



4 Projektierung des Antriebs

4.1 Daten zur Antriebs- und Getriebeauslegung

Damit die Komponenten für Ihren Antrieb eindeutig festgelegt werden können, müssen bestimmte Daten der Applikation bekannt sein. Eine Zusammenfassung der in der Projektierung verwendeten Kurzzeichen finden Sie in der folgenden Tabelle:

Bezeichnung	Bedeutung	Einheit
ϕ	Verdrehspiel	·
η	Wirkungsgrad Getriebe bei M_{apk}	
a, b, f	Getriebekonstanten bzgl. der Querkraftumrechnung	mm
c	Getriebekonstanten bzgl. der Querkraftumrechnung	Nmm
a₀, a₁, a₂	Getriebekonstanten bzgl. der Getriebeerwärmung	
F_A	Axialkraft (Zug und Druck) an der Abtriebswelle	N
f_k	Drehzahlverhältnis	
F_R	Vorhandene Querkraft an der Abtriebswelle	N
F_{Rapk}	Maximal zulässige Querkraft an der abtreibenden Welle bei Kurzzeitbetrieb (Last-Angriffspunkt Mitte Wellenende)	N
F_{Ramax}	Maximal zulässige Querkraft an der abtreibenden Welle bei Dauerbetrieb (Last-Angriffspunkt Mitte Wellenende)	N
F_{Repk}	Maximal zulässige Querkraft an der eintreibenden Welle bei Kurzzeitbetrieb (Last-Angriffspunkt Mitte Wellenende)	N
F_{Remax}	Maximal zulässige Querkraft an der eintreibenden Welle im Dauerbetrieb (Last-Angriffspunkt Mitte Wellenende)	N
H	Aufstellungshöhe	m ü. NN
I₀	Stromaufnahme des Motors bei M_0	A
I_{max}	Maximal zulässiger Motorstrom (Effektivwert)	A
Ins.Cl.	Wärmeklasse des Motors	
i	Getriebeübersetzung	
IM	Bauform Getriebe (international mounting position) M1 – M6	
IP..	Schutzart nach IEC60034-5	
J_A	Massenträgheitsmoment des Adapters	kgm ²
J_G	Massenträgheitsmoment des Getriebes bezogen auf die eintreibende Welle	kgm ²
J_{GA}	Massenträgheitsmoment des Getriebes inklusive des Adapters bezogen auf die eintreibende Welle	kgm ²
J_{ext}	Massenträgheitsmoment (extern) reduziert auf die Motorwelle	kgm ²
J_{Mot}	Massenträgheitsmoment des Motors	kgm ²
J_L	Massenträgheitsmoment der Last	kgm ²
k	Massenträgheitsverhältnis J_{ext} / J_{Mot}	
l	Länge abtreibende Welle	mm
M₁ – M_n	Abtriebsmoment im Zeitabschnitt t_1 bis t_n	Nm
M₀	Thermisch zul. Abtriebsmoment des Motors im Dauerbetrieb bei kleiner Drehzahl (nicht zu verwechseln mit Stillstandsmoment)	Nm

Tabelle wird auf der Folgeseite fortgesetzt.



