BECKHOFF
INDUSTRIE ELEKTRONIK

Synchron Servomotoren

Serie AM227..297

Technische Beschreibung, Montage, Inbetriebnahme

Ausgabe 12.2001

Bisher erschienene Ausgaben

Ausgabe	Bemerkung
11 / 1999	Erstausgabe
04 / 2000	Motor AM227LL aufgenommen, Erweiterte Darstellung der Kennlinien, weitere Optionen
03 / 2001	Encoder-Anschluss
12 / 2001	Maße für Encodermotoren hinzugefügt

Technische Änderungen, die der Verbesserung der Geräte dienen, vorbehalten!

Gedruckt in der BRD 12.2001

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der Firma BECKHOFF reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Zeichnung Seite

Inhaltsverzeichnis . . . 3
Sicherheitshinweise . . . 4
Wichtige Hinweise . . . 5
Herstellererklärung . . . 6

I Allgemeines
I.1 Über dieses Handbuch . . . 7
I.2 Bestimmungsgemäße Verwendung . . . 7
I.3 Aufbau der Motoren . . . 8
I.4 Allgemeine technische Daten . . . 8
I.5 Standardausrüstung . . . 9
I.5.1 Bauform . . . 9
I.5.2 Wellenende A-Seite . . . 9
I.5.3 Flansch . . . 9
I.5.4 Schutzart . . . 9
I.5.5 Schutzeinrichtung . . . - E.4.929.4/9 . . . 9
I.5.6 Isolierstoffklasse . . . 10
I.5.7 Schwinggüte . . . 10
I.5.8 Anschlusstechnik . . . 10
I.5.9 Rückführeinheit . . . 10
I.5.10 Haltebremse . . . - A.4.031.1/35. . . . 10
I.6 Optionen . . . 11
I.7 Auswahlkriterien . . . 11
I.8 Technische Daten . . . 12
I.8.1 Begriffsdefinitionen . . . 12
I.8.2 Technische Daten AM227..297 . . . 13

II Montage / Inbetriebnahme
II.1 Wichtige Hinweise . . . 15
II.2 Montage / Verdrahtung . . . 16
II.2.1 Anschlusstechnik . . . 18
II.3 Inbetriebnahme . . . 19

III Zeichnungen
III.1 Maßzeichnung AM227..297 mit Resolver . . . - A.4.017.4/60. . . . 21
III.2 Maßzeichnung AM237..297 mit Encoder . . . 22
III.3 Radial-/Axialkräfte am Wellenende . . . - A.4.017.3/10, 4/64 . . 22
III.4 Anschluss AM227..297 mit Resolver . . . - A.4.017.4/61. . . . 23
III.5 Anschluss AM227..297 mit Encoder . . . - A.4.017.4/58. . . . 24
III.6 Mn-Kennlinie AM227M . . . 25
III.7 Mn-Kennlinie AM227LL . . . - A.4.036.3/1, 68 . . . 25
III.8 Mn-Kennlinie AM237S . . . 26
III.9 Mn-Kennlinie AM237M . . . - A.4.036.3/3, 4 . . . 26
III.10 Mn-Kennlinie AM237L . . . 27
III.11 Mn-Kennlinie AM237VL . . . - A.4.036.3/2, 20 . . . 27
III.12 Mn-Kennlinie AM247L . . . 28
III.13 Mn-Kennlinie AM257S . . . - A.4.036.3/5, 8 . . . 28
III.14 Mn-Kennlinie AM257M . . . 29
III.15 Mn-Kennlinie AM277K . . . - A.4.036.3/7, 9 . . . 29
III.16 Mn-Kennlinie AM277S . . . 30
III.17 Mn-Kennlinie AM297K . . . - A.4.036.3/10, 11 . . . 30
III.18 Mn-Kennlinie AM297S . . . - A.4.036.3/12. . . . 31

IV Anhang
IV.1 Lieferumfang, Transport, Lagerung, Wartung, Entsorgung . . . 32
IV.2 Beseitigen von Störungen . . . 33
IV.3 Stichwortverzeichnis . . . 34

