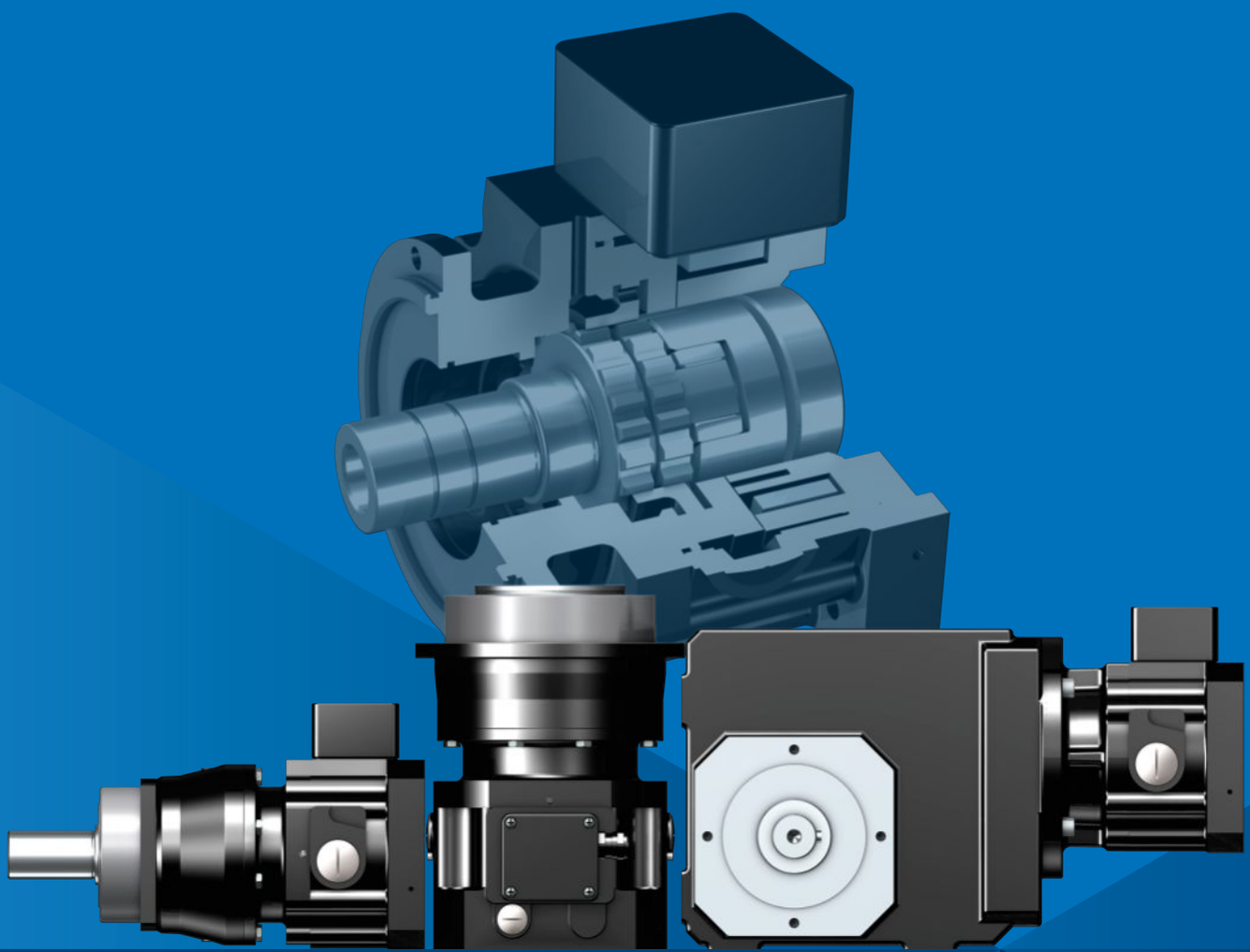


Schwerkraftbelastete Achsen im Gefährdungsbereich

Interne Antriebsauswahl

STÖBER

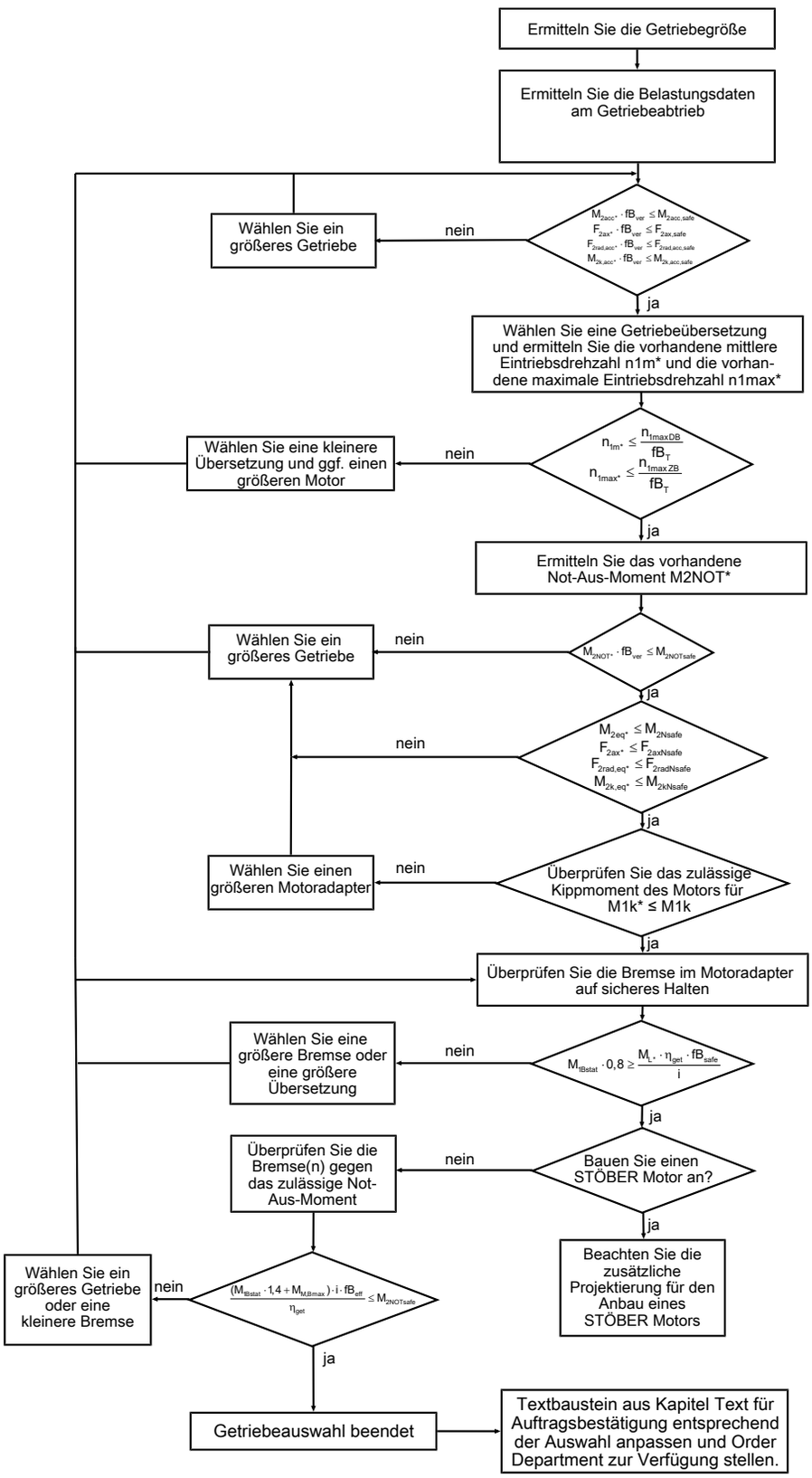
1 Informationen zu dieser Dokumentation

Diese Dokumentation unterstützt Sie bei der sicheren Antriebsauslegung von schwerkraftbelasteten Achsen im Gefährdungsbereich.

