
Tieftemperaturverhalten	△	△	●	o
Hochtemperaturverhalten	△	△	o	●
Leckage-Sicherheit	●	●	△	o

● hervorragend o gut △ sollte je nach Anwendungsfall geprüft werden

Sicherheitsdatenblätter und technische Datenblätter sind auf unserer Webseite im Bereich Downloads verfügbar.

Hinweise für die Anwendung von Harmonic Fett 4B No.2

Das Fett 4B No.2 ist ideal für die Schmierung von Harmonic Drive® Produkten geeignet.
Die folgenden Maßnahmen können die Lebensdauer des Schmiermittels verbessern:

1. Beim Schmieren
   Die Konsistenz des Harmonic Drive® Fetts 4B No.2 ist während der Lagerung fester als im Betrieb. Beachten Sie jedoch, dass die Konsistenz durch die Lagerzeit variieren kann. Vor dem Schmieren sollten Sie das Fett umrühren, um die Konsistenz weicher zu machen.

2. Einlaufprozess
   Der Einlaufprozess vor dem Vollauslasten des Getriebes lässt das Fett weicher werden und fördert eine ideale Verteilung des Fettes im Getriebe und den zu schmierenden Kontaktflächen.

Daher wird der folgende Einlaufprozess empfohlen:

- Betreiben Sie das Getriebe für eine Zeitspanne von etwa 20 Minuten oder länger lastfrei oder mit sehr geringer Belastung. Wählen Sie einen möglichst großen Ausgangsdrehwinkel.
- Wählen Sie hierfür eine Eingangsdrehzahl von idealerweise etwa 1000 min^{-1} (maximal jedoch nicht höher als 3000 min^{-1}).
- Halten Sie die interne Betriebstemperatur unter 80 °C. Achten Sie darauf, einen steilen Anstieg der Temperatur während des Einlaufprozesses zu vermeiden. Ein Anflanschen des Getriebes an die Umgebungskonstruktion begünstigt die Ableitung entstehender Wärme und vermeidet ein zu starkes Erhitzen des Schmierstoffs.

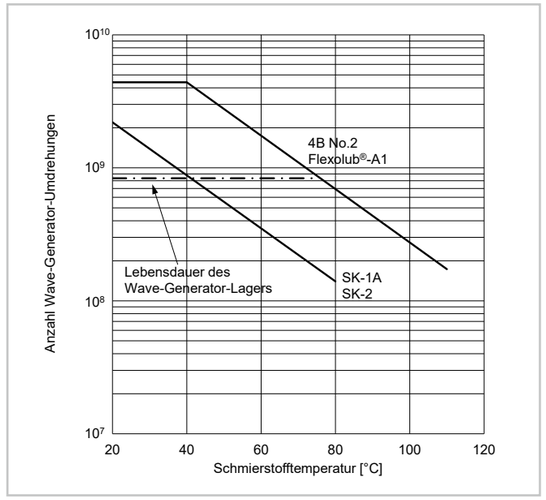
Kontaktieren Sie uns gerne, wenn Sie Fragen zum Umgang mit dem Harmonic Drive® Fett 4B No.2 haben.

Fettwechsel

Bei einem Betrieb der Wellgetriebe unter regulären Betriebsbedingungen (durchschnittliche Umgebungstemperaturen ≤ 40 °C, durchschnittliche Anwendungslasten ≤ Nenndrehmoment bzw. Nenndrehzahl) ist die Initialschmierung (je nach Produkt werkseitig oder kundenseitig aufgebracht) ausreichend für eine Lebensdauerschmierung des Getriebes. Bei langfristig hohen Schmierstofftemperaturen, einer hohen Belastung des Getriebes oder langer Betriebszeit kann jedoch ein Fettwechsel notwendig werden. Die Fettwechselintervalle lassen sich gemäß Abbildung 3.88 sowie nachfolgenden Gleichungen bestimmen.

Üblicherweise ist ein Nachfüllen des Fettes in das Getriebe ohne Reinigung des Getriebes ausreichend. Neues Fett sollte in den Flexspline und das Wave-Generator-Kugellager gefüllt werden. Im Fall eines vollständigen Fettwechsels sollte das Getriebe ausgebaut, gereinigt und anschließend neu befettet werden.

Abbildung 3.88



Schmierstofflebensdauer in Wave-Generator-Umdrehungen

Gleichung 3.89

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

Schmierstofflebensdauer in Stunden

Gleichung 3.90

$$L_{GT,h}\,[h] = \frac{L_{GT}}{n_{av}\,[min^{-1}]} \cdot \frac{1}{60}$$

Tabelle 3.91

Symbol	Einheit	Bedeutung	Hinweis
L_{GT}	h	Anzahl Wave-Generator-Umdrehungen bis zum Fettwechsel bei Drehmoment der Anwendung	-
L_{GTn}	-	Anzahl Wave-Generator-Umdrehungen bis zum Fettwechsel bei Nenndrehmoment	Siehe Diagramm
$L_{GT,h}\,[h]$	h	Betriebszeit bis Fettwechsel in Stunden	-
T_N	Nm	Nenndrehmoment des Getriebes	Siehe Produktdaten
T_{av}	Nm	Durchschnittliches Drehmoment der Anwendung	Aus Anwendung
n_{av}	min^{-1}	Durchschnittliche Eingangsdrehzahl der Anwendung	Aus Anwendung

Beispiel

Tabelle 3.92

Getriebe	Einheit	CSG-17-80-2UH
Schmierstoff	-	SK-2
Nenndrehmoment	T_N	29 Nm
Durchschnittliches Drehmoment der Anwendung	T_{av}	35 Nm
Durchschnittliche Eingangsdrehzahl der Anwendung	n_{av}	300 min^{-1}
Schmierstofftemperatur	Θ	40 °C

Aus Diagramm:
Anzahl Wave-Generator-Umdrehungen bis Fettwechsel bei Nenndrehmoment:

Gleichung 3.93

$$L_{GTn} = 8{,}5 \cdot 10^8$$

Anzahl Wave-Generator-Umdrehungen bis zum Fettwechsel bei Drehmoment der Anwendung:

Gleichung 3.94

$$L_{GT} = 8{,}5 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{29\ \text{Nm}}{35\ \text{Nm}}\right)^3 = 4{,}83 \cdot 10^8$$

Betriebszeit bis Fettwechsel in Stunden

Gleichung 3.95

$$L_{GH,h} = \frac{4{,}83 \cdot 10^8}{300} \cdot \frac{1}{1/\text{min}\ 60/\text{h}} = 26862\ \text{h}$$

Schmierstoffe für besondere Betriebsbedingungen

Die folgende Tabelle 3.96 enthält Beispiele für Schmierstoffe bei besonderen Betriebsbedingungen. Im Einzelfall sind je nach Anwendung auch andere Schmierstoffe empfehlenswert.
Bei Verwendung der Harmonic Drive® Schmierstoffe im erweiterten Betriebstemperaturbereich kommt es zu einer Reduktion der zulässigen Leistungsdaten der Getriebe.
Bei Verwendung von Fremdschmierstoffen können die Leistungsdaten der Getriebe nicht garantiert werden. Wir empfehlen die anwendungsspezifische Freigabe von Fremdschmierstoffen anhand eigener Tests.

