

Projektionierung mit Harmonic Planetengetrieben

Engineering Data for Harmonic Planetary Gearboxes

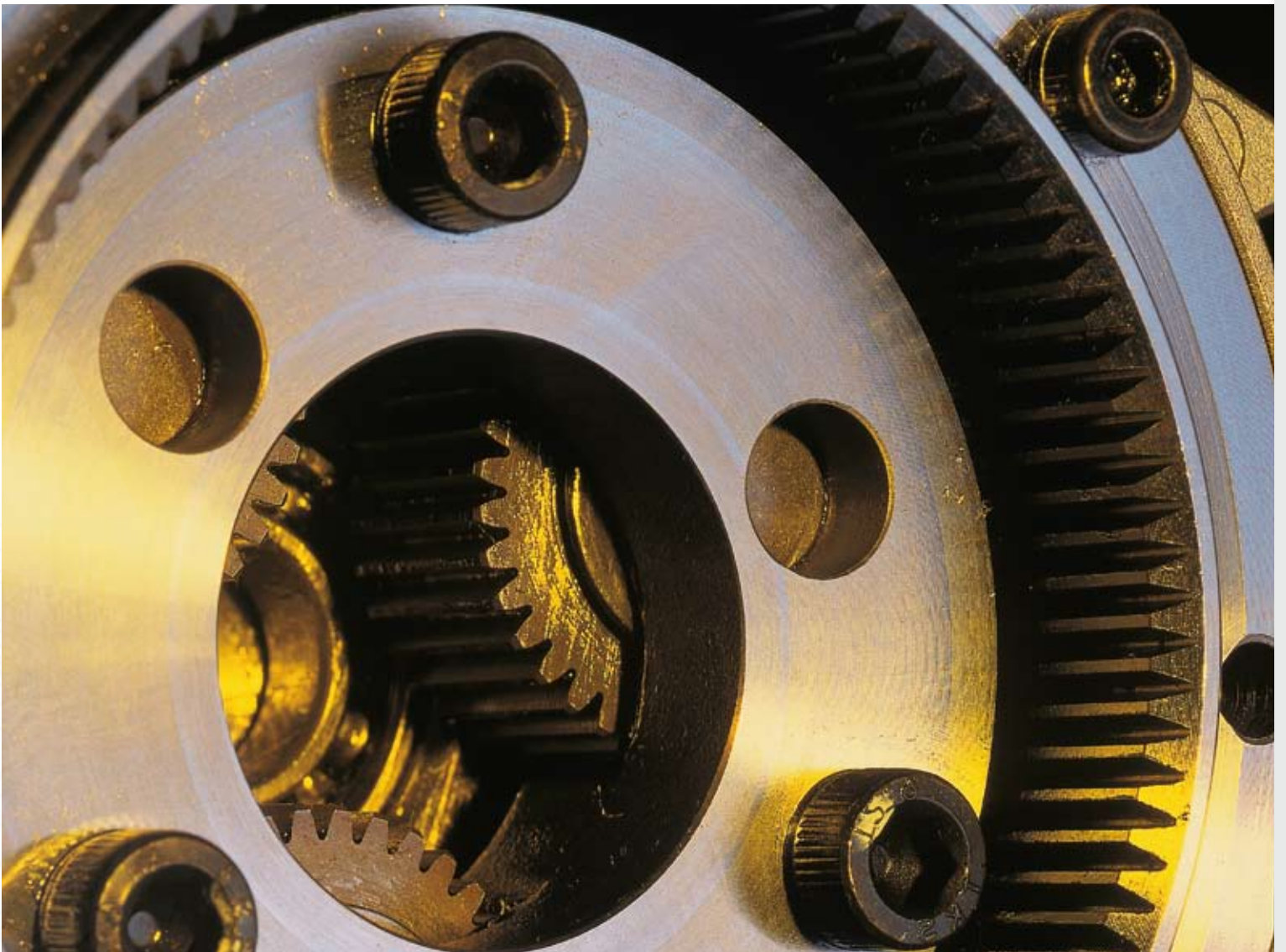
Wir freuen uns, Ihnen in diesem Kapitel ausführliche Informationen zu unseren Produkten präsentieren zu können. Die in unserem Katalog gebotenen Informationen sollen Ihnen bei der Auswahl Ihres Getriebes und den Aufgaben der Maschinenkonstruktion helfen. Wir sind davon überzeugt, dass der Umfang und die Qualität der hier dargestellten Daten denen anderer Getriebehersteller genauso überlegen ist wie die Qualität unserer Produkte. Selbstverständlich stehen wir Ihnen zur Beantwortung Ihrer Fragen zur Verfügung. Eine Kontaktliste finden Sie auf der Rückseite dieses Katalogs oder auf unserer Website. Zögern Sie bitte nicht, uns anzusprechen.

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.

We are pleased to present detailed information about our products in this chapter. The information presented in our catalogue is designed to help you with your drive selection and machine design tasks. We consider the amount and quality of data presented here to be in excess of other drive system manufacturers – just like the quality of our products. Of course we are available to answer any questions you may have. You will find a list of contacts on the back of this catalogue or on our website. Please feel free to contact us.

The values in this catalogue are based on measurements made during numerous tests carried out during the development of our products. Further tests are continually being conducted to ensure the quality of these products is maintained. Please note that, as with all measurements, these values can vary from product to product. When using these values for a specific application, the measuring accuracy for these results should also be considered. When not otherwise stated, all tests are conducted with new components at standard air pressure and temperature with standard lubrication as described in this catalogue. Results may vary considerably under different conditions. For further details, please contact us.

...just move it!



Projektierung mit Harmonic Planetengetrieben
Engineering Data for Harmonic Planetary Gearboxes



■ Auswahlschema

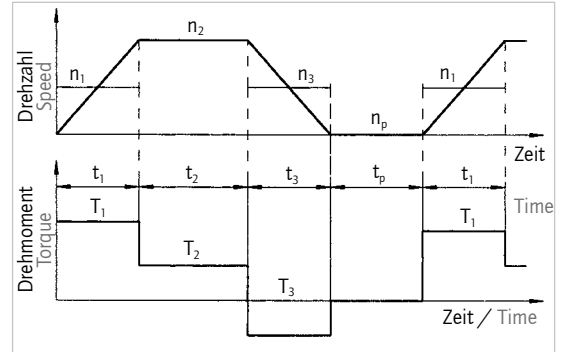
■ Selection Procedure

Belastungsdaten am Abtrieb

Output Data

Abb. / Fig. 494.1

Drehmomente	$T_1 \dots T_n$ [Nm]	Torques	$T_1 \dots T_n$ [Nm]
während der Belastungszeit	$t_1 \dots t_n$ [s]	during the load times	$t_1 \dots t_n$ [s]
während der Pausenzeit	t_p [s]	during the pause time	t_p [s]
und Abtriebsdrehzahl	$n_1 \dots n_n$ [min ⁻¹]	and output speeds	$n_1 \dots n_n$ [rpm]
Not-Stopp / Kollisionsmoment	T_k [Nm]	Momentary peak torque	T_k [Nm]
Untersetzung	i	Ratio	i



Hinweis:

Alle Drehmomente und Drehzahlen werden als Beträge (positives Vorzeichen) eingesetzt.

Please note:

All torques and speeds are used as scalar values (with a positive sign).

Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes	Calculation of the Average Output Torque
$T_{av} = \frac{10/3 \sqrt{ n_1 \cdot t_1 \cdot T_1^{10/3} + n_2 \cdot t_2 \cdot T_2^{10/3} + \dots + n_n \cdot t_n \cdot T_n^{10/3}}}{ n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \dots + n_n \cdot t_n }$	
[Gleichung / Equation 494.2]	

(Werte für T_A siehe Leistungsdatentabelle)	(Values for T_A see Rating Table)	Nein No	Auswahl eines größeren Getriebes	Selection of a bigger size
$T_{av} \leq T_A$ [Gleichung / Equation 494.3]				

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl	Calculation of the average output speed	Durchschnittliche Antriebsdrehzahl	Average input speed
$n_{out\ av} = \frac{ n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \dots + n_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + t_p}$		$n_{in\ av} = i \cdot n_{out\ av}$	
[Gleichung / Equation 494.4]		[Gleichung / Equation 494.5]	

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl	Permissible maximum input speed
Maximale Antriebsdrehzahl (s. Leistungsdatentabelle)	Maximum input speed (see Rating Table)
$n_{in\ max} = n_{out\ max} \cdot i \leq$	
[Gleichung / Equation 494.6]	

Belastungsgrenze 2, T_R	Load limit 2, T_R	Belastungsgrenze 3, T_M	Load limit 3, T_M	Erlaubte Anzahl von Kollisionsmomenten	Allowable number of momentary peak torques
$T_{max} \leq T_R$		$T_k \leq T_M$		$N_{k\ max} = 10^x$ $x = 8,5 - 1,5 \cdot \frac{T_k}{T_R}$ $T_k > T_R$	
[Gleichung / Equation 494.7]		[Gleichung / Equation 494.8]		[Gleichung / Equation 494.9]	