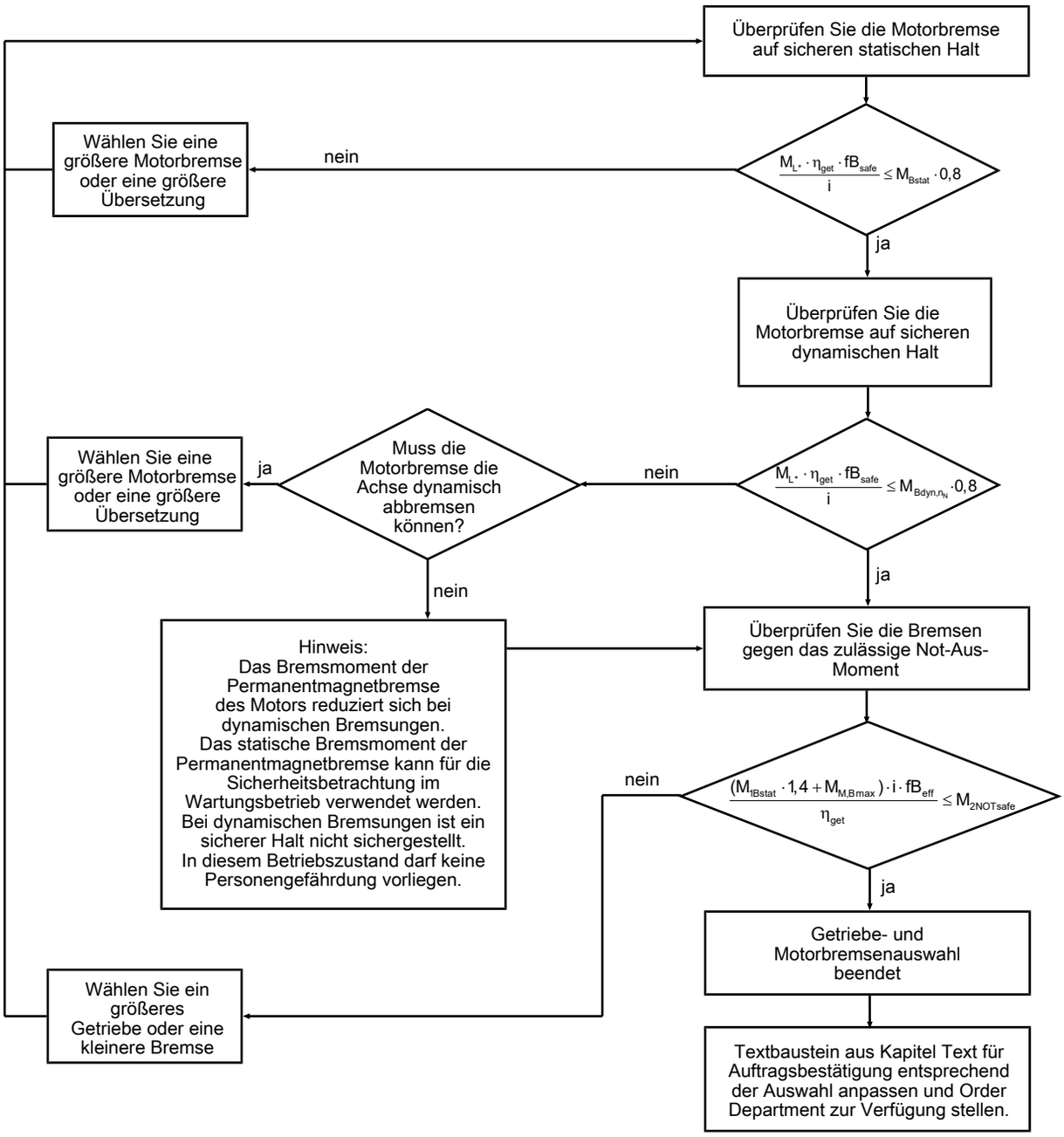
Die Antriebsauslegung bezieht sich auf die DIN EN ISO 16090-1:2019-12, Anhang G sowie die DGUV Fachbereich AKTUELL FBHM-005 (08/2021).

2 Antriebsauswahl

Die Formelzeichen für tatsächlich in der Anwendung vorhandene Werte sind mit einem * gekennzeichnet.



Zusätzliche Projektierung für den Anbau eines STÖBER Motors:



Entnehmen Sie die Werte für i, n_{1maxDB}, n_{1maxZB} und M_{1Bstat} den Auswahltabellen im jeweiligen Kapitel des Katalogs ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de.

Für den Anbau von Fremdmotoren: Entnehmen Sie die Werte für $M_{M,Bmax}$ dem Herstellerkatalog.

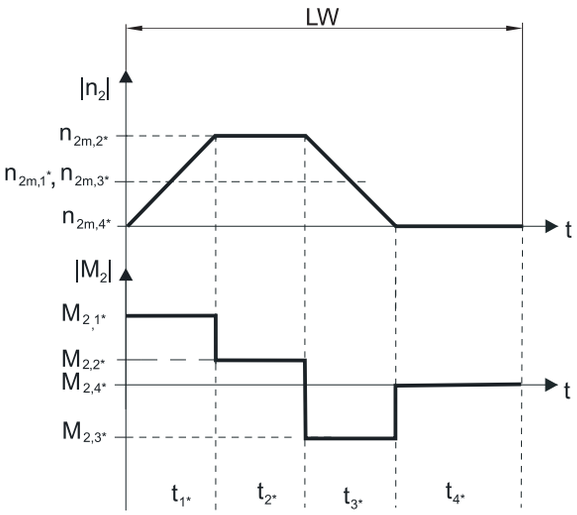
Für den Anbau von STÖBER Motoren: Entnehmen Sie die Werte für $M_{Bdyn,nN}$, $M_{M,Bmax}$ und M_{Bstat} der Tabelle Motorbremse.