Projektierung des Antriebs

Daten zur Antriebs- und Getriebeauslegung

Bezeichnung	Bedeutung	Einheit
M_a^{DYN}	Dynamisches Abtriebsmoment des zu projektierenden Antriebs	Nm
$M_{a\text{eff}}$	Aus der Projektierung errechnetes effektives Drehmoment für Bauteilprüfung	Nm
M_{akub}	Aus der Projektierung errechnetes effektives Drehmoment für Lagerprüfung	Nm
M_{amax}	Maximales zul. abtreibendes Drehmoment bei Dauerbetrieb	Nm
M_{apk}	Maximal zulässiges, abtreibendes Drehmoment im Kurzzeitbetrieb	Nm
$M_{aNOTAUS}$	Maximal zulässiges, abtreibendes Not-Aus-Moment, maximal 1000 Not-Aus-Schaltungen	Nm
M_{ath}	Aus der Projektierung errechnetes effektives Drehmoment für Thermikprüfung	Nm
M_B	Nenn Drehmoment Bremse	Nm
M_{pk}	Dynamisches Grenzdrehmoment des Servomotors	Nm
M_{eff}	effektiver Drehmomentbedarf (bezogen auf den Motor)	Nm
M_{max}	Maximales Abtriebs-Drehmoment des zu projektierenden Antriebs	Nm
ML	Mounting location, Montagestandort (UL)	
n_{apk}	Maximal zulässige abtreibende Drehzahl bei Kurzzeitbetrieb	1/min
n_{epk}	Maximal zulässige eintreibende Drehzahl bei Kurzzeitbetrieb	1/min
n_{em}	Mittlere eintreibende Drehzahl	1/min
n_{am}	Mittlere abtreibende Drehzahl	1/min
n_{ak}	Knickdrehzahl abtreibend	1/min
n_N	Nenn Drehzahl	1/min
$n_1 - n_n$	Abtriebsdrehzahl im Zeitabschnitt t_1 bis t_n	1/min
$n_{\text{etn_pk}}$	Maximal eintreibende Drehzahl im Zeitabschnitt n	1/min
P_{Br}	Bremsleistung	W
P_{Br_pk}	Spitzenbremsleistung	W
P_{Br_eff}	Effektive Bremsleistung	W
P_{Br_tn}	Bremsleistung im Zeitabschnitt t_n	W
$S_{.., ..\%ED}$	Betriebsart und relative Einschaltdauer ED in %, ersatzweise kann auch das genaue Belastungsspiel angegeben werden	
$t_1 - t_n$	Zeitabschnitt 1 bis n	s
t_z	Zykluszeit	s
T_{Amb}	Umgebungstemperatur	°C
U_{sys}	Systemspannung, Spannung des speisenden Umrichters	V
U_{Br}	Betriebsspannung der Bremse	V
x	Abstand des Querkraftangriffs vom Wellenbund	mm
$F_{R\text{max}}$	Errechnete Hilfsgröße	
$F_{R\text{kub}}$	Errechnete Hilfsgröße	



4.1.1 Ermittlung der Applikationsdaten

Zur Auslegung des Antriebs werden die Daten der anzutreibenden Maschine (Masse, Drehzahl, Stellbereich usw.) benötigt.

Mit diesen Daten werden die erforderliche Leistung, das Drehmoment und die Drehzahl bestimmt. Hilfestellung gibt die SEW-Druckschrift "Praxis der Antriebstechnik / Antriebe projektieren" oder das SEW-Projektierungs-Tool "SEW-Workbench".

4

4.1.2 Wahl des korrekten Antriebs

Mit der berechneten Leistung und Drehzahl des Antriebs unter Berücksichtigung der mechanischen Forderungen lässt sich der passende Antrieb festlegen.

4.1.3 Benötigte Motordaten

Da die Abmessungen von Servomotoren nicht genormt sind, müssen für die Auswahl des entsprechenden Adapters folgende Motordaten bekannt sein:

- Wellendurchmesser und -länge
- Flanschmaße (Kantenlänge, Durchmesser, Zentrierrand und Lochkreis)
- maximales Drehmoment