Lebensdauer	Operating life
$L_{10} = 20000\ h \cdot \frac{\text{Rated input speed}}{n_{in\ av}} \cdot \left(\frac{T_N}{T_{av}} \right)^{10/3}$	
[Gleichung / Equation 494.10]	

Projektionierung mit Harmonic Planetengetrieben

Engineering Data for Harmonic Planetary Gearboxes

Auslegungsbeispiel

Selection Example

Belastungsdaten am Abtrieb

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

Output Data

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

Belastungsgrenze 1, Ermittlung des durchschnittlichen Abtriebsdrehmomentes T_{av}	Load limit 1, calculation of the average output torque T_{av}
$T_{av} = \sqrt[10/3]{\frac{125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} \cdot (40 \text{ Nm})^{10/3} + 250 \text{ min}^{-1} \cdot 3 \text{ s} \cdot (32 \text{ Nm})^{10/3} + 125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,4 \text{ s} \cdot (20 \text{ Nm})^{10/3}}{125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} + 250 \text{ min}^{-1} \cdot 3 \text{ s} + 125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,4 \text{ s}}}$	
[Gleichung / Equation 495.1]	

$T_{av} = 32 \text{ Nm} \leq T_A = 45 \text{ Nm}$ [Gleichung / Equation 495.2]

Ausgewähltes Getriebe	Selected size
HPG-20-11	

Berechnung der durchschnittlichen Abtriebsdrehzahl	Calculation of the average output speed
$n_{out\ av} = \frac{125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} + 250 \text{ min}^{-1} \cdot 3 \text{ s} + 125 \text{ min}^{-1} \cdot 0,4 \text{ s}}{0,3 \text{ s} + 3 \text{ s} + 0,4 \text{ s} + 4 \text{ s}} = 109 \text{ min}^{-1}$	
[Gleichung / Equation 495.3]	

Durchschnittliche Antriebsdrehzahl	Average input speed
$n_{in\ av} = 11 \cdot 109 \text{ min}^{-1} = 1199 \text{ min}^{-1}$	
[Gleichung / Equation 495.4]	

Zulässige maximale Antriebsdrehzahl	Permissible maximum input speed
$n_{in\ max} = 250 \text{ min}^{-1} \cdot 11 = 2750 \text{ min}^{-1} \leq 6000 \text{ min}^{-1}$	
[Gleichung / Equation 495.5]	

Belastungsgrenze 2, T_R	Load limit 2, T_R
$T_{max} = 40 \text{ Nm} \leq T_R = 100 \text{ Nm}$	
[Gleichung / Equation 495.6]	

Belastungsgrenze 3, T_M	Load limit 3, T_M
$T_k = 200 \text{ Nm} \leq T_M = 217 \text{ Nm}$	
[Gleichung / Equation 495.7]	

Zulässige Anzahl von Kollisionsmomenten	Allowable number of momentary peak torques
$N_{k\ max} = 10^x$ $x = 8,5 \cdot 1,5 \cdot \frac{200 \text{ Nm}}{100 \text{ Nm}} = 5,5$ $N_{k\ max} = 10^{5,5} = 316227$	
[Gleichung / Equation 495.8]	

Lebensdauer	Operating life
$L_{10} = 20000 \text{ h} \cdot \frac{3000 \text{ min}^{-1}}{1199 \text{ min}^{-1}} \cdot \left(\frac{20 \text{ Nm}}{32 \text{ Nm}}\right)^{10/3} = 10445 \text{ h}$	
[Gleichung / Equation 495.9]	

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

■ Hinweise zu den Leistungsdaten

Nenndrehmoment (T_N)

Das Nenndrehmoment ist ein Referenzdrehmoment für die Berechnung der Getriebelebensdauer. Bei Belastung mit dem Nenndrehmoment und der Nenndrehzahl erreicht das Getriebe die Lebensdauer L_{10} . Dieses Referenzdrehmoment wird nicht für die Dimensionierung angewendet.

Grenze für das Durchschnittsdrehmoment (T_A) – Belastungsgrenze 1

Wird das Getriebe mit wechselnden Lasten beaufschlagt, so sollte mittels Gleichung 494.2 das durchschnittliche Drehmoment berechnet werden. Dieser Wert sollte den in den Leistungsdaten Tabellen angegebenen Grenzwert T_A nicht überschreiten.

Grenze für das Spitzendrehmoment (T_R) – Belastungsgrenze 2

Der Grenzwert T_R gibt die maximal zulässigen Beschleunigungs- und Bremsdrehmomente an. Das beim Beschleunigen oder Bremsen auftretende Spitzendrehmoment lässt sich ermitteln, wenn neben dem Lastdrehmoment das Massenträgheitsmoment und die Beschleunigungszeit bzw. Bremszeit bekannt sind. Während des normalen Arbeitszyklus sollte der Grenzwert T_R nicht überschritten werden.

Grenze für das Kollisionsdrehmoment (T_M) – Belastungsgrenze 3

Im Falle einer Not-Ausschaltung oder einer Kollision kann das Getriebe mit einem kurzzeitigen Spitzendrehmoment beaufschlagt werden. Die Anzahl und die Höhe dieses Spitzendrehmomentes sollten möglichst gering sein. Unter keinen Umständen sollte dieses Spitzendrehmoment während des normalen Arbeitszyklus erreicht werden. Die erlaubte Anzahl von Kollisionsdrehmomenten kann mit der im Auswahlschema angegebenen Gleichung berechnet werden.

■ How to use the Rating Table

Rated Torque (T_N)

The rated torque is a reference torque for the calculation of the gear lifetime. When loaded with the rated torque and running at rated speed the gear will achieve the L_{10} life. This reference torque is not used for dimensioning the gear.

Limit for Average Torque (T_A) – Load Limit 1

When a gear is used under a variable load, an average torque should be calculated for the complete operating cycle (see equation 494.2). The value calculated should not exceed the limit T_A given in the rating table. Otherwise the performance and life of the gear will be impaired.

Limit for Repeated Peak Torque (T_R) – Load Limit 2

This is the allowable output torque that can be developed during acceleration or deceleration. The peak torque that occurs during starting or stopping can be calculated if the static load, load moment of inertia and acceleration (or deceleration) time are known. This torque limit must not be exceeded during the normal operating cycle.

Limit for Momentary Peak Torque (T_M) – Load Limit 3

The gear may be subjected to momentary peak torques in the event of a collision or emergency stop. The magnitude and frequency of occurrence of such peak torques must be kept to a minimum and they should under no circumstance occur during the normal operating cycle. The allowable number of momentary peak torques can be calculated with the equation given in the selection procedure.

■ Erläuterungen zu Technischen Daten

Die Definitionen von technischen Daten können je nach Getriebehersteller und Produkt variieren. Wir empfehlen, beim Vergleich von technischen Daten grundsätzlich die jeweils zu Grunde liegenden Definitionen zu beachten.

Leistungsdaten

Unsere Leistungsdaten beinhalten einen Sicherheitsfaktor, der vereinfachende Annahmen des Anwenders bei der Festlegung von Last und Zyklus berücksichtigt.

Die Grenze für das wiederholbare Spitzendrehmoment, d.h. das maximal zulässige Beschleunigungsmoment, liegt unterhalb des Zeitfestigkeitsbereichs der Verzahnung, s. Abb. 497.1. Das Beschleunigungsmoment ist somit unabhängig von der Anzahl der Zyklen. Die Lebensdauer der Harmonic Planetengetriebe wird durch die Nadellager der Planetenräder bestimmt.

Die Vorteile in der Praxis:

- Die im Katalog definierten Leistungsdaten können direkt für Vergleichszwecke herangezogen werden. Es ist nicht erforderlich, das Beschleunigungsdrehmoment zur Berücksichtigung der Zyklenzahl zu reduzieren.
- Bei einer nachträglichen Erhöhung der bei der ursprünglichen Auslegung definierten Zyklenzahl verliert die Harmonic Planetengetriebe Auslegung nicht ihre Gültigkeit (vorausgesetzt, dass die Grenzen für wiederholbares Spitzendrehmoment und Durchschnittsdrehmoment berücksichtigt werden).

■ Understanding the Technical Data

The definitions used when specifying technical data can differ between manufacturers and products. When comparing data we recommend that you refer to the given definitions.