Bei STÖBER Permanentmagnetbremsen gilt auf statische und dynamische Bremsmomente eine Toleranz von −20 % bis $M_{M,Bmax}$, bei STÖBER Federdruckbremsen +40 %, −20 %.

Entnehmen Sie die Werte für fB_T, fB_{safe}, fB_{ver} und fB_{eff} den jeweiligen Tabellen in diesem Kapitel.

Beispiel Zyklusbetrieb

Die nachfolgenden Berechnungen beziehen sich auf eine Darstellung der am Abtrieb abgenommenen Leistung gemäß folgendem Beispiel:



Berechnung des vorhandenen maximalen Beschleunigungsmoments

$$M_{2acc*} = J_{tot} \cdot \frac{\Delta n_2}{9{,}55 \cdot \Delta t} + M_{L*}$$

Berechnung der vorhandenen mittleren Eintriebsdrehzahl

$$n_{1m*} = n_{2m*} \cdot i$$

$$n_{2m*} = \frac{\left|n_{2m,1*}\right| \cdot t_{1*} + \ldots + \left|n_{2m,n*}\right| \cdot t_{n*}}{t_{1*} + \ldots + t_{n*}}$$

Wenn $t_{1*} + \ldots + t_{3*} \geq 6$ min, ermitteln Sie n_{2m*} ohne die Pause t_{4*}.

Entnehmen Sie die Werte für die Übersetzung i den Auswahltabellen.

Berechnung des vorhandenen Not-Aus-Moments

$$M_{2NOT*} = J_{tot} \cdot \frac{\Delta n_2}{9{,}55 \cdot \Delta t} + M_{L*}$$

Berechnung des vorhandenen äquivalenten Drehmoments

$$M_{2eq*} = \sqrt[3]{\frac{\left|n_{2m,1*}\right| \cdot t_{1*} \cdot \left|M_{2,1*}{}^{3}\right| + \ldots + \left|n_{2m,n*}\right| \cdot t_{n*} \cdot \left|M_{2,n*}{}^{3}\right|}{\left|n_{2m,1*}\right| \cdot t_{1*} + \ldots + \left|n_{2m,n*}\right| \cdot t_{n*}}}$$

Betriebsfaktoren

Temperatur		fB_T
Motorkühlung	**Umgebungstemperatur**	
Motor mit Fremdbelüftung	≤ 20 °C	0,9
	≤ 30 °C	1,0
	≤ 40 °C	1,15
Motor mit Konvektionskühlung	≤ 20 °C	1,0
	≤ 30 °C	1,1
	≤ 40 °C	1,25

Sicheres Halten	fB_{safe}
Sicherheitsrelevant + redundantes Bremssystem	≥ 1,00
Sicherheitsrelevant + 1 Bremse	≥ 1,30

Schwerkraftbelastete Achsen	fB_{ver}
Personengefährdung → nein	≥ 1,00
Personengefährdung → ja	≥ 2,00

Sicherheit Not-Aus	$fB_{NOTsafe}$
Planetengetriebe	0,6

Trägheitsverhältnis	fB_{eff}				
Belastungsgrad	**λ 0,5**	**λ 1**	**λ 2**	**λ 5**	**λ 10**
90	0,92	0,95	0,96	0,98	0,99
75	0,83	0,87	0,91	0,95	0,97
50	0,66	0,75	0,83	0,91	0,95
0	0,33	0,50	0,66	0,83	0,90

$$\text{Belastungsgrad} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(M_{1Bstat} + M_{M,Bmax^*}) - \frac{M_L \cdot \eta}{i}}{(M_{1Bstat} + M_{M,Bmax^*})}\right)$$