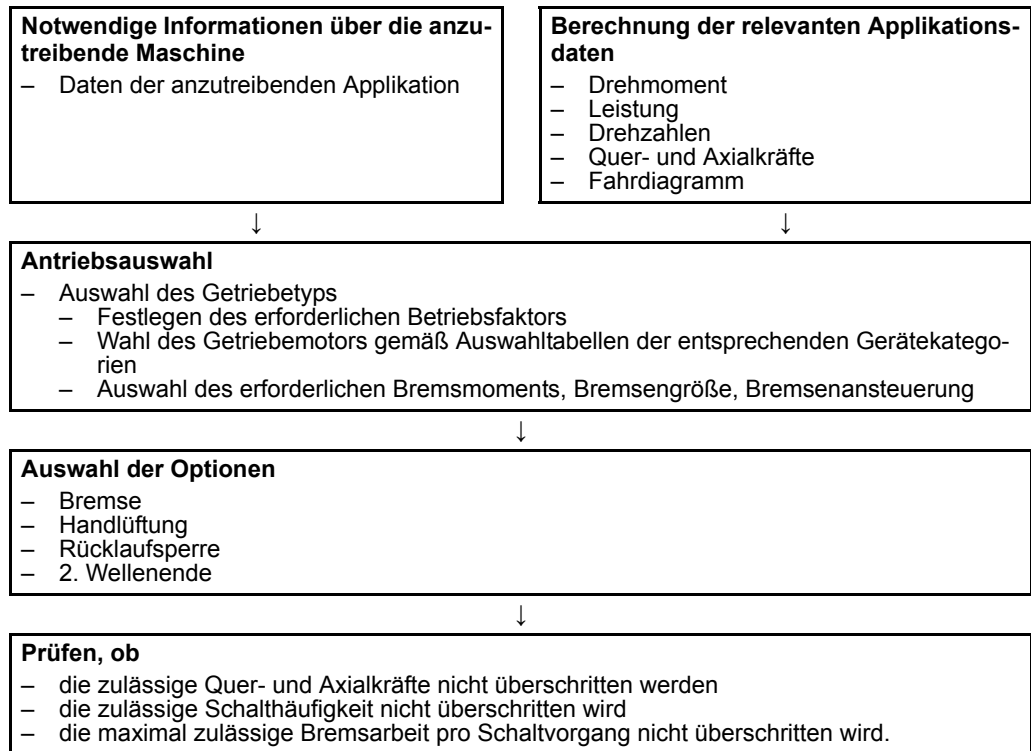
Bei Fragen zu Auswahl und Projektierung hilft SEW-EURODRIVE Ihnen gerne weiter.



4.2 Projektierungsablauf EDR.-Antrieb – Netzbetrieb

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt schematisch die Vorgehensweise bei der Projektierung eines Netzantriebes.

Ausführliche Informationen zur Projektierung des EDR.-Motors finden Sie im Katalog "Explosionengeschützte Drehstrommotoren".





4.3 Projektierungsablauf EDR.-Antrieb – Umrichterbetrieb

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt schematisch die Vorgehensweise bei der Projektierung eines Antriebes. Der Antrieb besteht aus einem Getriebemotor, der von einem Umrichter gespeist wird.

Ausführliche Informationen zur Projektierung des EDR.-Motors finden Sie im Katalog "Explosionsgeschützte Drehstrommotoren".





4.4 Projektierungshinweise – R-, F-, K-, S-, W-Getriebe

4.4.1 Wirkungsgrad der Getriebe

Allgemein

Der Wirkungsgrad der Getriebe wird hauptsächlich durch die Verzahnungs- und Lagerreibung bestimmt. Beachten Sie, dass der Anlaufwirkungsgrad eines Getriebes immer kleiner ist als der Wirkungsgrad bei Betriebsdrehzahl. Besonders ausgeprägt ist dies bei Schnecken- und SPIROPLAN®-Winkelgetrieben.

R-, F-, K-Getriebe

Bei Stirnrad-, Flach- und Kegelradgetrieben liegt der Wirkungsgrad je nach Anzahl der Verzahnungsstufen bei bis zu 96 % (3-stufig), 97 % (2-stufig) und 98 % (1-stufig).

S- und W-Getriebe

Die Verzahnungen der Schnecken- und SPIROPLAN®-Getriebe verursachen einen hohen Gleitreibungsanteil. Aus diesem Grund haben diese Getriebe höhere Verzahnungsverluste und somit niedrigere Wirkungsgrade als die R-, F- oder K-Getriebe.