Performance Data

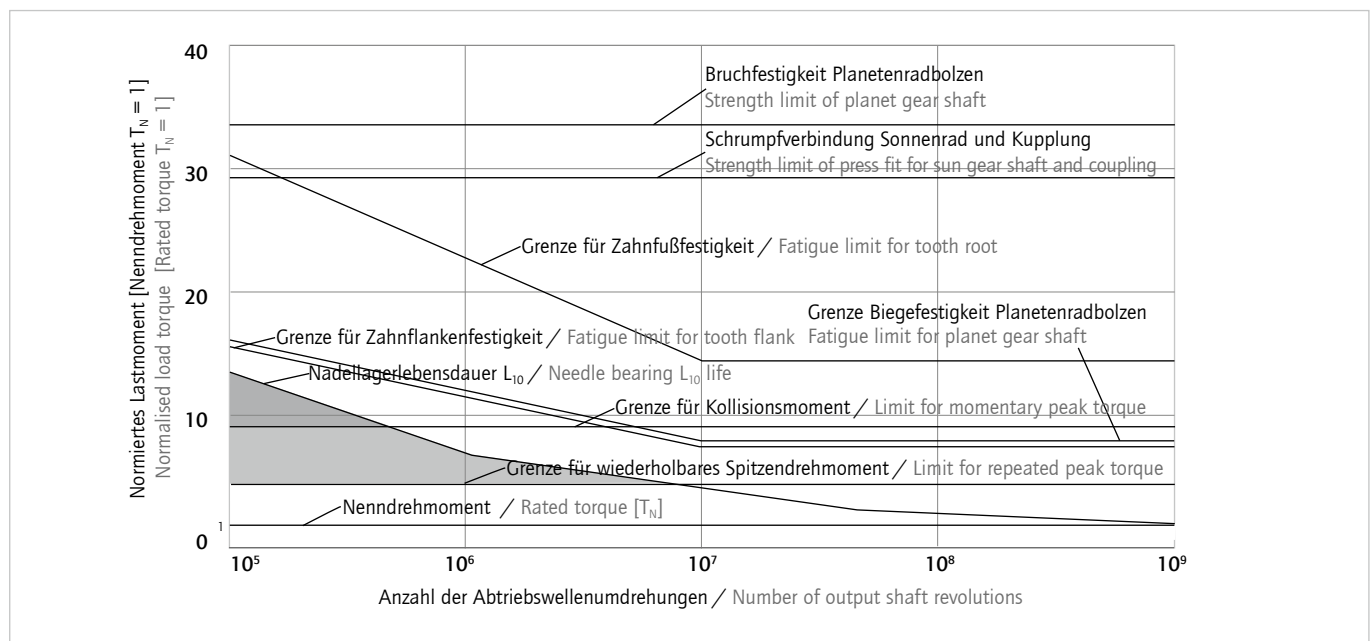
Our performance data include a safety margin to reflect the fact that the user may need to make assumptions regarding load and duty cycle.

The limit for repeated peak torque, typically the limit for acceleration torque, lies below the fatigue limit of the teeth see Fig. 497.1. The limit for acceleration torque is therefore independent of the number of cycles. The life of a Harmonic Planetary Gear is defined by the needle bearings of the planet gears.

The practical advantages are as follows:

- The performance data given in the catalogue can be used directly for comparative purposes. There is no need to reduce the torque limit to reflect the number of cycles.
- The selection of a Harmonic Planetary Gear does not lose its validity, should the number of operating cycles increase relative to the initial specification (Assuming that the limits for repeated peak torque and average torque are not exceeded).

Abb. / Fig. 497.1



Das in Abb. 497.1 gezeigte Referenzdiagramm kann in Abhängigkeit von der Baugröße und Untersetzung leicht variieren. Fettalterung und Verschleißeffekte sind nicht berücksichtigt. Die Grenze für wiederholbares Spitzendrehmoment darf nur im Kollisionsfall überschritten werden.

The reference diagram shown in Fig. 497.1 can vary slightly for different gear sizes and reduction ratios. Lubricant ageing effects and general wear are not considered. The limit for repeated peak torque may only be exceeded in the event of a collision.

■ Genauigkeitsdefinitionen

Hystereseverlust / Spiel (Beschreibung mittels Hysteresekurve)

Harmonic Planetengetriebe HPG 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 eingelegt. Ausgehend von Punkt O, werden nacheinander die Punkte A-B-A'-B'-A angefahren, siehe Abb. 498.1. Der Betrag B-B' wird als Hystereseverlust bzw. Spiel bezeichnet.

Hysteresis Loss / Backlash (description via hysteresis curve)

When a torque is applied to the output of a Harmonic Planetary Gear HPG with the input rotationally locked, the torque-torsion relationship measured at the output typically follows the hysteresis curve O-A-B-A'-B'-A, as shown in Fig. 498.1. The value of the displacement B-B' is defined as the hysteresis loss or backlash.

Wiederholgenauigkeit (Lineare Darstellung)

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 max. Abweichung, versehen mit einem ± Zeichen, siehe Abb. 498.2.

Repeatability (linear representation)

The repeatability of the gear describes the position difference measured during repeated movement to the same desired position from the same direction. The repeatability is defined as half the value of the maximum difference measured, preceded by a ± sign, as shown in Fig. 498.2.

Übertragungsgenauigkeit (Lineare Darstellung)

Die Übertragungsgenauigkeit eines Getriebes beschreibt den absoluten Positionsfehler am Abtrieb. Die Messung erfolgt während einer vollständigen Umdrehung des Abtriebses mit Hilfe eines hoch auflösenden Mess-Systems. Eine Drehrichtungsumkehr erfolgt nicht.

Die Übertragungsgenauigkeit ist definiert als die Summe der Beträge der maximalen positiven und negativen Differenz zwischen theoretischem und tatsächlichem Abtriebswinkel, wie in Abb. 498.3 dargestellt.

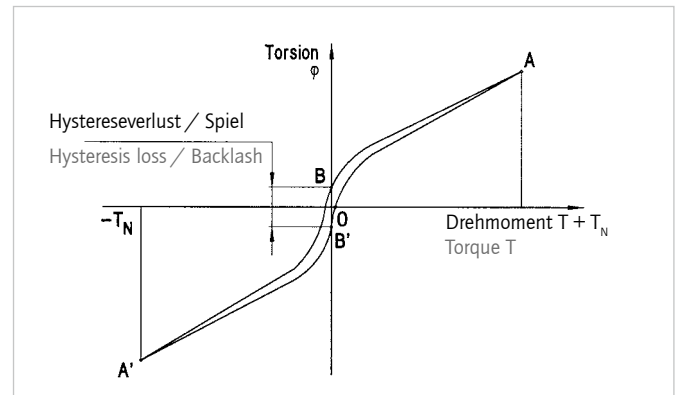
Transmission Accuracy (linear representation)

The transmission accuracy of the gear represents a linearity error between input and output angle. The transmission accuracy is measured for one complete output revolution using a high resolution measurement system. The measurements are carried out without direction reversal.

The transmission accuracy is defined as the sum of the maximum positive and negative differences between theoretical and actual output rotation angle, as shown in Fig. 498.3.

■ Accuracy Definitions

Abb. / Fig. 498.1



T_N : Nenndrehmoment / Rated output torque
 ϕ : Abtriebsdrehwinkel / Output rotation angle

Abb. / Fig. 498.2

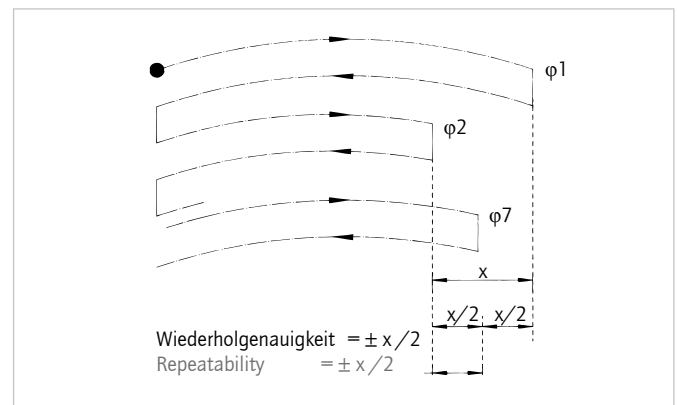
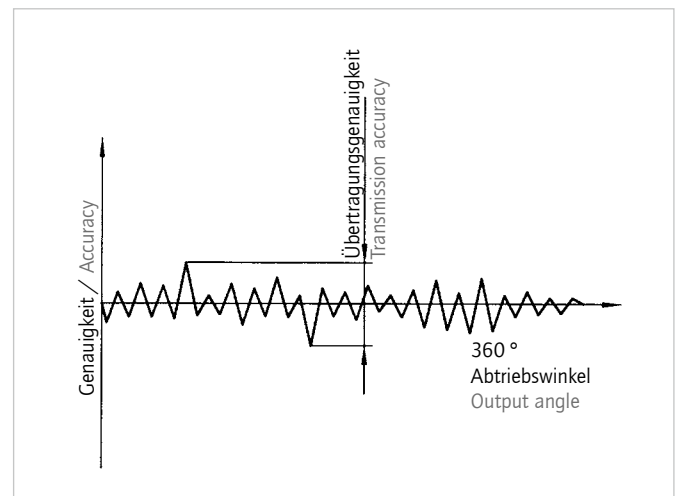


Abb. / Fig. 498.3



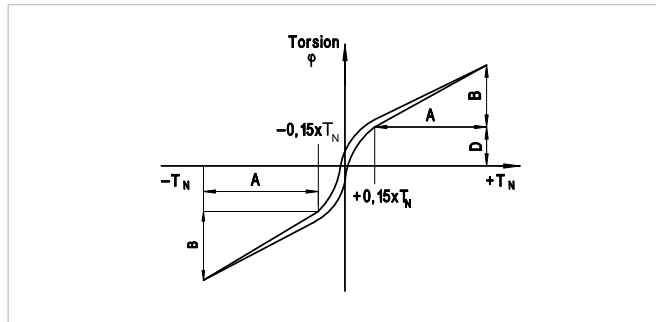
■ Torsionssteifigkeit

Für die Ermittlung der abtriebsseitigen Torsionssteifigkeit wird die Drehmoment-Torsions-Kurve entsprechend Abb. 499.1 genutzt. Die in den Tabellen angegebenen Werte sind Durchschnittswerte.