Tabelle 3.96

Anwendung	Typ	Hersteller, Bezeichnung	erweiterter Betriebstemperaturbereich [1]
Breitband-Temperaturbereich	Fett	Harmonic Drive SE, Flexolub®-A1	-40 °C … 120 °C [2, 3, 5]
Tieftemperatur	Fett	Harmonic Drive SE, Flexolub®-M0	-50 °C … 40 °C [2, 5]
Hochtemperatur	Fett	Exxonmobil, Mobilgrease 28	-5 °C … 160 °C [2]
	Öl	Exxonmobil, Mobil SHC 626	-5 °C … 140 °C [2]
Lebensmittel-/ Pharmaindustrie	Fett	Bechem, Berulub FG-H 2 SL	-40 °C … 120 °C [2, 4]

[1] Betriebstemperatur = Schmierstofftemperatur
[2] Anwendungstests empfohlen
[3] Einsetzbarkeit geprüft für Harmonic Drive® Getriebe mit HFUC-Technologie in Baugröße 14 … 58
[4] NSF-H1-Zertifizierung. Für Lebensmittel-Kompatibilität müssen neben dem Getriebe auch Abtriebs- und Stützlager mit diesem Schmierstoff ausgeführt bzw. umgefettet werden.
[5] Wenn die Schmierstofftemperatur 70 °C überschreitet, können sich die zulässigen Leistungsdaten der Getriebe reduzieren, bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Ölschmierung

Für die meisten Anwendungen mit Harmonic Drive® Getrieben wird eine Fettschmierung empfohlen. In bestimmten Anwendungen, beispielsweise bei hohen Eingangsdrehzahlen oder vorwiegendem Betrieb in nur einer Drehrichtung, kann eine Ölschmierung sinnvoll sein. Für Hinweise zur Konstruktion siehe auch Kapitel „Konstruktive Integration“, bzw. zu Ölbohrungen im Flexspline im jeweiligen Produktkapitel. Harmonic Drive® Getriebe mit Ölschmierung sind kundenspezifische Sonderanfertigungen.
Für reguläre Temperaturbedingungen empfehlen wir im Allgemeinen Industriegetriebeöle (EP - Extreme Pressure) mit der Klasse ISO VG 68. Die folgenden Typen werden als Getriebeöl empfohlen.

Tabelle 3.97

Hersteller	Allgemein	Klüber	Mobil	Castrol	Shell
Bezeichnung	Industriegetriebe-Öl (EP extreme pressure) ISO VG 68	Syntheso D 68 EP	Mobilgear 600 XP 68	Optigear BM 68	Omala S2 G 68

Ölwechselintervalle

Tabelle 3.98

Erster Wechsel	Nach 100 Betriebsstunden
Nachfolgende Wechsel	Alle 1000 Betriebsstunden

Beim Einsatz einer magnetischen Ölablassschraube kann der erste Ölwechsel entfallen, bitte Rücksprache mit der Harmonic Drive SE.

Montagehinweise

• Vorbereitung der Montage

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. Wenn nichts anderes (mittels Schraubenberechnung) definiert ist, sollten die Schrauben ohne Unterlegscheiben montiert werden und der Festigkeitsklasse 12.9 genügen.

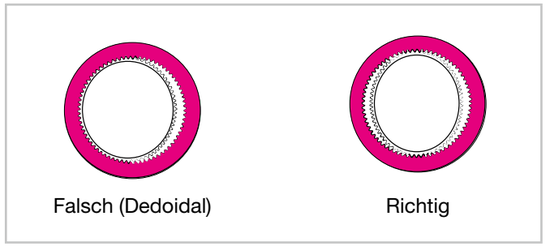
Montage-Hilfsstoffe
Wir empfehlen den Einsatz folgender Montage-Hilfsstoffe oder gleichwertiger Produkte. Bitte beachten Sie die Anwendungshinweise des Herstellers. Montage-Hilfsstoffe dürfen nicht in das Getriebe gelangen.

- Flächendichtmittel: Loctite 518, Loxeal 28-10. Empfohlen für alle Flanschflächen, falls keine O-Ring-Dichtung vorgesehen ist.
- Schraubensicherung: Loctite 243, Loxeal 55-03. Schwer lösbar und dichtend.
- Montagepaste: Klüber Q NB 50. Empfohlen für O-Ringe, die während der Montage aus ihrer Nut herausspringen können. Alle anderen O-Ringe sollten vor der Montage leicht mit dem im Getriebe befindlichen Fett eingestrichen werden.
- Klebstoff: Loctite 638. Einsetzbar für geklebte, schwer lösbare Wellen-Naben-Verbindungen zwischen Motorwelle und Wave Generator (Hub), wenn dies in der Bestätigungszeichnung angegeben ist.