Dies ist abhängig von folgenden Faktoren:

- Übersetzung der Schnecken- oder SPIROPLAN®-Stufe
- Eintriebsdrehzahl
- Getriebetemperatur

Die Schneckengetriebe von SEW-EURODRIVE sind Stirnrad-Schnecken-Kombinationen und haben deshalb einen deutlich besseren Wirkungsgrad als reine Schneckengetriebe.

Bei sehr großen Übersetzungen der Schneckenstufe kann der Wirkungsgrad $\eta < 0,5$ werden.

Die SPIROPLAN®-Getriebe W37 / W47 von SEW-EURODRIVE haben einen Wirkungsgrad von über 90 %, der auch bei großen Übersetzungen nur geringfügig abfällt.

Selbsthemmung

Bei rücktreibenden Drehmomenten an Schnecken- oder SPIROPLAN®-Getrieben gilt der Wirkungsgrad $\eta' = 2 - 1/\eta$, also deutlich ungünstiger als der Vorwärtswirkungsgrad η . Wenn der Vorwärtswirkungsgrad $\eta \leq 0,5$ ist, ist das Schnecken- oder SPIROPLAN®-Getriebe selbsthemmend. Die SPIROPLAN®-Getriebe sind zum Teil auch dynamisch selbsthemmend. Wenn die Bremswirkung der Selbsthemmung technisch genutzt werden soll, bitten wir um Rückfrage bei SEW-EURODRIVE.



HINWEIS

Beachten Sie, dass bei Hubwerken die selbsthemmende Wirkung der Schneckengetriebe und SPIROPLAN®-Getriebe als alleinige Sicherheitseinrichtung nicht zulässig ist.



Einlaufphase

Bei neuen Schnecken- und SPIROPLAN®-Getrieben sind die Zahnflanken noch nicht vollständig geglättet. Deshalb ist während der Einlaufphase der Reibungswinkel größer und somit der Wirkungsgrad niedriger als im späteren Betrieb. Dieser Effekt verstärkt sich mit größer werdender Übersetzung. Folgende Werte müssen während der Einlaufphase von dem in der Liste angegebenen Wirkungsgrad abgezogen werden:

	Schnecke	
	i-Bereich	η-Reduzierung
1-gängig	ca. 50 – 280	ca. 12 %
2-gängig	ca. 20 – 75	ca. 6 %
3-gängig	ca. 20 – 90	ca. 3 %
5-gängig	ca. 6 – 25	ca. 3 %
6-gängig	ca. 7 – 25	ca. 2 %

i-Bereich	SPIROPLAN® W.. η-Reduzierung
ca. 30 – 75	ca. 8 %
ca. 10 – 30	ca. 5 %
ca. 3 – 10	ca. 3 %

Die Einlaufphase dauert üblicherweise 48 Stunden. Die Schnecken- und SPIROPLAN®-Getriebe erreichen die in der Liste angegebenen Nennwirkungsgrade, wenn:

- das Getriebe vollständig eingelaufen ist,
- das Getriebe die Nenntemperatur erreicht hat,
- der vorgeschriebene Getriebschmierstoff eingefüllt ist und
- das Getriebe im Nennlastbereich arbeitet.

Planschverluste

Bei bestimmten Getrieberaumlagen (→ Kap. "Raumlagen der Getriebe") taucht die erste Stufe voll in den Schmierstoff ein. Bei größeren Getrieben und hoher Umfangsgeschwindigkeit der eintreibenden Stufe entstehen Planschverluste, die nicht vernachlässigt werden dürfen. Bitte halten Sie Rücksprache mit SEW-EURODRIVE, wenn Sie solche Getriebe einsetzen wollen.

Um die Planschverluste gering zu halten, verwenden Sie die Getriebe in Raumlage M1.