■ Torsional Stiffness

The torsional stiffness may be evaluated by means of the torque-torsion curve shown in Fig. 499.1. The values quoted in the tables are the average of measurements made during numerous practical tests.

Abb./ Fig. 499.1



Berechnung des Torsionswinkels φ bei einem Lastdrehmoment T

Calculation of the torsion angle φ at load torque T

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

[Gleichung / Equation 499.2]

$\frac{A}{B}$:	Torsionssteifigkeit / Torsional stiffness	D :	[arcmin] (siehe Abb. 499.1 / see Fig. 499.1)
T_N :	Nenn Drehmoment / Rated torque	T :	Lastdrehmoment / Load torque [Nm]
D :	Mittlerer Verdrehwinkel bei $0,15 \times T_N$ Average torsion angle at $0,15 \times T_N$	T_L :	$T_N \times 0,15$ [Nm]
φ :	Abtriebsdrehwinkel / Output rotation angle	$\frac{A}{B}$:	Torsionssteifigkeit / Torsional stiffness [Nm/arcmin]
		T_N :	Nenn Drehmoment / Rated torque [Nm]
		φ :	Torsionswinkel / Torsion angle [arcmin]

■ Lastfreies Anlauf-, Rück- und Laufdrehmoment

Lastfreies Anlaufdrehmoment

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

Lastfreies Rückdrehmoment

Das Rückdrehmoment wird benötigt, um das Abtriebsselement (langsame Seite) bei unbelastetem Antriebselement (schnelle Seite) in Bewegung zu bringen. Die Tabelle auf Seite 503 zeigt den experimentell ermittelten, ungefähren Bereich des lastfreien Rückdrehmomentes. Die angegebenen Werte dürfen keinesfalls als Drehmomente für Bremsbetrieb angesehen werden. In Systemen, in denen das Rückwärtsdrehen nicht zulässig ist, muss eine zusätzliche Bremse angebracht werden.

Lastfreies Laufdrehmoment

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

■ No Load Starting-, Back Driving- and Running Torque

No Load Starting Torque

The no load starting torque is the quasistatic torque required to commence rotation of the input element (high speed side) with no load applied to the output element (low speed side).

No Load Back Driving Torque

The no load back driving torque is the torque required to commence rotation of the output element (low speed side) with no load applied to the input element (high speed side). The approximate range for no load back driving torque, based on tests of actual production gears, is shown in the table on page 503. In no case should the values given be regarded as a margin in a system that must hold an external load. Where back driving is not permissible a brake must be fitted.

No Load Running Torque

The no load running torque is the torque required to maintain rotation of the input element (high speed side) at a defined input speed with no load applied to the output.

■ **Abtriebslager**

Lebensdauer bei Schwenkbewegungen

Die Lebensdauer bei reinen Schwenkbewegungen (oszillierende Bewegungen) wird mittels Gleichung 500.2 berechnet.

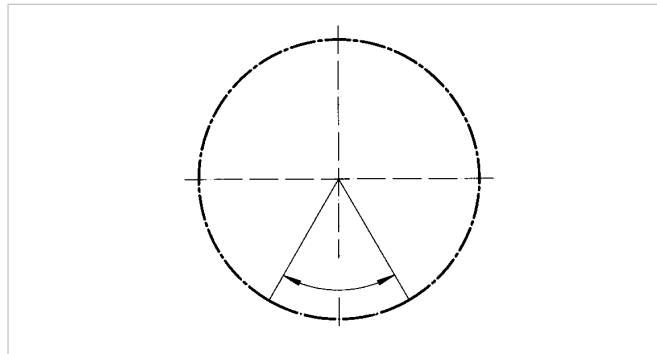
■ **Output Bearing**

Life for Oscillating Motion

The operating life at oscillating motion can be calculated using equation 500.2.

Schwenkwinkel
Oscillating Angle

Abb. / Fig. 500.1



Bei Schwenkwinkeln <math><5^\circ</math> kann infolge Mangelschmierung Reibkorrosion auftreten. Wir bitten ggf.um Rücksprache mit der Harmonic Drive AG.

At oscillating angles <math><5^\circ</math> fretting corrosion may occur due to insufficient lubrication. In this case please contact our sales engineer for countermeasures.

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

[Gleichung Equation 500.2]

mit:	where:
L_{oc} [h] = Lebensdauer bei reiner Schwenkbewegung	L_{oc} [h] = Operating life for oscillating motion
n_1 [cpm] = Anzahl Schwingungen/Minute*	n_1 [cpm] = Number of oscillations/minute*
C [N] = Dynamische Tragzahl	C [N] = Dynamic load rating
P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast	P_c [N] = Dynamic equivalent load
φ [Grad] = Schwenkwinkel	φ [Degree] = Oscillating angle
f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 500.5)	f_w = Operating factor (Table 500.5)

* eine Schwingung entspricht 2φ

* one oscillation means 2φ

■ **Lebensdauer bei kontinuierlichem Betrieb**

Die Lebensdauer des Abtriebslagers kann mit Gleichung 500.3 bestimmt werden.

■ **Life for Continuous Operation**

The operating life of the output bearing can be calculated using equation 500.3.

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

[Gleichung / Equation 500.3]

mit:	with:
L_{10} [h] = Lebensdauer	L_{oc} [h] = Operating life
n_{av} [min ⁻¹] = durchschnittl. Abtriebsdrehzahl	n_{av} [rpm] = Average output speed
C [N] = Dynamische Tragzahl	C [N] = Dynamic load rating
P_c [N] = Dynamische Äquivalentlast	P_c [N] = Dynamic equivalent load
f_w = Betriebsfaktor (Tabelle 500.5)	f_w = Operating factor (Table 500.5)

■ **Durchschnittliche Abtriebsgeschwindigkeit**

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

[Gleichung / Equation 500.4]

■ **Average Output Speed**

Tabelle / Table 500.5

Lastbedingungen / Load Conditions	f_w
Keine Stöße oder Schwingungen / No impact loads or vibrations	1 ... 1,2
Normale Belastung / Normal rotating, normal loads	1,2 ... 1,5
Stöße und/oder Schwingungen / Impact loads and/or vibrations	1,5 ... 3

■ Dynamische Äquivalentlast

■ Dynamic Equivalent Load

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

[Gleichung / Equation 501.1]

mit:

F_{rav} [N] = Radialkraft
 F_{aav} [N] = Axialkraft
 d_p [m] = Teilkreis
 x = Radialkraftfaktor (Gleichung 501.1)
 y = Axialkraftfaktor (Gleichung 501.1)
 M = Kippmoment

with:

F_{rav} [N] = Radial force
 F_{aav} [N] = Axial force
 d_p [m] = Pitch circle
 x = Radial load factor (Equation 501.1)
 y = Axial load factor (Equation 501.1)
 M = Tilting moment

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

[Gleichung / Equation 501.2]

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

[Gleichung / Equation 501.3]

Hinweis:

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

Please note:

F_{rx} represents the maximum radial force.
 F_{ax} represents the maximum axial force.
 t_p represents the pause time between cycles.