Sicherheitshinweise

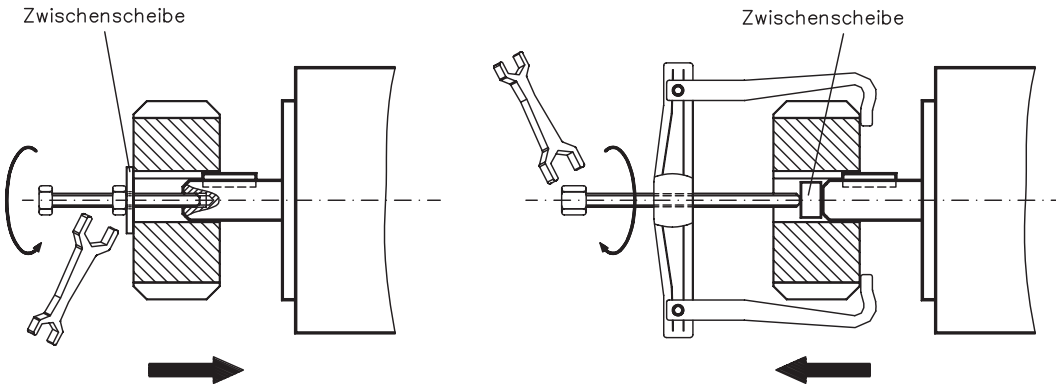
- **Nur qualifiziertes Fachpersonal darf Arbeiten wie Transport, Montage, Inbetriebnahme und Instandhaltung ausführen. Qualifiziertes Fachpersonal sind Personen, die mit Transport, Aufstellung, Montage, Inbetriebnahme und Betrieb von Motoren vertraut sind und über die ihrer Tätigkeit entsprechenden Qualifikationen verfügen. Das Fachpersonal muss folgende Normen bzw. Richtlinien kennen und beachten:**
  IEC 364 bzw. CENELEC HD 384 oder DIN VDE 0100
  IEC-Report 664 oder DIN VDE 0110
  nationale Unfallverhütungsvorschriften oder BGV A2
- **Lesen Sie vor der Montage und Inbetriebnahme die vorliegende Dokumentation. Falsches Handhaben des Motors kann zu Personen- oder Sachschäden führen. Halten Sie die technischen Daten und die Angaben zu den Anschlussbedingungen (Typenschild und Dokumentation) unbedingt ein.**
- **Stellen Sie unbedingt die ordnungsgemäße Erdung des Motorgehäuses mit der PE-Schiene im Schaltschrank als Bezugspotential sicher. Ohne niederohmige Erdung ist keine personelle Sicherheit gewährleistet.**
- **Ziehen Sie keine Stecker während des Betriebs. Es besteht die Gefahr von Tod oder schweren gesundheitlichen oder materiellen Schäden.**
- **Leistungsanschlüsse können Spannung führen, auch wenn sich der Motor nicht dreht. Lösen Sie die elektrischen Anschlüsse der Motoren nie unter Spannung. In ungünstigen Fällen können Lichtbögen entstehen und Personen und Kontakte schädigen.**
- **Warten Sie nach dem Trennen der Servoverstärker von den Versorgungsspannungen mindestens fünf Minuten, bevor Sie spannungsführende Teile (z.B. Kontakte, Gewindebolzen) berühren oder Anschlüsse lösen. Kondensatoren im Servoverstärker führen bis zu fünf Minuten nach Abschalten der Versorgungsspannungen gefährliche Spannungen. Messen Sie zur Sicherheit die Spannung im Zwischenkreis und warten Sie, bis die Spannung unter 40V abgesunken ist.**
- **Während des Betriebes können Motoren ihrer Schutzart entsprechend heiße Oberflächen besitzen. Die Oberflächentemperatur kann 100°C erreichen. Messen Sie die Temperatur und warten Sie, bis der Motor auf 40°C abgekühlt ist, bevor Sie ihn berühren.**

In diesem Handbuch verwendete Symbole

	Personelle Gefährdung durch Elektrizität und ihre Wirkung			Allgemeine Warnung Allgemeine Hinweise Maschinelle Gefährdung
⇒	Siehe Kapitel (Querverweis		●	Hervorhebung

Wichtige Hinweise

- **Servomotoren sind Präzisionsgeräte. Insbesondere Flansch und Welle sind bei Lagerung und Einbau gefährdet — vermeiden Sie daher rohe Kraftanwendung, Präzision verlangt Feingefühl. Benutzen Sie zum Aufziehen von Kupplungen, Zahnrädern oder Riemenscheiben unbedingt das vorgesehene Anzugsgewinde in der Motorwelle und erwärmen Sie, sofern möglich, die Abtriebselemente. Schläge oder Gewaltanwendung führen zur Schädigung von Kugellagern und Welle.**