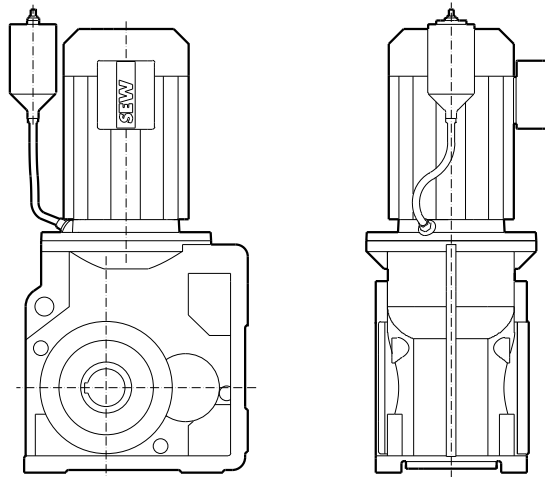


4.4.2 Ölausgleichsbehälter

Der Ölausgleichsbehälter erweitert den Ausdehnungsraum für den Schmierstoff oder den Luftraum des Getriebes. Dadurch kann Schmierstoffaustritt am Entlüftungsventil auf Grund von hohen Betriebstemperaturen vermieden werden.

SEW-EURODRIVE empfiehlt den Einsatz von Ölausgleichsbehältern für Getriebe und Getriebemotoren in Raumlage M4 und bei eintreibenden Drehzahlen $> 2000 \text{ min}^{-1}$.

Die folgende Abbildung zeigt den Ölausgleichsbehälter.



Der Ölausgleichsbehälter wird als Montagesatz geliefert. Er ist zur Montage am Getriebemotor vorgesehen, kann aber bei beengten Platzverhältnissen oder bei Getrieben ohne Motor auch an nahegelegenen Anlageteilen befestigt werden.

Bitte wenden Sie sich für weitere Informationen an den für Sie zuständigen Vertriebsberater von SEW-EURODRIVE.

4.4.3 Doppelgetriebemotoren

Allgemein

Besonders niedrige Abtriebsdrehzahlen können Sie mit Doppelgetrieben oder Doppelgetriebemotoren erreichen. Dabei wird ein zusätzliches zweites Getriebe, in der Regel ein Stirnradgetriebe, vor das Getriebe oder zwischen Getriebe und Motor gebaut.

Die resultierende Gesamtuntersetzung kann nun dazu führen, dass die Getriebe geschützt werden müssen.



Motorleistung begrenzen

Sie müssen die maximal abgegebene Motorleistung entsprechend des maximal zulässigen Abtriebsdrehmoments am Getriebe ($M_{a \max}$) reduzieren. Dazu müssen Sie zunächst das maximal zulässige Motormoment ($M_{N \text{ zul}}$) bestimmen.

Das maximal zulässige Motormoment können Sie folgendermaßen berechnen:

$$M_{N \text{ zul}} = \frac{M_{a \max}}{i_{\text{ges}} \cdot \eta_{\text{ges}}}$$

Ermitteln Sie anhand dieses maximal zulässigen Motormomentes $M_{N \text{ zul}}$ und dem Belastungsdiagramm des Motors den zugehörigen Wert für den Motorstrom.

Treffen Sie geeignete Maßnahmen, damit die dauerhafte Stromaufnahme des Motor nie größer wird als der zuvor ermittelte Wert für das Motormoment $M_{N \text{ zul}}$. Eine geeignete Maßnahme ist zum Beispiel, den Auslösestrom des Motorstromschalters auf diesem maximalen Stromwert einzustellen. Ein Motorschutzschalter bietet zudem die Möglichkeit, eine kurzfristige Überlastung zu überbrücken, beispielsweise während der Anlaufphase des Motors. Bei Umrichterantrieben besteht eine geeignete Maßnahme darin, den Ausgangsstrom des Umrichters entsprechend des ermittelten Motorstroms zu begrenzen.