• Überprüfung der korrekten Montage

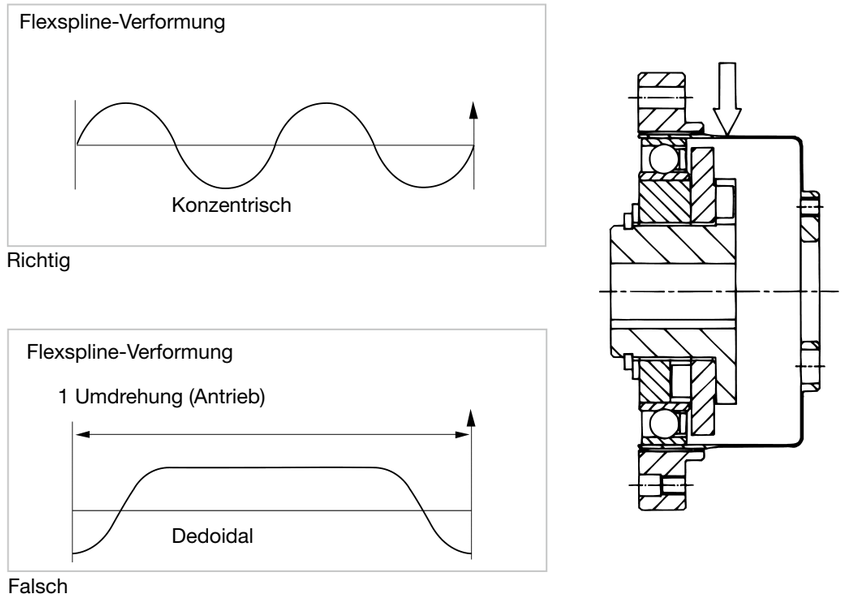
In sehr seltenen Fällen kann es vorkommen, dass das Getriebe mit unsymmetrischem Zahneingriff (Dedoidal) montiert wird, wie in Abbildung 3.99 gezeigt. Dedoidal kann auch entstehen, wenn die Getriebeverzahnung infolge Überlast einseitig überratscht.

Abbildung 3.99



Der korrekte Zusammenbau kann wie folgt überpüft werden:

Abbildung 3.100



- Durch Sichtprüfung, wobei insbesondere der symmetrische Zahneingriff überprüft wird.
- Falls der Zahneingriffsbereich bei der Montage nicht sichtbar ist, kann das Getriebe an der Antriebswelle per Hand durchgedreht werden. Ungleichmäßige Rotation weist auf eine Fehlmontage („Dedoidal“) hin.
- Eine ungewöhnlich hohe Motorstromaufnahme weist bei angekoppeltem Motor auf fehlerhaftes Zahneingriffsverhalten hin.
- Eine Messuhr kann durch eine Prüfbohrung im Gehäuse auf die Oberfläche des Flexsplines gesetzt werden. Nahezu sinusförmige Bewegungen der Flexspline-Oberfläche, wie in Abbildung 3.100 dargestellt, sind ein Zeichen für den korrekten Zusammenbau.

Glossar

Abstand R [m] oder [mm]
Distanz zwischen Abtriebslagermitte und Angriffspunkt der Last.

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

Buckling-Drehmoment
Wenn ein übermäßig hohes Drehmoment (etwa 16- bis 17-faches Nenndrehmoment) auf das Getriebe aufgebracht wird, während das Getriebe stillsteht, kann es zu einer plastischen Verformung, unter Umständen auch zu einem Abriss des Flexspline-Bodens kommen. Nach dem Auftreten von Buckling ist das Getriebe immer defekt und muss ausgetauscht werden. Die Werte des Buckling-Drehmomentes sind auf Anfrage bei der Harmonic Drive SE verfügbar.

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

Dynamische Axiallast $F_{A\ dyn\ (max)}$ [N]
Bei rotierendem Lager maximal zulässige Axiallast, wobei keine zusätzlichen Kippmomente oder Radialkräfte wirken dürfen.

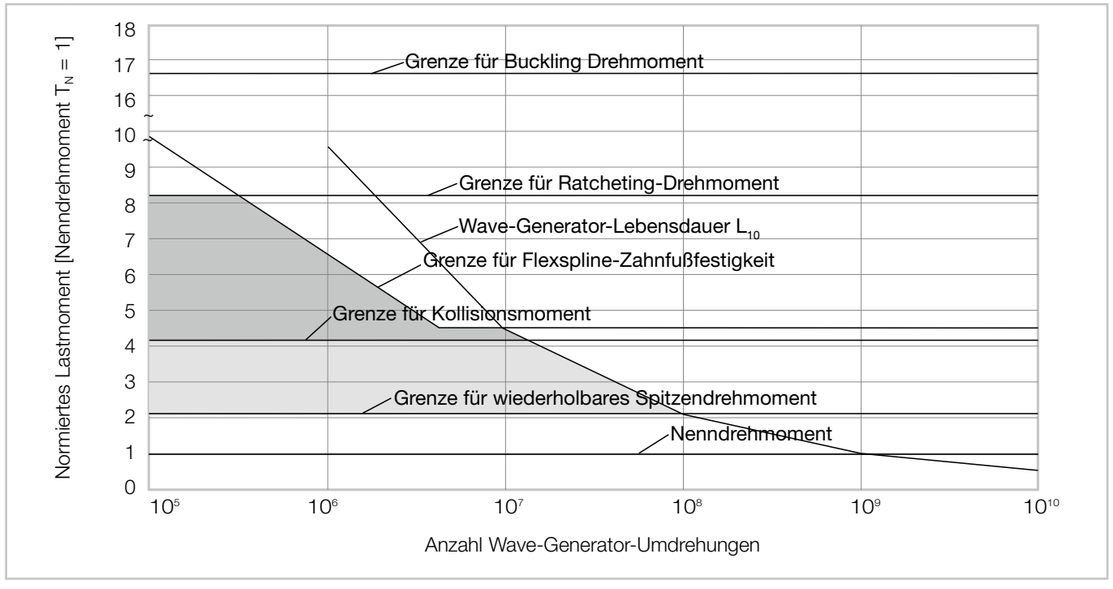
Dynamisches Kippmoment $M_{dyn\ (max)}$ [Nm]
Bei rotierendem Lager maximal zulässiges Kippmoment, wobei keine Axial- oder Radialkräfte wirken dürfen. Der Wert basiert nicht auf der Lebensdauergleichung des Abtriebslagers, sondern auf der maximal zulässigen Verkippung des Harmonic Drive® Einbausatzes. Die angegebenen Daten dürfen auch dann nicht überschritten werden, wenn die Lebensdauerberechnung des Lagers höhere Werte zulässt.

Dynamische Radiallast $F_{R\ dyn\ (max)}$ [N]
Bei rotierendem Lager maximal zulässige Radiallast, wobei keine zusätzlichen Kippmomente oder Axialkräfte wirken dürfen.

Dynamische Tragzahl C [N]
Maß für die Last, die ein Abtriebslager aufnimmt, bevor es bei dynamischer Dauerbelastung einen bleibenden Schaden erleidet.