Tabelle / Table 501.4

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

Abb. / Fig. 501.5

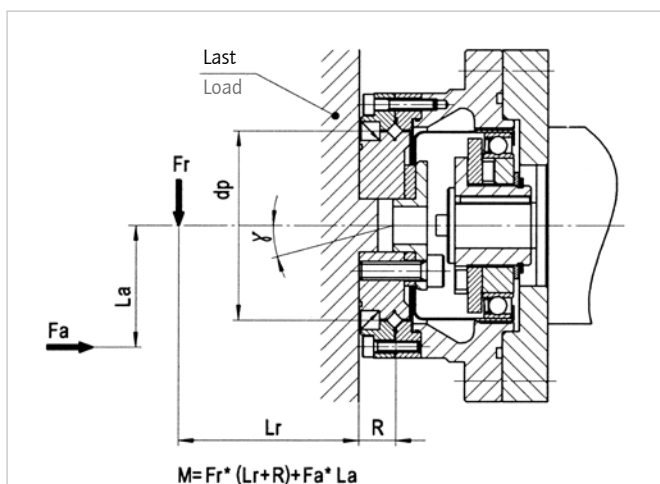
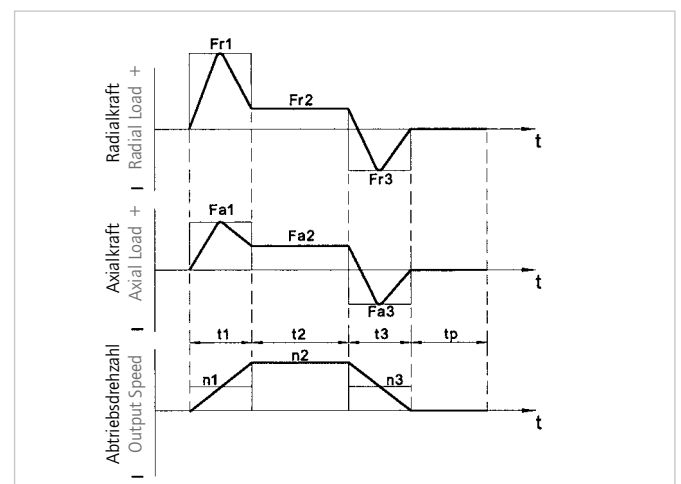


Abb. / Fig. 501.6



Zulässiges statisches Kippmoment

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

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

[Gleichung / Equation 502.1]

und so / and so

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

[Gleichung / Equation 502.2]

Permissible Static Tilting Moment

In case of static load, the bearing load capacity can be determined as follows:

f_s = Statischer Sicherheitsfaktor ($f_s = 1,5 \dots 3$) (Tabelle 502.3)	f_s = Static load safety factor ($f_s = 1.5 \dots 3$) (Table 502.3)
C_0 = Statische Tragzahl	C_0 = Static load rating
$F_r = F_a = 0$	$F_r = F_a = 0$
$x_0 = 1$	$x_0 = 1$
$y_0 = 0,44$	$y_0 = 0.44$
P_0 = Statische Äquivalentlast	P_0 = Static equivalent load
d_p = Teilkreisdurchmesser des Abtriebslagers	d_p = Pitch circle diameter of the output bearing

Tabelle / Table 502.3

Betriebsbedingungen des Lagers Rotation conditions of bearing	Unterer Grenzwert für f_s Lower limit value for f_s
Normal Normal	$\geq 1,5$
Schwingungen/Stöße Vibrations/Impacts	≥ 2
Hohe Übertragungsgenauigkeit High transmission accuracy	≥ 3

Kippwinkel

Der Auslenkungswinkel als Funktion des anliegenden Kippmomentes am Abtriebslager kann mit Gleichung 502.4 berechnet werden:

Angle of Tilt

The angle of tilt of the output flange as a function of the tilting moment acting on the output bearing, can be calculated by means of equation 502.4:

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

[Gleichung / Equation 502.4]

mit: γ [arcmin] = Auslenkungswinkel des Abtriebslagers M [Nm] = Anliegendes Kippmoment am Abtriebslager K_B [Nm/arcmin] = Kippsteifigkeit des Abtriebslagers	with: γ [arcmin] = Angle of inclination of the output flange M [Nm] = Tilting moment acting on the output bearing K_B [Nm/arcmin] = Moment stiffness of the output bearing
--	--

Projektierung mit Harmonic Planetengetrieben

Engineering Data for Harmonic Planetary Gearboxes

■ Lastfreies Anlauf-, Rückdreh- und Laufdrehmoment

■ No-Load Starting-, Back Driving- and Running Torque

Tabelle / Table 503.1

Baugröße Size	Untersetzung Ratio	Lastfreies Anlaufdrehmoment No load starting torque	Lastfreies Rückdrehmoment No load back driving torque	Lastfreies* Laufdrehmoment bei 3000 min-1 No load* running torque at 3000 rpm
		[Ncm]	[Nm]	[Ncm]
11	5	4,0	0,2	5
	9	3,7	0,3	2,5
	21	2,9	0,6	2
	37	2,0	0,8	1
	45	1,8	0,8	1
14	3	13,3	0,4	14
	5	8,6	0,4	10
	11	8,0	0,9	5
	15	7,4	1,1	3
	21	6,1	1,3	3
	33	4,4	1,5	2
20	45	3,9	1,8	2
	3	29	0,9	41
	5	19	0,9	28
	11	15	1,7	15
	15	12	1,8	11
	21	9,3	2,0	9
32	33	7,2	2,4	6
	45	6,6	2,9	5
	3	53	1,6	110
	5	33	1,7	72
	11	27	2,9	38
	15	25	3,7	29
50	21	22	4,7	23
	33	17	5,7	14
	45	16	7,3	14
	3	127	4	200
	5	80	4	130
	11	45	5	60
65	15	40	6	47
	21	38	8	40
	33	30	10	24
	45	28	13	20
	4	290	12	420
	5	240	12	360
65	12	125	15	190
	15	110	17	160
	20	95	19	130
	25	84	21	110

Alle Werte gelten bei einer Betriebstemperatur des Getriebes von +25 °C.

* Bei der Spielklasse BL1 erhöhen sich diese Werte um ca. 20%.

All values refer to a gear at an operating temperature of +25 °C.

* For Backlash Class BL1 the values increase app. 20%.

■ Wirkungsgrad

Die Wirkungsgradkurven sind Mittelwerte, die bei folgenden Bedingungen gelten:

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

■ Efficiency

The efficiency curves are mean values, which are valid for the following conditions:

Input Speed: $n = 3000 \text{ rpm}$
 Ambient Temperature: $25 \text{ }^\circ\text{C}$
 Lubrication: SK-2 Grease (Size 14, 20, 32)
 Epnoc Grease AP(N)2 (Size 11, 50, 65)
 Backlash Class: BL3 (for BL1 efficiency approx. 2% lower)

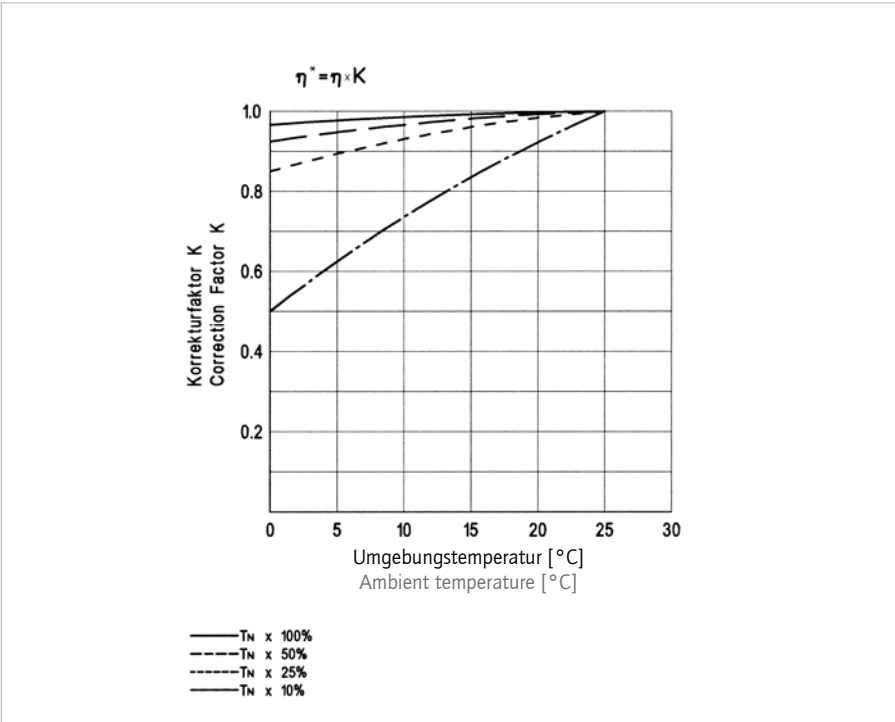
Bei Umgebungstemperaturen kleiner $25 \text{ }^\circ\text{C}$ wird der entsprechende Wirkungsgrad η_T mit Gleichung 504.1 bestimmt.

In case of an ambient temperature below $25 \text{ }^\circ\text{C}$ the efficiency η_T can be determined using equation 504.1.