Bremsmomente prüfen

Wenn Sie einen Doppelgetriebe-Bremsmotor einsetzen, müssen Sie das Bremsmoment (M_B) entsprechend des maximal zulässigen Motormomentes $M_{N \text{ zul}}$ begrenzen. Dabei sind als Bremsmoment maximal 200 % $M_{N \text{ zul}}$ zulässig.

$$M_{B \max} \leq 200 \% M_{N \text{ zul}}$$

Bei Unklarheiten bezüglich der zugelassenen Schalthäufigkeit des Doppelgetriebe-Bremsmotors halten Sie bitte Rücksprache mit SEW-EURODRIVE.

Blockagen vermeiden

Die abtriebsseitige Blockage des Doppelgetriebes oder des Doppelgetriebemotors ist nicht zulässig. Hierbei können unbestimmbare Drehmomente sowie unkontrollierbare Quer- und Axialkräfte auftreten. Die Getriebe können dadurch zerstört werden.



HINWEIS

Können Sie applikationsbedingt Blockagen des Doppelgetriebes oder des Doppelgetriebemotors nicht ausschließen, halten Sie bitte Rücksprache mit SEW-EURODRIVE.

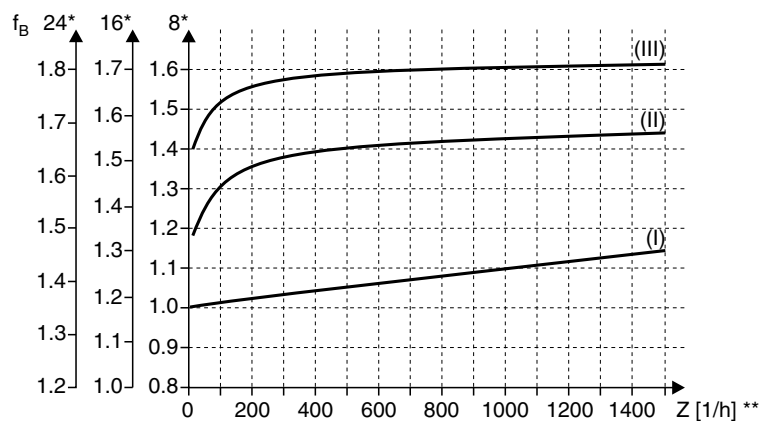


4.4.4 Betriebsfaktor

*Betriebsfaktor
ermitteln*

Die Auswirkung der Arbeitsmaschine auf das Getriebe wird durch den Betriebsfaktor f_B mit ausreichender Genauigkeit berücksichtigt. Der Betriebsfaktor wird in Abhängigkeit von der täglichen Betriebszeit und der Schalthäufigkeit Z ermittelt. Dabei werden je nach Massenbeschleunigungsfaktor drei Stoßgrade berücksichtigt. Den für Ihre Anwendung zutreffenden Betriebsfaktor können Sie aus folgender Abbildung ablesen. Der aus diesem Diagramm ermittelte Betriebsfaktor muss kleiner oder gleich dem Betriebsfaktor laut Auswahltabellen sein.

$$M_a \times f_B \leq M_{amax}$$



* Tägliche Betriebszeit in Stunden / Tag

** Schalthäufigkeit Z: Zu den Schaltungen zählen alle Anlauf- und Bremsvorgänge sowie Umschaltungen von niedrigen auf hohe Drehzahlen und umgekehrt.