Erläuterungen zu technischen Daten

Abbildung 3.101

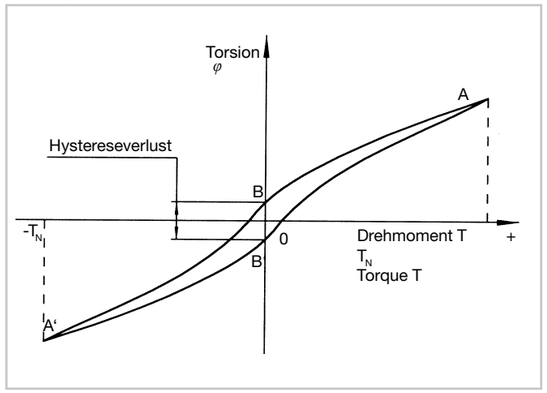


Gewicht m [kg]
Das angegebene Gewicht ist das Nettogewicht ohne Verpackung und gilt nur für Standardausführungen.

Hohlwellendurchmesser
Freier Innendurchmesser der axialen, durchgängigen Hohlwelle.

Hystereseverlust
Harmonic Drive® Getriebe zeigen bei Beaufschlagung mit einem Drehmoment die in der Hysteresekurve dargestellte Charakteristik. Zur Ermittlung der Hysteresekurve wird bei blockierter Eingangswelle ein Drehmoment an der Abtriebswelle eingeleitet. Ausgehend vom 0-Punkt werden nacheinander die Punkte A-B-A'-B'-A angefahren (siehe Abbildung 3.102). Der Betrag B-B' wird als Hystereseverlust bezeichnet.

Abbildung 3.102



TN = Nenndrehmoment
φ = Abtriebsdrehwinkel

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. Die erlaubte Anzahl von Kollisionsdrehmoment-Ereignissen kann mit der im Auslegungsschema angegebenen Gleichung berechnet werden, siehe Kapitel „Getriebeauslegung“.

Lastfreies Anlaufdrehmoment
Das lastfreie Anlaufdrehmoment ist das Antriebsdrehmoment, das maximal zum Anlaufen eines Harmonic Drive® Getriebes im lastfreien Zustand benötigt wird. Messbedingung: Abtrieb lastfrei, Umgebungstemperatur 20°C

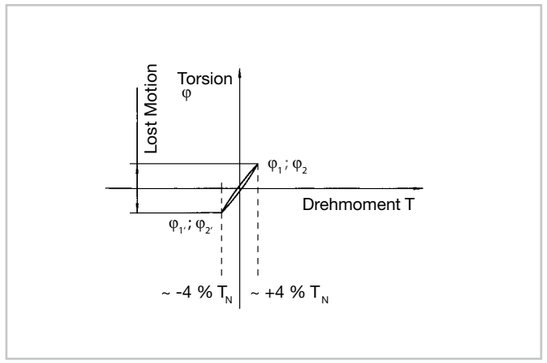
Lastfreies Laufdrehmoment
Das lastfreie Laufdrehmoment ist das Antriebsdrehmoment, das maximal benötigt wird, um ein drehendes Harmonic Drive® Getriebe in Bewegung beizubehalten.
Messbedingung: Abtrieb lastfrei, Umgebungstemperatur 20 °C

Lastfreies Rückdrehmoment
Das Lastfreie Rückdrehmoment ist das Drehmoment, welches abtriebsseitig aufgebracht werden muss, um das Getriebe zurück zu treiben. Der Wert stellt den Maximalwert dar.
Messbedingung: Getriebeeingangsseite lastfrei, Umgebungstemperatur 20 °C.

Lost Motion [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.

Die Abbildung 3.103 zeigt den Verdrehwinkel ϕ in Abhängigkeit des anliegenden Abtriebsdrehmomentes als Hysteresekurve bei fixiertem Wave Generator. Die Lost Motion Messung wird mit einem Abtriebsdrehmoment von ca. ±4 % des Nenndrehmomentes des Getriebes durchgeführt.

Abbildung 3.103



Massenträgheitsmoment J [kgm²]
Das angegebene Massenträgheitsmoment des Getriebes bezieht sich auf den Getriebeeingang.

Maximale Antriebsdrehzahl $n_{in\ (max)}$ [min⁻¹]
Maximal kurzzeitig zulässige Getriebeeingangsdrehzahl. Die maximale Antriebsdrehzahl kann kurzzeitig beliebig oft angefahren werden, solange die durchschnittliche Antriebsdrehzahl der Anwendung kleiner ist als die zulässige mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

Grenze für Mittlere Antriebsdrehzahl $n_{in\ av}$ [min⁻¹]
Maximal zulässige durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl. Die durchschnittliche Getriebeeingangsdrehzahl der Anwendung muss kleiner sein als die Grenze für mittlere Antriebsdrehzahl des Getriebes.

Nenndrehmoment T_N [Nm]
Das Nenndrehmoment ist ein Referenzdrehmoment für die Berechnung der Getriebelebensdauer. Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Kugellager des Wave Generators die nominelle Lebensdauer L_n mit 50 % Ausfallwahrscheinlichkeit. Das Nenndrehmoment T_N wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

Nenndrehzahl n_N [min⁻¹]
Die Nenndrehzahl ist eine Referenzdrehzahl für die Berechnung der Getriebelebensdauer L_{10h}.

Nominelle Lebensdauer L_{10h} [h]
Lebensdauer des Wave-Generator-Kugellagers bei Nenndrehmoment und Nenndrehzahl für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 10 %.

Ratcheting-Drehmoment
Wenn ein übermäßig hohes Drehmoment (etwa acht- bis neunfaches Nenndrehmoment) auf das Getriebe aufgebracht wird, während es in Bewegung ist, kann es zu einem Überratschen der Verzahnung zwischen Circular Spline und Flexspline kommen. Dieses Phänomen wird Ratcheting und der zugehörige Wert Ratcheting-Drehmoment genannt. Ratcheting kann unter Umständen einen unsymmetrischen Zahneingriff (Dedoidal) des Getriebes provozieren (siehe auch Kapitel Montagehinweise). Ein weiterer Betrieb in diesem Zustand führt zu einer starken Verkürzung der Lebensdauer sowie schlimmstenfalls zu einem Flexspline-Bruch. Die Werte des Ratcheting-Drehmomentes sind auf Anfrage bei der Harmonic Drive SE verfügbar.