- **Verwenden Sie nach Möglichkeit nur spielfreie, reibschlüssige Spannzangen oder Kupplungen z.B. der Fabrikate Baumann & Cie, Gerwah, Jacob, KTR oder Ringspann. Achten Sie auf korrektes Ausrichten der Kupplung. Ein Versatz führt zu unzulässigen Vibrationen und zur Zerstörung von Kugellagern und Kupplung.**
- **Beachten Sie bei Anwendung von Zahnriemen unbedingt die zulässigen Radialkräfte. Zu hohe Radialbelastung der Welle verkürzt die Lebensdauer des Motors erheblich.**
- **Vermeiden Sie möglichst eine axiale Belastung der Motorwelle. Eine axiale Belastung verkürzt die Lebensdauer des Motors erheblich.**
- **Vermeiden Sie unter allen Umständen eine mechanisch überbestimmte Lagerung der Motorwelle durch starre Kupplung und externe Zusatzlagerung (z.B. im Getriebe).**
- **Stellen Sie bei der Montageart V3 (Wellenende nach oben) sicher, dass keine Flüssigkeit in das obere Lager eindringen kann.**
- **Beachten Sie die Motorpolzahl und die Resolverpolzahl und stellen Sie bei den verwendeten Servoverstärkern die Polzahlen unbedingt korrekt ein. Falsche Einstellung kann besonders bei kleinen Motoren zur Zerstörung führen.**

Herstellererklärung

im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie 89/392/EWG, Anhang II B

Hiermit erklären wir, die Firma

Elektro Beckhoff
Unternehmensbereich Industrie Elektronik
Eiserstraße 5
D-33415 Verl

dass die Servomotoren der

Motorserie AM2
(Typen AM227, AM237, AM247, AM257, AM277, AM297)

in der serienmäßigen Ausführung ausschließlich zum Einbau in eine andere Maschine bestimmt sind, und dass ihre Inbetriebnahme solange untersagt ist, bis festgestellt wurde, dass die Maschine, in die diese Produkte eingebaut werden soll, den Bestimmungen der EG-Richtlinie in der Fassung 89/392/EWG entspricht.

Wir bestätigen die Konformität der oben bezeichneten Produkte mit den unten gelisteten Normen:

73/23/EWG	Niederspannungsrichtlinie
VDE 0530 / DIN 57530	Bestimmungen für umlaufende Maschinen
DIN 42950	Bauform
DIN 748	Zylindrische Wellenenden
DIN 42955	Rundlauf, Koaxialität und Planlauf
DIN ISO 2373	Schwinggüte

Aussteller: Geschäftsführung

H. Beckhoff

Diese Erklärung beinhaltet keine Zusicherung von Eigenschaften. Die Sicherheits- und Schutzhinweise der Dokumentation sind in jedem Falle einzuhalten.

I Allgemeines

I.1 Über dieses Handbuch

Dieses Handbuch beschreibt die Synchron-Servomotoren der Serie AM227..297 (Standardausführung). Unter anderem finden Sie Informationen über:

- Beschreibung der Motoren, technische Daten — Kapitel I
- Montage, Inbetriebnahme der Motoren — Kapitel II
- Maße, Anschlussplan und Kennlinien — Kapitel III
- Hinweise zu Transport, Lagerung, Wartung, Entsorgung — Kapitel IV

Dieses Handbuch richtet sich an Fachpersonal mit Kenntnissen in den Bereichen Elektrotechnik und Maschinenbau.

Die Motoren werden im Antriebssystem zusammen mit den Servoverstärkern AX2000 betrieben. Beachten Sie daher die gesamte Dokumentation des Systems, bestehend aus:

— Installations-/Inbetriebnahmeanweisung des Servoverstärkers
— Installations-/Inbetriebnahmeanweisung einer eventuell vorhandenen Erweiterungskarte
— Benutzerhandbuch der Bedienersoftware des Servoverstärkers
— Technische Beschreibung Motorserie AM227..297

I.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

Synchron-Servomotoren der Serie AM227..297 sind insbesondere als Antrieb für Handhabungsgeräte, Textilmaschinen, Werkzeugmaschinen, Verpackungsmaschinen und ähnliche mit hohen Ansprüchen an die Dynamik konzipiert.

Sie dürfen die Motoren **nur** unter Berücksichtigung der in dieser Dokumentation definierten Umgebungsbedingungen betreiben.

Die Motoren der Serie AM227..297 sind **ausschließlich** dazu bestimmt, von digitalen Servoverstärkern AX2000 drehzahl- und/oder drehmomentgeregelt angesteuert zu werden.