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

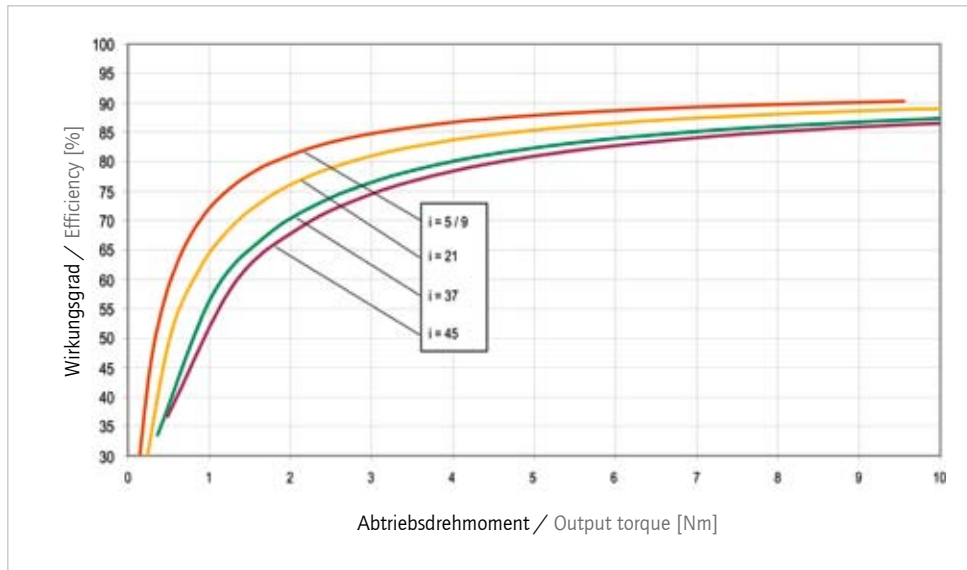
[Gleichung / Equation 504.1]