Statische Tragzahl C_0 [N]
Maß für die Last, die ein Abtriebslager aufnimmt, bevor es bei statischer Belastung bleibenden Schaden erleidet.

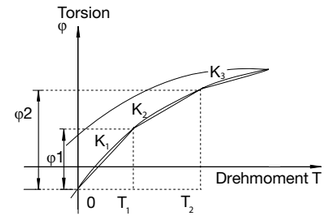
Teilkreisdurchmesser d_p [m]
Teilkreisdurchmesser der Wälzkörperlaufbahn des Abtriebslagers.

Torsionssteifigkeit K_1, K_2, K_3 [Nm/rad]
Das Maß der elastischen Verdrehung am Abtrieb bei einem bestimmten Drehmoment und blockiertem Wave Generator. Für die Ermittlung der Torsionssteifigkeit wird die Drehmoment-Torsions-Kurve in drei Bereiche aufgeteilt und die Torsionssteifigkeiten K_1, K_2 und K_3 durch Linearisierung ermittelt.

K_1: Bereich kleiner Drehmomente $0 \sim T_1$
K_2: Bereich mittlerer Drehmomente $T_1 \sim T_2$
K_3: Bereich höherer Drehmomente $> T_3$

Die angegebenen Werte für die Torsionssteifigkeiten K_1, K_2 und K_3 sind Durchschnittswerte, die während zahlreicher Tests ermittelt wurden. Die Grenzdrehmomente T_1 und T_2 sowie Hinweise zur Berechnung des Gesamtverdrehwinkels sind in den Kapiteln „Torsionssteifigkeit“ sowie „Ermittlung des Torsionswinkels“ zu finden.

Abbildung 3.104



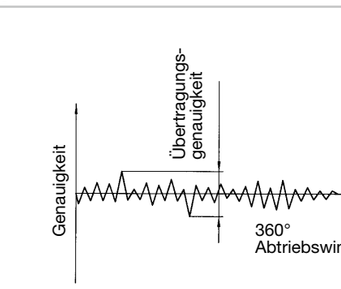
K_1, K_2, K_3 = Torsionssteifigkeit, φ = Abtriebswinkel
φ1 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T_1
φ2 = Abtriebsseitige Verdrehung, bei Abtriebsdrehmoment T_2

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.

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.

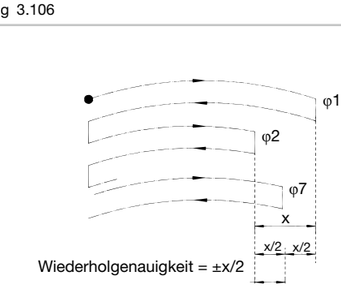
Abbildung 3.105



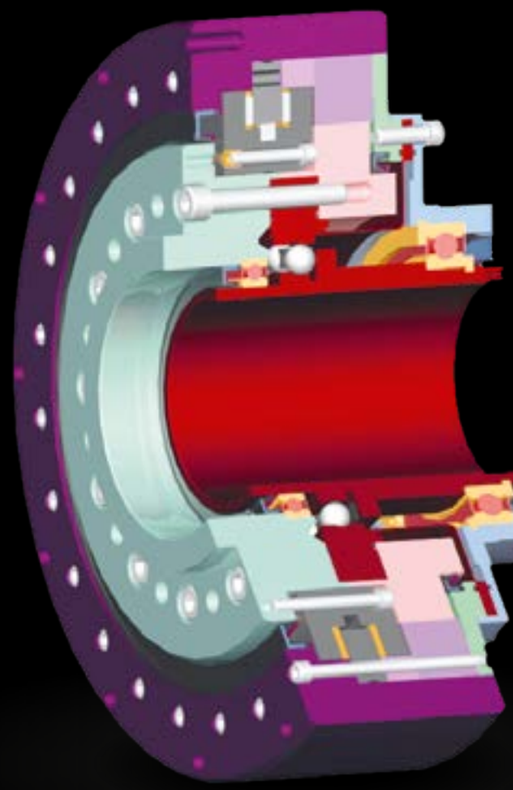
Wiederholbares Spitzendrehmoment T_R [Nm]
Gibt die maximal zulässigen Beschleunigungs- und Bremsdrehmomente an. Während des normalen Arbeitszyklus sollte das wiederholbare Spitzendrehmoment T_R nicht überschritten werden. Das wiederholbare Spitzendrehmoment kann kurzzeitig beliebig oft aufgebracht werden, solange das durchschnittliche Abtriebsdrehmoment der Anwendung unterhalb des zulässigen Durchschnittsdrehmomentes des Getriebes liegt.

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

Abbildung 3.106



Wirkungsgrad [%]
Der Wirkungsgrad eines Getriebes ergibt sich aus dem Verhältnis der Nutzleistung zur zugeführten Leistung. Er setzt sich zusammen aus den einzelnen Wirkungsgraden für Lagerung, Dichtung und Verzahnung. Der Wirkungsgrad eines Harmonic Drive® Getriebes ist abhängig vom Schmierstofftyp, der Schmierstofftemperatur, der Eingangsdrehzahl und dem Abtriebsdrehmoment.



Individuallösungen

Ihre Anwendung stellt Anforderungen an das Antriebssystem, die von unseren Standardprodukten noch nicht ideal gelöst werden? Gerne erarbeiten wir gemeinsam mit Ihnen Individuallösungen nach Ihren Wünschen und Anforderungen.

Individuelle Kombinationen

Unsere Individuallösungen ermöglichen die Neukombination bewährter und zuverlässiger Komponenten. Somit können schnell und flexibel kundenspezifische Lösungen realisiert werden.