$$\lambda = \frac{J_L}{i^2 \cdot J_1}$$

Motorbremse						
Motortyp	M_{Bstat} [Nm]	$M_{Bdyn,nN}$ [Nm] 2000 min^{-1}	$M_{Bdyn,nN}$ [Nm] 3000 min^{-1}	$M_{Bdyn,nN}$ [Nm] 4000 min^{-1}	$M_{Bdyn,nN}$ [Nm] 5000 min^{-1}	$M_{M,Bmax}$ [Nm]
EZ202	1,2	–	1,1	–	0,8	3,5
EZ203	1,2	–	1,1	–	0,8	3,5
EZ301	2,5	–	2,5	–	2,3	7,0
EZ302	4,0	–	3,05	–	2,65	7,5
EZ303	4,0	–	3,05	–	2,65	7,5
EZ401	4,0	–	3,05	–	2,65	7,5
EZ402	8,0	–	7,0	–	5,0	14,0
EZ404	8,0	–	7,0	–	5,0	14,0
EZ501	8,0	–	7,0	–	5,0	14,0
EZ502	8,0	–	7,0	–	5,0	14,0
EZ503	15,0	–	12,0	–	8,8	26,0
EZ505	15,0	–	12,0	–	8,8	26,0
EZ701	15,0	–	12,0	–	8,8	26,0
EZ702	15,0	–	12,0	–	8,8	26,0
EZ703	32,0	–	15,9	–	14,0	52,0
EZ705	32,0	–	15,9	–	14,0	52,0
EZ802	65,0	35,0	–	31,0	–	100
EZ803/EZ813	65,0	35,0	–	31,0	–	100
EZ805/EZ815	115	61,0	–	45,0	–	200

Bestimmung der zulässigen Drehmomente

Berechnung des zulässigen maximalen Beschleunigungsmoments

$$M_{2acc,safe} = MIN(M_{2verz,sf};M_{2verz,sh};M_{2la,stat};M_{2acc})$$

$M_{2verz,sf}$ bei Sicherheitsfaktor Fuß ≥ 1,1

$M_{2verz,sh}$ bei Sicherheitsfaktor Grübchen ≥ 1,03

$M_{2la,stat}$ bei statischer Tragfähigkeit ≥ 1,5 (bei Kugellager) und ≥ 2 (bei Rollenlager)

Entnehmen Sie die Werte für $M_{2verz,sf}$, $M_{2verz,sh}$ und $M_{2la,stat}$ der EASY-Workbench.

Entnehmen Sie die Werte für M_{2acc} dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de. Der Wert M_{2acc} beinhaltet auch die Welle-Nabe-Verbindung.

Berechnen Sie die Werte mit dem maximal auftretenden Moment und der mittleren Drehzahl.

Berechnung des zulässigen Nennmoments

$$M_{2Nsafe} = MIN(M_{2L10h};M_{2N})$$

M_{2L10h} Lagerlebensdauer ≥ 20000 Stunden (bei einfacher Gewichtskraft und n1m*).

Entnehmen Sie die Werte für M_{2L10h} der EASY-Workbench.

Entnehmen Sie die Werte für M_{2N} dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de. Der Wert M_{2N} beinhaltet auch die Welle-Nabe-Verbindung.

Berechnung des zulässigen Not-Aus-Moments für P, PH, PHQ

$$M_{2NOTsafe} = MIN(2xM_{2acc,safe};M_{2NOT} \cdot 0,9;M_{2zap} \cdot fB_{NOTsafe})$$

Berechnung des zulässigen Not-Aus-Moments für C, F, K, S, PK, PHK, PHQK

$$M_{2NOTsafe} = MIN(2xM_{2acc,safe};M_{2NOT} \cdot 0,9)$$

Entnehmen Sie den Wert für M_{2zap} (nur für Planetengetriebe erforderlich) der EASY-Workbench.

Entnehmen Sie den Wert für $fB_{NOTsafe}$ der Tabellle Sicherheit Not-Aus in diesem Kapitel.

Entnehmen Sie den Wert für M_{2NOT} dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de. Der Wert M_{2NOT} beinhaltet auch die Welle-Nabe-Verbindung.

Bestimmung der zulässigen Kräfte

Berechnung der zulässigen Beschleunigungsradialkraft

$F_{2rad,acc,safe}$ = MIN($F_{2rad,acc}$; $F_{2rad,la,stat}$)

$F_{2rad,acc}$ bei Sicherheitsfaktor Welle ≥ 1,1

$F_{2rad,la,stat}$ bei statischer Tragfähigkeit ≥ 1,5 (bei Kugellager) und ≥ 2 (bei Rollenlager)

Entnehmen Sie den Wert für $F_{2rad,acc}$ dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de.

Entnehmen Sie den Wert für $F_{2rad,la,stat}$ der EASY-Workbench.

Berechnung der zulässigen Axialkraft

$F_{2ax,safe}$ = MIN(F_{2ax100} bzw. F_{2ax20}; $F_{2ax,la,stat}$)

$F_{2ax,la,stat}$ bei statischer Tragfähigkeit ≥ 1,5 (bei Kugellager) und ≥ 2 (bei Rollenlager)

Entnehmen Sie die Werte für F_{2ax100} bzw. F_{2ax20} dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de.