Abb. / Fig. 504.2



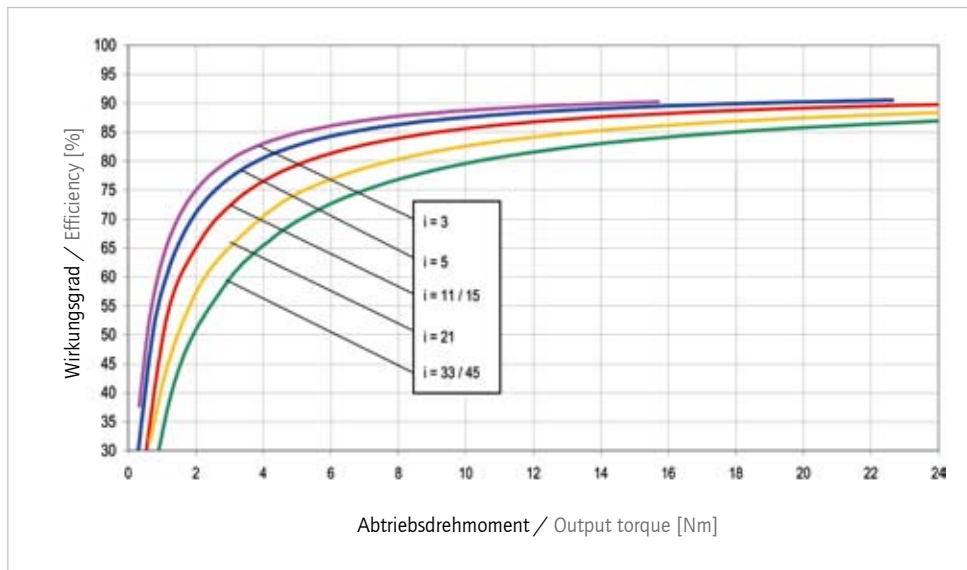
Baugröße / Size 11

Abb. / Fig. 505.1



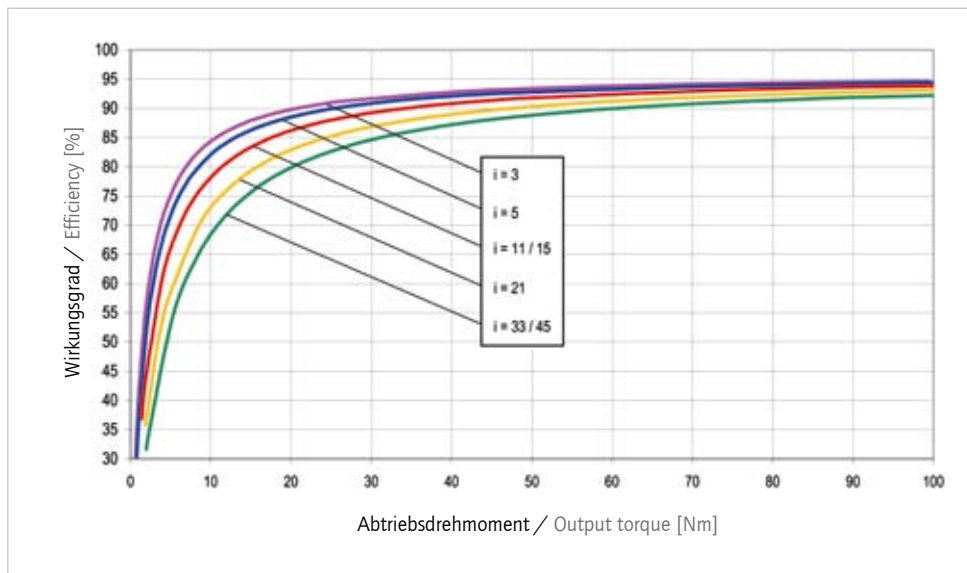
Baugröße / Size 14

Abb. / Fig. 505.2



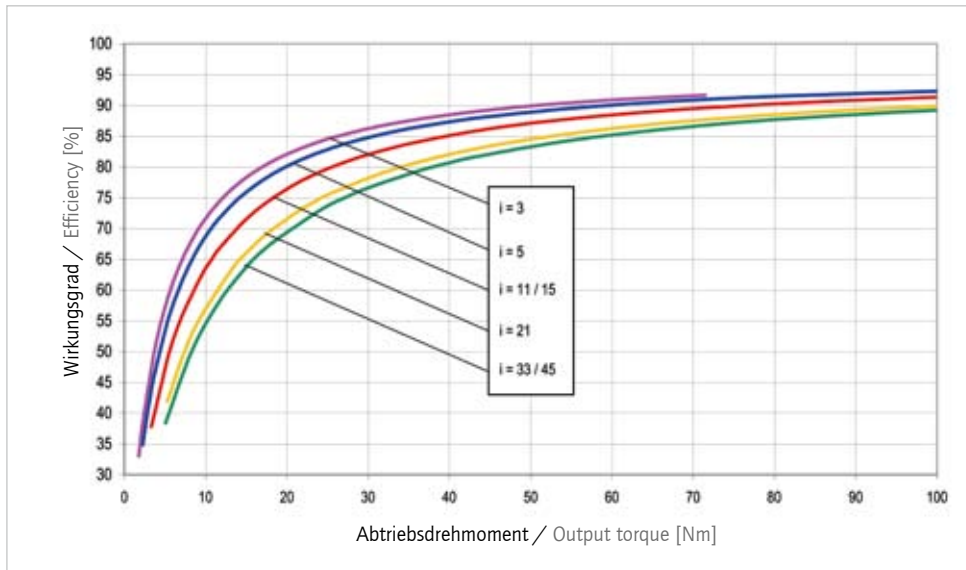
Baugröße / Size 20

Abb. / Fig. 505.3



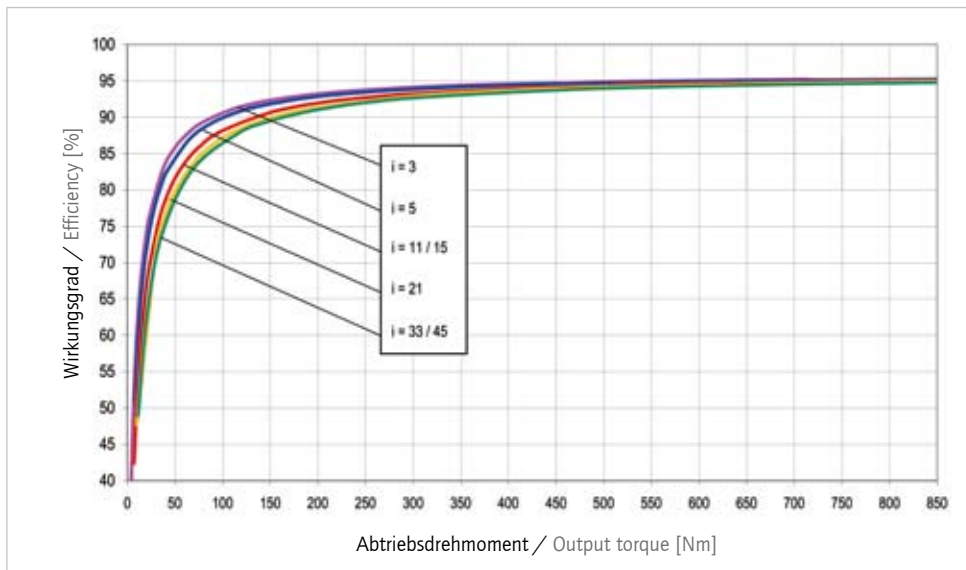
Baugröße / Size 32

Abb. / Fig. 506.1



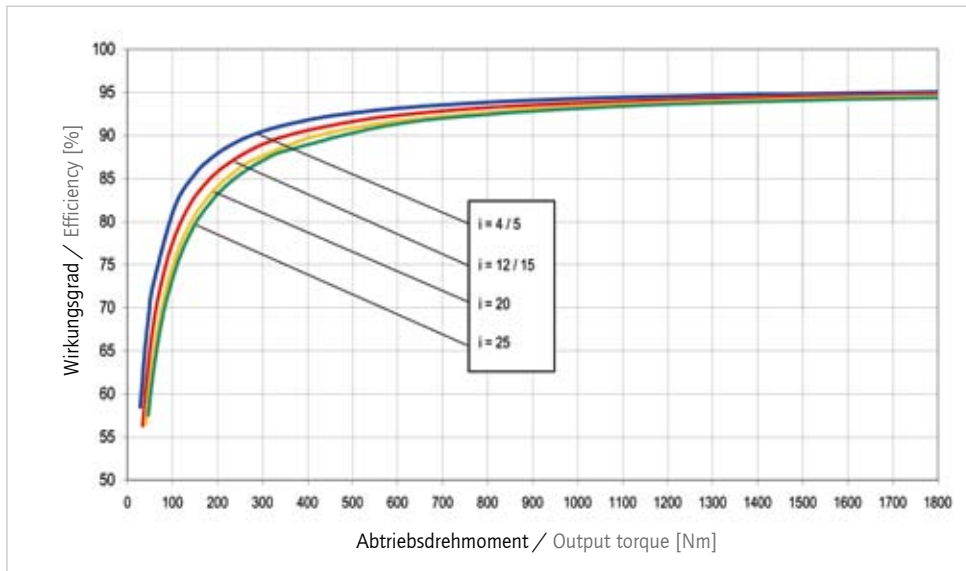
Baugröße / Size 50

Abb. / Fig. 506.2



Baugröße / Size 65

Abb. / Fig. 506.3



Projektion mit Harmonic Planetengetrieben

Engineering Data for Harmonic Planetary Gearboxes

Leistungsdaten der Abtriebslagerung

Die Planetengetriebe der Baureihe HPG sind abtriebsseitig mit einem hoch belastbaren Kreuzrollenlager ausgestattet. Dieses Lager ermöglicht die Aufnahme hoher Axial- und Radialkräfte sowie großer Kippmomente. Dadurch wird das Getriebe von äußeren Momenten frei gehalten, wodurch eine lange Lebensdauer und gleichbleibende Genauigkeit erreicht werden.

Für den Anwender bedeutet die Integration dieses Abtriebslagers eine im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen bemerkenswerte Reduzierung der Konstruktions- und Fertigungskosten, da zusätzliche Lagerstellen entfallen können. Auch die Montage des Getriebes und der Einbau werden stark vereinfacht. Die Leistungsdaten des Abtriebslagers sind in Tabelle 507.1 und Tabelle 507.2 angegeben.

Performance Data for the Output Bearing

HPG Planetary Gears incorporate a high stiffness cross roller bearing to support output loads. This specially developed bearing can withstand high axial and radial forces as well as high tilting moments. The reduction gear is thus protected from external loads, so ensuring a long service life and consistent performance.

The integration of an output bearing also serves to reduce subsequent design and production costs, by removing the need for additional output bearings in most applications. Furthermore, installation and assembly of the reduction gear is greatly simplified. Table 507.1 and table 507.2 lists ratings and important dimensions for the output bearings.

Tabelle / Table 507.1

Baugröße	Teilkreis	Abstand	Dynamische Tragzahl	Statische Tragzahl	Zulässiges dynamisches Kippmoment ¹⁾	Zulässiges statisches Kippmoment ²⁾	Kippsteifigkeit	Zulässige statische Axiallast ³⁾	Zulässige statische Radiallast ³⁾
Size	Pitch circle	Offset	Dynamic load rating	Static load rating	Permissible dynamic tilting moment ¹⁾	Permissible static tilting moment ²⁾	Tilting moment stiffness	Permissible static axial load ³⁾	Permissible static radial load ³⁾
	$\varnothing d_p$ [m]	R [mm]	C [N]	C_0 [N]	M [Nm]	M_0 [Nm]	K_B [Nm/arcmin]	F_a [N]	F_r [N]
11	0,0275	6	3116	4087	9,5	37	2,55	6192	2725
14	0,0405	11	5110	7060	32,3	95	8,8	10697	4707
20	0,0640	11,5	10600	17300	183	369	49	26212	11533
32	0,0850	14	20500	32800	452	929	123	49697	21867
50	0,1230	19	41600	76000	1076	3116	291	115152	50667
65	0,1700	23	90600	148000	3900	8387	1060	224242	98667

¹⁾ Die Daten gelten bei folgenden Bedingungen:
These values are valid for the following conditions:

Für
 $M: F_a = 0; F_r = 0$
 $F_a: M = 0; F_r = 0$
 $F_r: M = 0; F_a = 0$
 $n_{\text{Antrieb}} = 3000 \text{ min}^{-1}$
 $L_{10} = 20000 \text{ h}$
 $f_w = 1,5$

Tabelle / Table 507.2

Baugröße	Unter- setzung	Zulässige dynamische Axialkraft ¹⁾	Zulässige dynamische Radialkraft ¹⁾	Baugröße	Unter- setzung	Zulässige dynamische Axialkraft ¹⁾	Zulässige dynamische Radialkraft ¹⁾
Size	Ratio	Permissible dynamic axial load ¹⁾	Permissible dynamic radial load ¹⁾	Size	Ratio	Permissible dynamic axial load ¹⁾	Permissible dynamic radial load ¹⁾
		F_a [N]	F_r [N]			F_a [N]	F_r [N]
11	5	430	280	32	3	2430	1630
	9	510	340		5	2830	1900
	21	660	440		11	3590	2410
	37	780	520		15	3940	2640
	45	830	550		21	4360	2920
14	3	600	400	33	4990	3340	
	5	700	470	45	5480	3670	
	11	890	600	3	5570	3700	
	15	980	650	5	6490	4350	
	21	1080	720	11	8220	5500	
	33	1240	830	15	9030	6050	
	45	1360	910	21	9980	6690	
20	3	1250	840	33	11400	7660	
	5	1410	980	45	12500	8400	
	11	1850	1240	4	13200	8860	
	15	2030	1360	5	14100	9470	
	21	2250	1510	12	18300	12300	
	33	2580	1729	15	19600	13100	
	45	2830	1890	20	21400	14300	
				25	22900	15300	

For
 $M: F_a = 0; F_r = 0$
 $F_a: M = 0; F_r = 0$
 $F_r: M = 0; F_a = 0$
 $n_{\text{Input}} = 3000 \text{ rpm}$
 $L_{10} = 20000 \text{ h}$
 $f_w = 1,5$

²⁾³⁾ Diese Werte gelten für einen statischen Sicherheitsfaktor $f_s=1,5$. Für andere f_s siehe Seite 502.

These values correspond to a static safety factor $f_s=1,5$. For other values of f_s please refer to page 502.

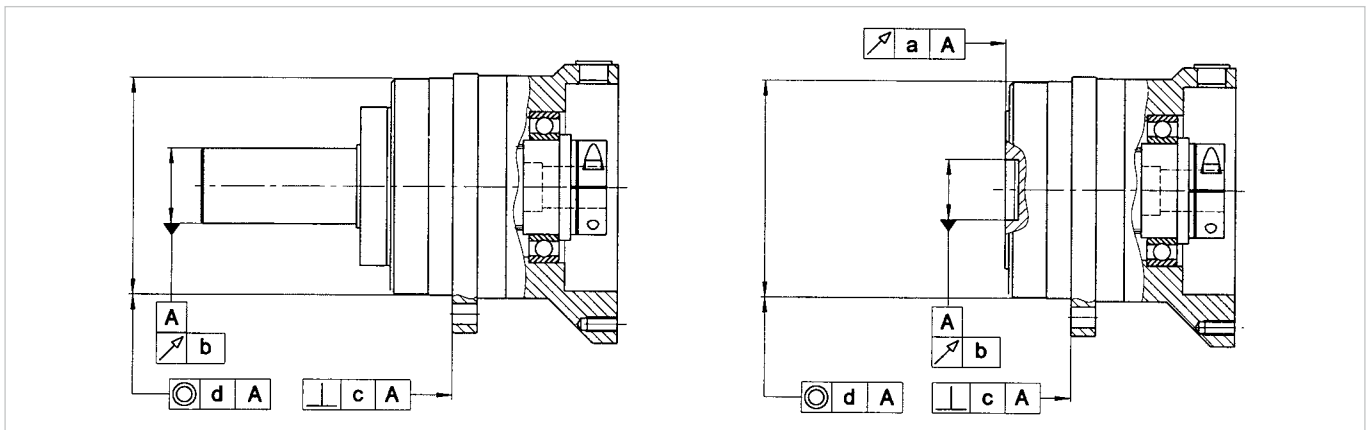
Toleranzen des Abtriebslagers

Output Bearing Tolerances

Tabelle / Table 508.1

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

Abb. / Fig. 508.2



Motoranbau

Motor Assembly

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

1. Drehen Sie die Kupplung auf der Antriebsseite so, dass der Schraubenkopf mit der Bohrung auf den Gummi- deckel ausgerichtet ist.
2. Setzen Sie den Motor vorsichtig in das Getriebe ein.
3. Fixieren Sie Motor und Getriebe durch Anziehen der Schrauben auf dem Flansch (siehe Tabelle 508.4).
4. Ziehen Sie die Schraube auf der antriebsseitigen Kupplung mit dem in Tabelle 508.5 angegebenen Drehmoment an.
5. Befestigen Sie zum Schluss den mitgelieferten Gummideckel.