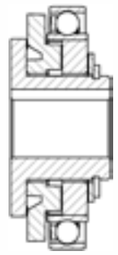
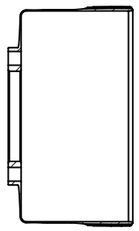
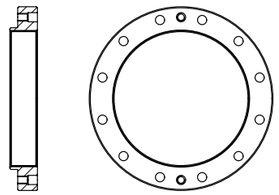
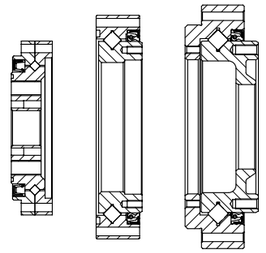
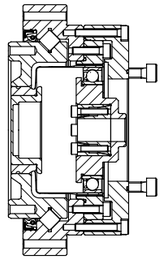
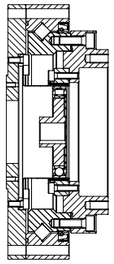
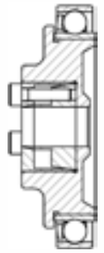
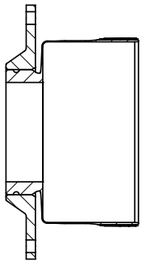
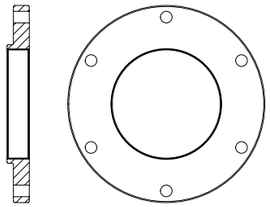
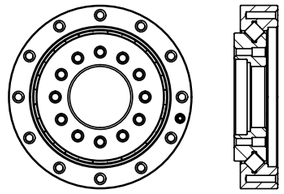
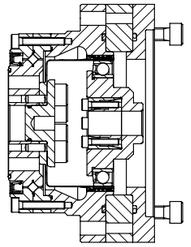
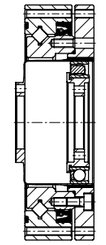
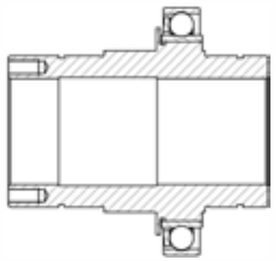
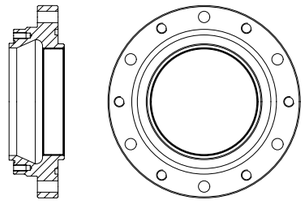
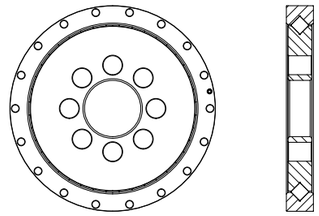
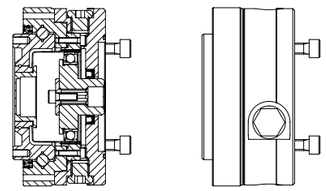
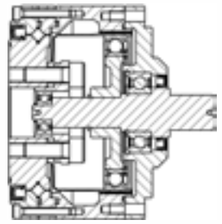
Anpassungen der Schnittstellen

Um unsere Produkte an die konstruktive Umgebung Ihrer Anwendung anzupassen, müssen häufig die mechanischen Schnittstellen verändert werden. So können Komponenten wie Gehäuse, Motoradaption usw. kundenspezifisch ausgeführt werden. Die Schnittstellen der Kernkomponenten wie Circular Spline, Flexspline und Wave Generator können angepasst werden, sofern ihre Funktion nicht beeinflusst wird.

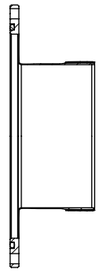
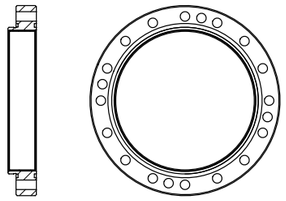
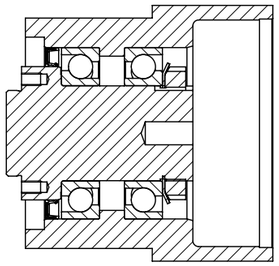
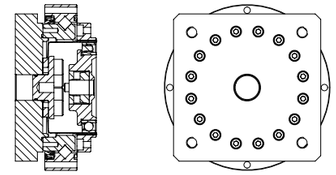
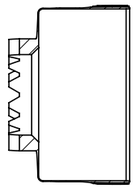
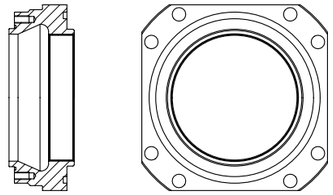
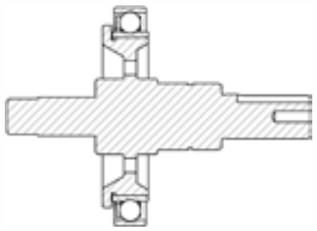
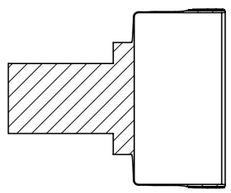
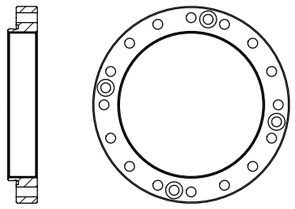
Kurze Entwicklungszeiten

Da die Kernkomponenten in ihrer Funktion unverändert bleiben, kann auf die Basisqualifikation der Komponenten zurückgegriffen werden. Dies ermöglicht eine hohe Individualisierung bei kurzer Entwicklungszeit.

Individuallösungen für Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze und Getriebe mit Abtriebslager

Wave Generator	Flexspline	Circular Spline	Abtriebslager	Motoradaption	Kombinationsmöglichkeiten
Oldham-Kupplung mit Passfeder	**Flexspline mit vergrößerter zentraler Bohrung**	**Circular Spline mit geändertem Bohrbild**	**Auswahl unterschiedlicher Abtriebslagertypen**	**Ausführung des Getriebes mit Adapterflansch**	**Kombination von Getriebe-Einbausatz und Abtriebslager unterschiedlicher Baugröße**
					
Die Oldham-Kupplung dient zur Kompensation von Rundlauf- und Koaxialitätsfehlern der Motorwelle. Es sind unterschiedliche Bohrungsdurchmesser möglich.	Die große Flexspline-Bohrung bietet maximalen Platz für die Durchführung von Versorgungsleitungen und Antriebswellen.	Kundenspezifische Ausführung von Bohrungen und Gewinden möglich.	Unterschiedliche Abtriebslagertypen ermöglichen eine flexible Anpassung an die Belastungssituation der Anwendung.	Vereinfachte Motormontage durch werkseitige Ausführung des Getriebes mit Adapterflansch.	Bei hohen Anforderungen an die Belastbarkeit des Abtriebslagers und geringerem Drehmomentbedarf für das Getriebe.
Solid Wave Generator mit Spannsatz	**Flexspline mit geschweißtem Abtriebsflansch**	**Circular Spline mit geändertem Außendurchmesser**	**Sonder-Abtriebslager in Zwischengrößen**	**Motoranbindung mit zweiteiligem Adapterflansch**	**Kombination von Getriebe-Einbausatz und Abtriebslager unterschiedlicher Baureihen**
					