Stoßgrad

Es werden drei Stoßgrade unterschieden:

- (I) gleichförmig, zulässiger Massenbeschleunigungsfaktor $\leq 0,2$
- (II) ungleichförmig, zulässiger Massenbeschleunigungsfaktor ≤ 3
- (III) stark ungleichförmig, zulässiger Massenbeschleunigungsfaktor ≤ 10



Massenbeschleunigungsfaktor

Der Massenbeschleunigungsfaktor wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{Massenbeschleunigungsfaktor} = \frac{\text{alle externen Massenträgheitsmomente}}{\text{Massenträgheitsmoment auf der Motorseite}}$$

"Alle externen Massenträgheitsmomente" sind die Massenträgheitsmomente von Arbeitsmaschine und Getriebe, reduziert auf die Motordrehzahl. Die Reduktion auf die Motordrehzahl wird mit folgender Formel berechnet:

$$J_X = J \times \left(\frac{n}{n_M} \right)^2$$

J_X = auf die Motorwelle reduziertes Massenträgheitsmoment

J = Massenträgheitsmoment, bezogen auf die Abtriebsdrehzahl des Getriebes

n = Abtriebsdrehzahl des Getriebes

n_M = Motordrehzahl

"Massenträgheitsmoment auf der Motorseite" sind die Massenträgheitsmomente des Motors und, falls vorhanden, der Bremse und des schweren Lüfters (Z-Lüfter).

Bei großen Massenbeschleunigungsfaktoren (> 10), großem Spiel in den Übertragungselementen oder großen Querkräften können Betriebsfaktoren $f_B > 1,8$ auftreten. Bitte halten Sie dann Rücksprache mit SEW-EURODRIVE.

**Betriebsfaktor:
SEW- f_B**

Die Festlegung des maximal zulässigen Dauerdrehmoments M_{amax} und des daraus abgeleiteten Betriebsfaktors $f_B = M_{amax} / M_a$ ist nicht genormt und sehr stark herstellerabhängig. Die Getriebe bieten bereits mit einem Betriebsfaktor SEW- $f_B = 1$ ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bereich der Dauerfestigkeit (Ausnahme: Schneckenradverschleiß beim Schneckengetriebe). Der Betriebsfaktor ist unter Umständen nicht vergleichbar mit den Angaben anderer Getriebehersteller. Bitte halten Sie im Zweifelsfall Rücksprache mit SEW-EURODRIVE, Sie erhalten dann nähere Informationen bezüglich Ihres Antriebsfalls.

Beispiel

Massenbeschleunigungsfaktor 2,5 (Stoßgrad II), 14 Stunden tägliche Betriebszeit (bei 16 h/d ablesen) und 300 Schaltungen / Stunde ergeben nach vorangegangenem Diagramm den Betriebsfaktor $f_B = 1,51$. Der ausgewählte Getriebemotor muss dann laut Auswahltabellen einen SEW- f_B -Wert = 1,51 oder größer haben.

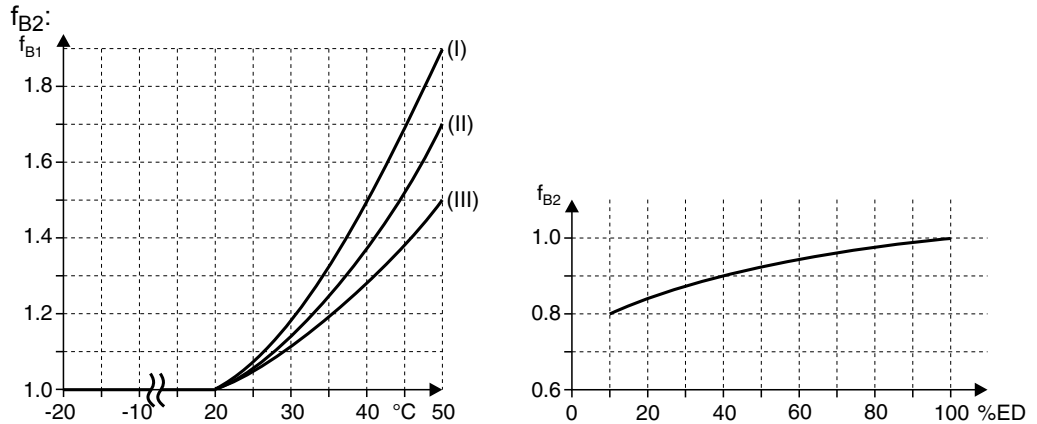


Schnecken- getriebe

Bei Schneckengetrieben müssen zusätzlich zu dem Betriebsfaktor f_B aus dem obigen Diagramm noch zwei weitere Betriebsfaktoren berücksichtigt werden. Dies sind:

- f_{B1} = Betriebsfaktor aus Umgebungstemperatur
- f_{B2} = Betriebsfaktor aus Einschaltdauer

Die zusätzlichen Betriebsfaktoren f_{B1} und f_{B2} können anhand der Diagramme in der unteren Abbildung ermittelt werden. Bei f_{B1} wird in gleicher Weise wie bei f_B der Stoßgrad berücksichtigt. Folgendes Diagramm zeigt den zusätzlichen Betriebsfaktor f_{B1} und



4532296843

$$ED(\%) = \frac{\text{Belastungszeit in min / h}}{60} \times 100$$

Bei Temperaturen unter -20°C ($\rightarrow f_{B1}$) bitte Rücksprache mit SEW-EURODRIVE.

Der Gesamtbetriebsfaktor für Schneckengetriebe wird folgendermaßen berechnet:

$$f_{B_{ges}} = f_B \times f_{B1} \times f_{B2}$$

Beispiel

Der Getriebemotor mit dem Betriebsfaktor $f_B = 1,51$ aus dem vorherigen Beispiel soll ein Schneckengetriebemotor sein.

Umgebungstemperatur $\vartheta = 40^\circ\text{C} \rightarrow f_{B1} = 1,38$ (bei Stoßgrad II ablesen)

Belastungszeit = 40 min/h $\rightarrow ED = 66,67\% \rightarrow f_{B2} = 0,95$

Der Gesamtbetriebsfaktor beträgt $f_{B_{ges}} = 1,51 \times 1,38 \times 0,95 = 1,98$

Der ausgewählte Schneckengetriebemotor muss laut Auswahltabellen einen Betriebsfaktor SEW- $f_B = 1,98$ oder größer haben.



4.4.5 Quer- und Axialkräfte

Zulässige Querkraft

Die zulässigen Querkräfte werden anhand der Wälzlagerberechnung der nominellen Lebensdauer L_{10h} (gemäß ISO 281) ermittelt.

Für besondere Betriebsbedingungen ist auf Anfrage die Ermittlung der zulässigen Querkräfte anhand der modifizierten Lebensdauer L_{na} möglich.

4



HINWEIS

Die Angaben beziehen sich auf Kraftangriff in der Mitte des Wellenendes (bei Winkelgetrieben auf A-seitigen Abtrieb gesehen). Bezüglich Kraftangriffswinkel α und Drehrichtung werden die ungünstigsten Bedingungen vorausgesetzt.



HINWEIS

Reduzierung der Querkraft.

- Bei K- und S-Getrieben in Raumlage M1 mit stirnseitiger Wandbefestigung sind nur 50 % von F_{Ra} gemäß den Auswahltabellen zulässig.
- Kegelrad-Getriebemotor K167 und K187 in den Raumlagen M1 bis M4: Bei Getriebefestigungen abweichend von der Darstellung in den Raumlagen-Blättern sind maximal 50% der in den Auswahltabellen angegebenen Querkraft F_{Ra} zulässig.
- Stirnrad-Getriebemotor in Fuß- und Flanschausführung (R..F): Bei Drehmomentübertragung über die Flanschbefestigung sind maximal 50 % der in den Auswahltabellen angegebenen Querkraft F_{Ra} zulässig.

Antriebsseitig: Querkraftumrechnung bei außermittigem Kraftangriff

Achtung, gilt nur für Getriebe mit antriebsseitigem Deckel:

Bitte halten Sie Rücksprache mit SEW-EURODRIVE bei außermittigem Kraftangriff auf der Antriebsseite.