Entnehmen Sie die Werte für $F_{2ax,la,stat}$ der EASY-Workbench.

Berechnung des zulässigen Kippmoments

$M_{2k,acc,safe} = MIN(M_{2k,acc}; M_{2la,stat})$

$M_{2k,acc}$ bei Sicherheitsfaktor Welle ≥ 1,1

$M_{2la,stat}$ bei statischer Tragfähigkeit ≥ 1,5 (bei Kugellager) und ≥ 2 (bei Rollenlager)

Entnehmen Sie den Wert für $M_{2k,acc}$ dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de.

Entnehmen Sie den Wert für $M_{2la,stat}$ der EASY-Workbench.

Berechnung der zulässigen Nennradialkraft

$F_{2radNsafe} = MIN(F_{2rad,acc,safe}; F_{2radL10h})$

$F_{2radL10h}$ Lagerlebensdauer ≥ 20000 Stunden (bei einfacher Gewichtskraft und n_{1m*}).

Entnehmen Sie den Wert für $F_{2radL10h}$ der EASY-Workbench.

Nennkraft darf nicht größer sein als Beschleunigungskraft $F_{2radN,safe} \leq F_{2rad,acc,safe}$

Berechnung der zulässigen Nennaxialkraft

$F_{2axNsafe} = MIN(F_{2axN}; F_{2axL10h})$

$F_{2axL10h}$ Lagerlebensdauer ≥ 20000 Stunden (bei einfacher Gewichtskraft und n_{1m*}).

Entnehmen Sie den Wert für F_{2axN} dem Katalog ServoStop Servogetriebe mit Bremse ID 443234_de.

Entnehmen Sie den Wert für $F_{2axL10h}$ der EASY-Workbench.

Nennkraft darf nicht größer sein als die zulässige Axialkraft $F_{2axNsafe} \leq F_{2ax,safe}$

Berechnung des zulässigen Nennkippmoments

$M_{2kNsafe} = MIN(M_{2k,acc,safe}; M_{2kL10h})$

M_{2kL10h} Lagerlebensdauer ≥ 20000 Stunden (bei einfacher Gewichtskraft und n_{1m*}).

Entnehmen Sie den Wert für M_{2kL10h} der EASY-Workbench.

Nennkippmoment darf nicht größer sein als Beschleunigungskippmoment $M_{2kNsafe} \leq M_{2k,acc,safe}$

3 Texte für Auftragsbestätigung

Beispiel schwerkraftbelastete Achse mit Radialkraft/Zahnrad:

Maximal zulässige Belastungsdaten für einfache Gewichtskraft:

Max. zulässiges Beschleunigungsmoment am Getriebeabtrieb M_{2acc} = 231 Nm

Nenndrehmoment am Getriebeabtrieb (bezogen auf n_{1N}) M_{2N} = 182 Nm

Gewichtskraft = 10010 N (9,81m/s^2 x 1000kg/0,98)

Abstand des Kraftangriffspunktes x2 = 70 mm

Kundenritzel Teilkreis = 150 mm

Kundenritzel Schrägungswinkel = 0°

Das Getriebe ist für statische und dynamische Belastung bei 2-facher Gewichtskraft ausgelegt.

Beispiel schwerkraftbelastete Achse ohne Radialkraft:

Maximal zulässige Belastungsdaten für einfache Gewichtskraft:

Max. zulässiges Beschleunigungsmoment am Getriebeabtrieb M_{2acc} = 231 Nm

Nenndrehmoment am Getriebeabtrieb (bezogen auf n_{1N}) M_{2N} = 182 Nm

Gewichtskraft = 10010 N (9,81m/s^2 x 1000kg/0,98)

Keine Radial- oder Axialkräfte zulässig.

Das Getriebe ist für statische und dynamische Belastung bei 2-facher Gewichtskraft ausgelegt.

Text für Spezialfall: Bedingung "Überprüfen Sie die Bremsen gegen das zulässige Not-Aus-Moment" ist nicht erfüllt

Im Not-Aus-Fall: Maschine ist stromlos.

Zum Schutz des Getriebes muss schaltungstechnisch sichergestellt werden, dass nicht beide Bremsen gleichzeitig einfallen.

Schaltungsfolge: Die Bremse im Motoradapter muss als erstes einfallen. Die Motorbremse muss zeitverzögert (500 ms) einfallen.