Der Solid Wave Generator mit Spannsatz ermöglicht eine spielfreie Verbindung des Wave Generators mit der Motorwelle.	Die geschweißte Flexspline-Verbindung ermöglicht neben der sicheren Übertragung von Überlasten eine individuelle Anbindung an die Kundenkonstruktion.	Kundenspezifische Ausführung des Circular Splines.	Sonder-Abtriebslager in Zwischengröße, z.B. zur Verringerung des Außendurchmessers.	Der zweiteilige Adapterflansch wird in manchen Motoranbindungen benötigt, wenn die Bohrungsteilkreise von Getriebe und Motor ähnlich sind.	Beispielsweise Kombination des Getriebe-Einbausatzes CSG-2A und des Abtriebslagers HFUS zur Erreichung einer kurzen Baulänge.
Wave Generator mit Hohlwelle	**Flexspline mit Friction Shim**	**Ausführung des Circular Splines als Getriebegehäuse**	**Sonder-Abtriebslager mit kundenspezifischer Schnittstelle**	**Getriebe mit Ölschmierung**	**Getriebe mit reduziertem Außendurchmesser**
					
Der Wave Generator mit Hohlwelle ermöglicht die zentrale Durchführung von Versorgungsleitungen und Antriebswellen. Die Hohlwelle kann individuell an die Anwendung angepasst werden.	Die Friction Shim erhöht das übertragbare Drehmoment der Flexspline-Schraubverbindung und sorgt somit für eine höhere Überlastsicherheit.	Einsparung eines separaten Getriebegehäuses durch Funktionsintegration.	Anpassung an die konstruktive Umgebung durch Lager mit kundenspezifischer Schnittstelle.	Öleinlass- und -ablassschraube für die Schmierung mit Öl, integriert in den Adapterflansch (Ölschauglas optional)	Durch geänderte Gehäusegeometrie wird ein reduzierter Außendurchmesser erreicht.

Individuallösungen für Harmonic Drive® Getriebe-Einbausätze und Getriebe mit Abtriebslager

Wave Generator	Flexspline	Circular Spline	Abtriebslager	Motoradaption	Kombinationsmöglichkeiten
Solid Wave Generator mit Innenverzahnung	**Flexspline-Boden mit O-Ring-Nut**	**Circular Spline mit zusätzlicher O-Ring-Nut**	**Zweireihige Lager**		**Getriebe mit kundenspezifischem Abtriebsflansch**
					
Die Innenverzahnung ermöglicht eine formschlüssige Verbindung des Wave Generators mit der Antriebswelle.	Platzsparende Integration einer Dichtung.	Platzsparende Integration einer Dichtung.	Durch Auswahl von zwei vorgespannten Wälzlagern kann eine Konstruktion mit kleinem Außendurchmesser erreicht werden.		Durch individuelle Ausführung des Abtriebsflansches kann ein zusätzlicher Flansch vermieden werden.
Ringförmiger Wave Generator	**Flexspline mit Axialverzahnung**	**Circular Spline als Vierkant-Ausführung**	**Abtriebslager mit Korrosionsschutz**		
					
Der ringförmige Wave Generator ermöglicht eine geringe Masse sowie ein reduziertes Massenträgheitsmoment der Antriebswelle, sowie die Ausführung einer großen Hohlbohrung.	Die Axialverzahnung ermöglicht in Kombination mit einer Zentralmutter die formschlüssige Verbindung des Flexsplines mit dem Abtriebsflansch.	Zur Vermeidung von Überschneidungen mit Störkonturen.	Zur Erhöhung des Korrosionsschutzes kann das Abtriebslager beschichtet werden.		
Wave Generator in Eingangswellenausführung	**Flexspline mit integrierter Abtriebswelle**	**Circular Spline mit Senkbohrungen**			
					
Der Wave Generator in Eingangswellenausführung ermöglicht die direkte Anbindung einer Vorstufe, wie z.B. einer Riemenstufe. Die Welle kann individuell angepasst werden.	Hohe Überlastfähigkeit, Kompaktheit und Gewichtseinsparung durch Flexspline mit integrierter Abtriebswelle. Die Abtriebswelle kann kundenspezifisch ausgeführt werden.	Zur Vermeidung von Überschneidungen durch Integration der Schraubenköpfe.			

Ausgewählte Beispiele für kundenspezifische Sondergetriebe

Abbildung 4.1

Leichtbaugetriebe basierend auf dem Getriebe-Einbausatz CPL-2A

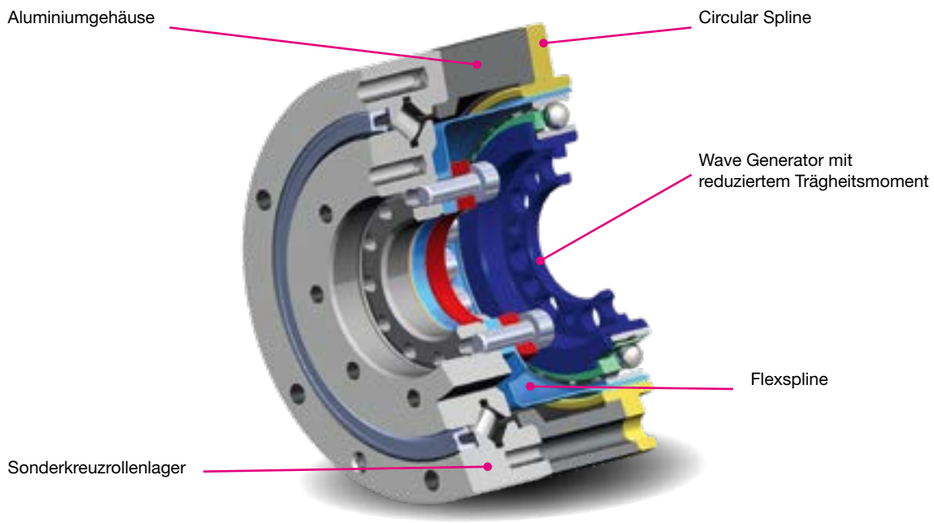


Abbildung 4.2

Getriebe für Robotikachse mit Sonderhohlwelle zur Anbindung der Rotormagnete, des Encoders sowie der Bremse