To connect a motor to an HPG Series Gear please follow the following instructions:

1. Turn the coupling on the input side so that the head
2. Gently insert the motor into the gear.
3. Fix the motor and gear by tightening the bolts on the flange (see Table 508.4).
4. Fasten the bolt on the input coupling (see Table 508.5).
5. Finally, insert the rubber cap provided.

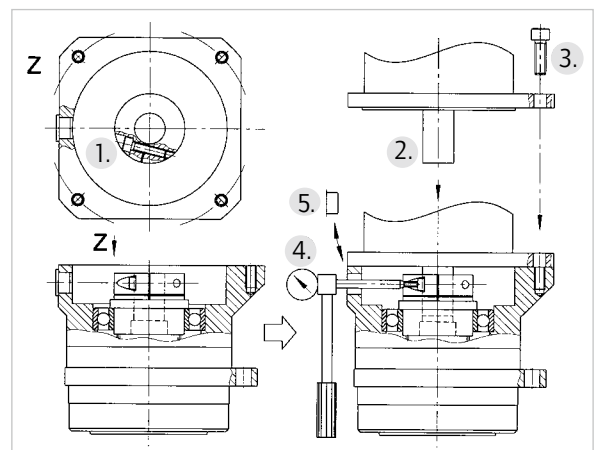
Tabelle / Table 508.4

Schraubengröße Bolt Size	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Anzugsmoment Tightening Torque [Nm]	0,73	1,28	3,0	5,9	10,1	24,6	48	84	133	206

Tabelle / Table 508.5

Schraubengröße Bolt Size	HPG 11A M3	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
Anzugsmoment Tightening Torque [Nm]	0,69	1,8	4,6	8,6	14,9	36,1	71	123

Abb. / Fig. 508.3



Motorwellen- und Flanschtoleranzen nach DIN 49255-N.
Motor shaft and flange should fulfill DIN 49255-N tolerances.

Montage des Gehäuses und des Abtriebsflansches

Montage des Gehäuses

Achten Sie bei der Montage des HPG-Getriebes auf ebene Montageflächen und darauf, dass kein Grat an den Gewindebohrungen vorhanden ist. Befestigen Sie den Flansch, indem Sie die Schrauben des Flanschsteiles anziehen (siehe Abb. 510.1).

Bei der Baugröße HPG-50 müssen die beigelegten Spezialscheiben zwischen Schraubenkopf und Getriebegehäuse montiert werden (siehe Abb. 510.2).

Assembly of the Housing and Output Flange

Assembly of the Housing

When installing the HPG in a machine, please ensure that the assembly surfaces are flat and the tapped holes are free of burrs. Fix the flange by tightening the bolts on the housing flange (see Fig. 510.1).

During the housing assembly for size HPG-50 it is necessary to use special washers between the screw head and housing (see Fig. 510.2).

Tabelle / Table 509.1

Baugröße Size		HPG-11A	HPG-14A	HPG-20A	HPG-32A	HPG-50A	HPG-65A
Schraubenanzahl Number of Bolts		4	4	4	4	4	4
Schraubengröße Bolt Size		M3	M5	M8	M10	M12	M16
Teilkreisdurchmesser Bolt pitch diameter	[mm]	46	70	105	135	190	260
Anzugsdrehmoment Tightening Torque	[Nm]	1,4	6,3	26,1	51,5	103	255
Übertragbares Drehmoment Torque transmitting capacity	[Nm]	26,3	110	428	868	2030	5180

Montage des Abtriebsflansches

Beachten Sie bei der Montage des Abtriebsflansches die Spezifikationen des Abtriebslager (siehe Seite 507).

Assembly of the Output Flange

When connecting the load to the output flange please respect the specifications for the output bearing given on page 507.

Tabelle / Table 509.2

Baugröße Size		HPG-11A	HPG-14A	HPG-20A	HPG-32A	HPG-50A	HPG-65A
Schraubenanzahl Number of Bolts		3	6	6	6	14	6
Schraubengröße Bolt Size		M4	M4	M6	M8	M8	M16
Teilkreisdurchmesser Bolt pitch diameter	[mm]	18	30	45	60	100	120
Anzugsdrehmoment Tightening Torque	[Nm]	4,5	4,5	15,3	37,2	37,2	319
Übertragbares Drehmoment Torque transmitting capacity	[Nm]	19	63	215	524	2036	4480

Hinweis:

Der Flansch ist abgedichtet gegen Ölleckage. Das Auftragen eines Dichtmittels ist daher nicht erforderlich.

Please note:

The flange is sealed against oil leakage. It is therefore not necessary to apply additional sealing liquid.

Abb. / Fig. 510.1

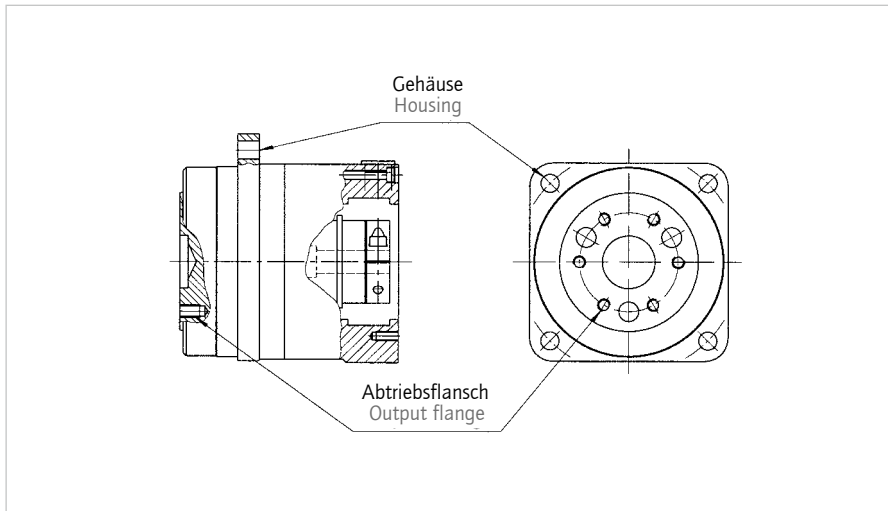
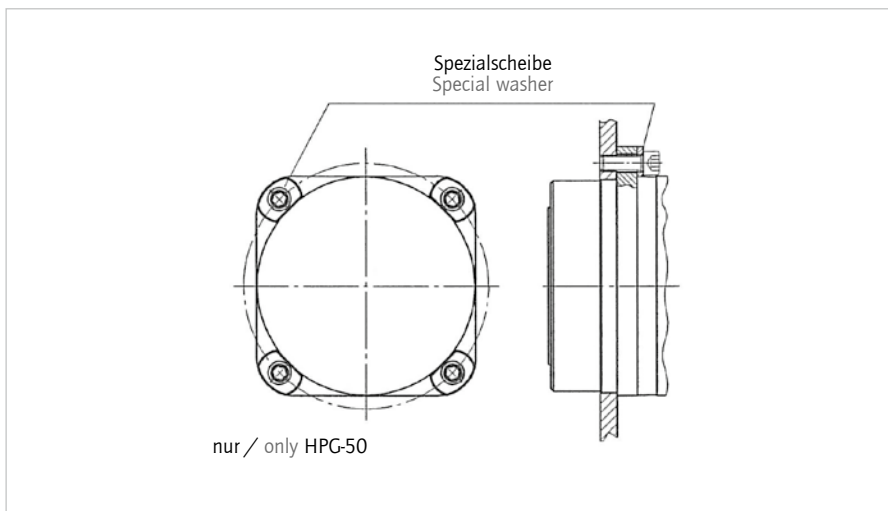


Abb. / Fig. 510.2



■ Schmierung

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

Verwendetes Schmiermittel:
 Harmonic Drive Fett SK-2 für Baugrößen 14, 20, 32 und
 Fett Epnoc Grease AP(N)2 für Baugröße 11, 50, 65.
 Das Abtriebslager ist ebenfalls Lebensdauer geschmiert.
 Schmiermittel: Multitemp HL-D Fett
 Umgebungstemperatur: -10 °C bis +40 °C
 Maximale Betriebstemperatur: + 80 °C

■ Lubrication

HPG Planetary Gears are delivered grease-packed. An additional grease lubrication is not necessary, either during assembly or during operation.

Applied lubricant: SK-2 grease (Sizes 14, 20, 32),
 Epnoc grease AP(N)2 (Sizes 11, 50, 65)
 The output bearing is also lifetime lubricated.
 Lubricant: Multitemp HL-D Grease
 Ambient temperature range: -10 °C up to +40 °C
 Maximum operating temperature: + 80 °C