Text bei Nichterreichen des erforderlichen dynamischen Bremsmoments $M_{Bdyn,nN}$:

Das Bremsmoment der Permanentmagnetbremse des Motors reduziert sich bei dynamischen Bremsungen. Das statische Bremsmoment der Permanentmagnetbremse kann für die Sicherheitsbetrachtung im Wartungsbetrieb verwendet werden. Bei dynamischen Bremsungen ist ein sicherer Halt nicht sichergestellt. In diesem Betriebszustand darf keine Personengefährdung vorliegen.

4 Formelzeichen

Die Formelzeichen für tatsächlich in der Anwendung vorhandene Werte sind mit einem * gekennzeichnet.

Formelzeichen	Einheit	Erklärung
Δn_2	min^{-1}	Drehzahldifferenz am Abtrieb
Δt	s	Zeitspanne
η	%	Wirkungsgrad
η_{get}	%	Wirkungsgrad des Getriebes bei Nenndrehmoment
F_{2ax*}	N	Vorhandene Axialkraft am Getriebeabtrieb
$F_{2ax,la,stat}$	N	Axialkraft für definierte statische Lagertragfähigkeit am Getriebeabtrieb
$F_{2ax,safe}$	N	Zulässige Axialkraft am Getriebeabtrieb für schwerkraftbelastete Achsen
F_{2ax100}	N	Zulässige Axialkraft am Getriebeabtrieb für $n_{2m*} \leq 100\ min^{-1}$ (ohne Radialkraft)
F_{2ax20}	N	Zulässige Axialkraft am Getriebeabtrieb für $n_{2m*} \leq 20\ min^{-1}$ (ohne Radialkraft)
$F_{2axL10h}$	N	Axialkraft für definierte Lagerlebensdauer am Getriebeabtrieb
F_{2axN}	N	Zulässige Nennaxialkraft am Getriebeabtrieb (ohne Radialkraft)
$F_{2axNsafe}$	N	Zulässige Nennaxialkraft am Getriebeabtrieb (ohne Radialkraft) für schwerkraftbelastete Achsen
$F_{2rad,acc}$	N	Zulässige Beschleunigungsradialkraft am Getriebeabtrieb
$F_{2rad,acc*}$	N	Vorhandene Beschleunigungsradialkraft am Getriebeabtrieb
$F_{2rad,acc,safe}$	N	Zulässige Beschleunigungsradialkraft am Getriebeabtrieb für schwerkraftbelastete Achsen
$F_{2rad,eq*}$	N	Vorhandene äquivalente Radialkraft am Getriebeabtrieb
$F_{2rad,la,stat}$	N	Radialkraft für definierte statische Lagertragfähigkeit am Getriebeabtrieb
$F_{2radL10h}$	N	Radialkraft für definierte Lagerlebensdauer am Getriebeabtrieb
$F_{2radNsafe}$	N	Zulässige Nennradialkraft am Getriebeabtrieb für schwerkraftbelastete Achsen
fB_{eff}	–	Betriebsfaktor Trägheitsverhältnis
$fB_{NOTsafe}$	–	Betriebsfaktor Sicherheit Not-Aus
fB_{safe}	–	Betriebsfaktor Sicheres Halten
fB_T	–	Betriebsfaktor Temperatur
fB_{ver}	–	Betriebsfaktor schwerkraftbelastete Achsen
i	–	Getriebeübersetzung
J_1	$kgcm^2$	Massenträgheitsmoment bezogen auf den Getriebeeintrieb
J_L	$kgcm^2$	Massenträgheitsmoment Last
J_{tot}	kgm^2	Gesamt-Massenträgheitsmoment (bezogen auf die Motorwelle)
λ	–	Leistungsfaktor
LW	–	Lastwechsel: Ein Lastwechsel (LW) entspricht einer Beschleunigung und einer Verzögerung.
M_{1Bstat}	Nm	Statisches Bremsmoment der Bremse im Motoradapter (Toleranz +40 %, −20 %)
M_{1k}	Nm	Zulässiges Kippmoment am Getriebeeintrieb
M_{1k*}	Nm	Vorhandenes Kippmoment am Getriebeeintrieb
$\lvert M_2 \rvert$	Nm	Betrag des Drehmoments am Abtrieb
$M_{2,1*} – M_{2,4*}$	Nm	Vorhandenes Drehmoment im jeweiligen Zeitabschnitt (1 bis 4)
M_{2acc}	Nm	Maximal zulässiges Beschleunigungsmoment am Getriebeabtrieb
M_{2acc*}	Nm	Vorhandenes Beschleunigungsmoment am Getriebeabtrieb
$M_{2acc,safe}$	Nm	Maximal zulässiges Beschleunigungsmoment am Getriebeabtrieb für schwerkraftbelastete Achsen
M_{2eq*}	Nm	Vorhandenes äquivalentes Drehmoment am Getriebeabtrieb
$M_{2k,acc}$	Nm	Zulässiges Beschleunigungskippmoment am Getriebeabtrieb
$M_{2k,acc*}$	Nm	Vorhandenes Beschleunigungskippmoment am Getriebeabtrieb
$M_{2k,acc,safe}$	Nm	Zulässiges Beschleunigungskippmoment am Getriebeabtrieb für schwerkraftbelastete Achsen
$M_{2k,eq*}$	Nm	Vorhandenes äquivalentes Kippmoment am Getriebeabtrieb
M_{2kL10h}	Nm	Kippmoment für definierte Lagerlebensdauer am Getriebeabtrieb
$M_{2kNsafe}$	Nm	Zulässiges Nennkippmoment am Getriebeabtrieb für schwerkraftbelastete Achsen
M_{2L10h}	Nm	Drehmoment für definierte Lagerlebensdauer am Getriebeabtrieb
$M_{2,n*}$	Nm	Vorhandenes Drehmoment im n-ten Zeitabschnitt
M_{2N}	Nm	Nenndrehmoment am Getriebeabtrieb (bezogen auf n_{1N})
M_{2NOT}	Nm	Not-Aus-Moment des Getriebes am Getriebeabtrieb für max. 1000 Lastwechsel
M_{2NOT*}	Nm	Vorhandenes Not-Aus-Moment des Getriebes am Getriebeabtrieb
$M_{2NOTsafe}$	Nm	Not-Aus-Moment des Getriebes am Getriebeabtrieb für max. 1000 Lastwechsel für schwerkraftbelastete Achsen
M_{2Nsafe}	Nm	Nenndrehmoment am Getriebeabtrieb (bezogen auf n_{1N}) für schwerkraftbelastete Achsen
$M_{2la,stat}$	Nm	Drehmoment für definierte statische Lagertragfähigkeit am Getriebeabtrieb