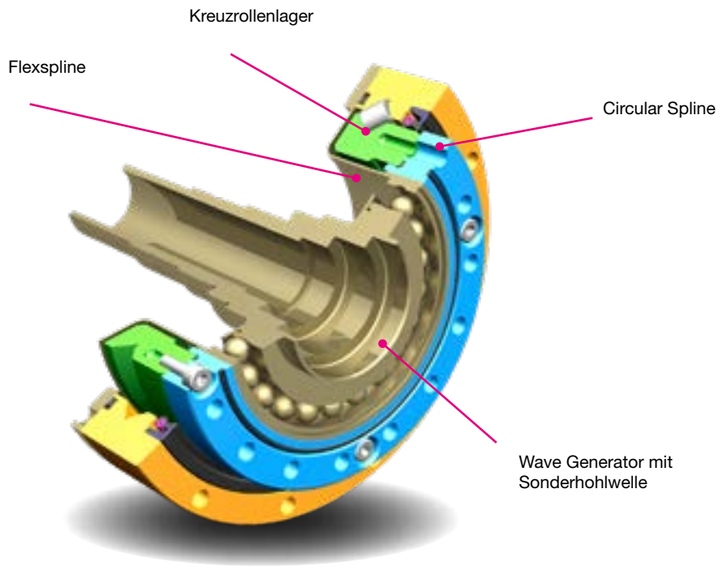


Abbildung 4.3

Schwenkgelenk für Röntgenanlage basierend auf dem Hohlwellengetriebe SHG-2UH, einer Winkelgetriebe-Vorstufe sowie einer Zahnriemen-Vorstufe

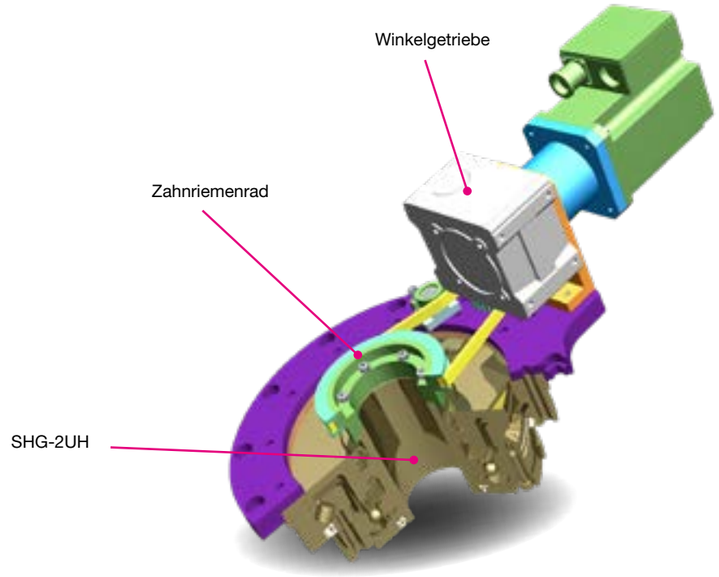
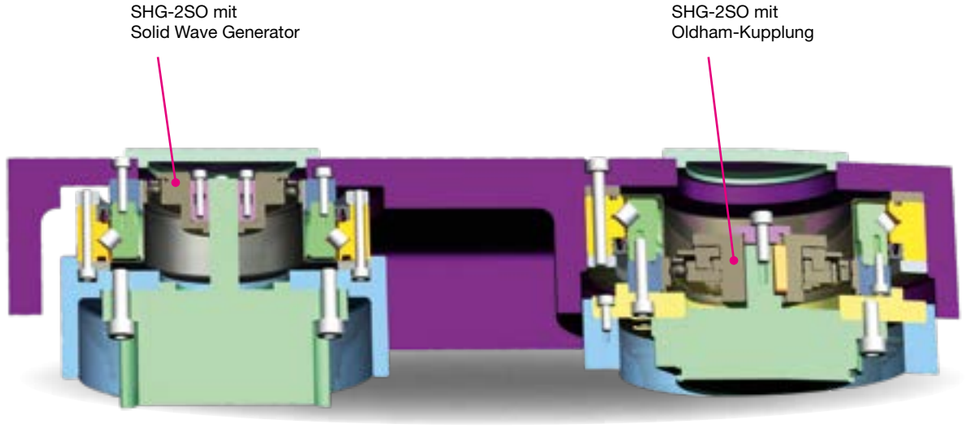


Abbildung 4.4

Zwei Scara-Roboterachsen basierend auf SHG-2SO mit Motoranbau



Haftungsausschluss

Ab Erscheinungsdatum dieses Katalogs werden alle vorherigen Ausgaben ungültig. Dieser Katalog und die darin enthaltenen Beschreibungen sowie technischen Hinweise und Erläuterungen wurden von uns mit größter Sorgfalt zusammengestellt. Trotzdem können wir eine Haftung von Satz- und Druckfehlern, technischen Änderungen an den Produkten sowie für Folgeschäden im Zusammenhang mit unseren technischen Aussagen oder unserer Lieferfähigkeit während der Kataloglaufzeit nicht übernehmen. Abbildungen und Beschreibungen in diesem Katalog stellen in keinem Fall zugesicherte Eigenschaften dar.

Die in diesem Katalog wiedergegebenen Werte basieren auf Messungen, die bei zahlreichen Tests während der Entwicklung unserer Produkte durchgeführt wurden. Zur Sicherung der Qualität unserer Produkte erfolgen laufend weitere Tests. Bitte beachten Sie, dass diese Werte, wie bei allen Messungen, von Produkt zu Produkt variieren können. Wenn diese Werte für eine spezifische Anwendung verwendet werden, sollte auch die Messgenauigkeit dieser Ergebnisse berücksichtigt werden. Soweit nicht anders angegeben, werden alle Tests, wie in diesem Katalog beschrieben, mit neuen Komponenten bei Normalluftdruck und -temperatur mit Standardschmierung durchgeführt. Die Ergebnisse können unter verschiedenen Bedingungen erheblich variieren. Für weitere Details kontaktieren Sie uns bitte.

Copyright und Schutzrechte

Die in diesem Katalog 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.

Harmonic Drive SE
Hoenbergstraße 14
65555 Limburg/Lahn
Deutschland

T +49 6431 5008-0
info@harmonicdrive.de
www.harmonicdrive.de

Technische Änderungen vorbehalten.

1053521 06/2022