Formelzeichen	Einheit	Erklärung
$M_{2verz,sf}$	Nm	Drehmoment für definierten Sicherheitsfaktor Fuß am Getriebeabtrieb
$M_{2verz,sh}$	Nm	Drehmoment für definierten Sicherheitsfaktor Grübchen am Getriebeabtrieb
M_{2zap}	Nm	Zapfenmoment am Getriebeabtrieb
$M_{Bdyn,nN}$	Nm	Dynamisches Bremsmoment bei 100 °C und Nenndrehzahl
M_{Bstat}	Nm	Statisches Bremsmoment der Motorbremse bei 100 °C
M_L	Nm	Lastmoment
M_{L*}	Nm	Vorhandenes Lastmoment
$M_{M,Bmax*}$	Nm	Vorhandenes maximales Motorbremsmoment für das Getriebe bei redundanten Bremssystemen einschließlich etwaiger Toleranzen des Bremsmoments
n_{1m*}	min^{-1}	Vorhandene mittlere Eintriebsdrehzahl
n_{1max*}	min^{-1}	Vorhandene maximale Eintriebsdrehzahl
n_{1maxDB}	min^{-1}	Maximal zulässige Eintriebsdrehzahl des Getriebes im Dauerbetrieb
		(bei Umgebungstemperatur 20 °C)
n_{1maxZB}	min^{-1}	Maximal zulässige Eintriebsdrehzahl des Getriebes im Zyklusbetrieb
		(bei Umgebungstemperatur 20 °C)
$\lvert n_2 \rvert$	min^{-1}	Betrag der Abtriebsdrehzahl
n_{2m*}	min^{-1}	Vorhandene mittlere Abtriebsdrehzahl
$n_{2m,1*} - n_{2m,4*}$	min^{-1}	Vorhandene mittlere Abtriebsdrehzahl im jeweiligen Zeitabschnitt (1 bis 4)
$n_{2m,n*}$	min^{-1}	Vorhandene mittlere Abtriebsdrehzahl im n-ten Zeitabschnitt
t	s	Zeit
$t_{1*} - t_{4*}$	s	Dauer des jeweiligen Zeitabschnitts (1 bis 4)
t_{n*}	s	Dauer des n-ten Zeitabschnitts



ID 443260_de.02 11/2026

Technische Änderungen vorbehalten

STÖBER Antriebstechnik GmbH + Co. KG
Kieselbronner Straße 12
75177 Pforzheim
Deutschland
Tel. +49 7231 582-0
mail@stoeber.de
www.stober.com

Service-Hotline
+49 7231 582-3000

Copyright © STÖBER 2021
Alle Rechte vorbehalten.

STÖBER