Die Motoren werden als Bauteile in elektrische Anlagen oder Maschinen eingebaut und dürfen nur als integrierte Bauteile der Anlage in Betrieb genommen werden.

Die Motoren dürfen niemals direkt ans Netz angeschlossen werden.

Der in die Motorwicklungen eingebaute Thermoschutzkontakt muss ausgewertet und überwacht werden.

Die Konformität des Servosystems zu den in der Herstellererklärung auf Seite 6 genannten Normen garantieren wir nur, wenn von uns gelieferte Komponenten (Servoverstärker, Motor, Leitungen usw.) verwendet werden.

I.3 Aufbau der Motoren

Die Synchron-Servomotoren der Serien AM227..297 sind bürstenlose Drehstrom-Motoren für hochwertige Servo-Applikationen. In Verbindung mit unseren digitalen Servoverstärkern eignen sie sich besonders für Positionieraufgaben bei Industrie-Robotern, Werkzeugmaschinen, Transferstraßen usw. mit hohen Ansprüchen an Dynamik und Standfestigkeit.

Die Servomotoren besitzen Permanentmagneten im Rotor. Das Neodym-Magnetmaterial trägt wesentlich dazu bei, dass diese Motoren hochdynamisch gefahren werden können. Im Stator ist eine dreiphasige Wicklung untergebracht, die durch den Servoverstärker versorgt wird. Der Motor besitzt keine Bürsten, die Kommutierung wird elektronisch im Servoverstärker vorgenommen.

Die Wicklungstemperatur wird über Temperatursensoren in den Statorwicklungen überwacht und über einen potentialfreien Kontakt (Öffner) gemeldet.

Die Motoren haben als Rückführeinheit standardmäßig einen **Resolver** eingebaut. Die Servoverstärker der Serie AX2000 werten die Resolverstellung des Rotors aus und speisen die Motoren mit Sinusströmen.

Sie erhalten die Motoren mit oder ohne eingebaute Haltebremse. Eine Nachrüstung der Bremse ist nicht möglich.

Die Motoren sind mattschwarz (RAL 9005) lackiert, eine Beständigkeit gegen Lösungsmittel (Tri, Verdünnung o.ä.) besteht nicht.

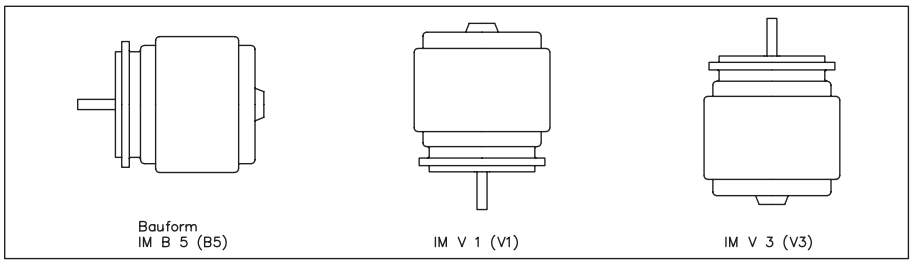
I.4 Allgemeine technische Daten

Klimaklasse	3K3 nach EN 50178
Umgebungstemperatur (bei Nenndaten)	5...+40°C bei Aufstellhöhe bis 1000m über NN Sprechen Sie bei Umgebungstemperaturen über 40°C und bei gekapseltem Einbau der Motoren unbedingt mit unserer Applikationsabteilung.
Zulässige Luftfeuchte (bei Nenndaten)	85% relative Feuchte, nicht betauend
Leistungsreduzierung (Ströme und Momente)	1%/K im Bereich 40°C...50°C bis 1000m über NN Bei Aufstellhöhen über 1000m über NN und 40°C 6% bei 2000m über NN 17% bei 3000m über NN 30% bei 4000m über NN 55% bei 5000m über NN Keine Leistungsreduzierung bei Aufstellhöhen über 1000m über NN und Temperaturreduzierung um 10K / 1000m
max. zulässige Flanschtemperatur	65°C bei Ausnutzung der Nenndaten
Kugellager-Lebensdauer	≥ 20.000 Betriebsstunden
Technische Daten	⇒ I.8
Lagerungsdaten	⇒ IV.1

I.5 Standardausrüstung

I.5.1 Bauform

Die Grundbauform der Synchron-Servomotoren AM227..297 ist die Bauform IM B5 nach DIN42950.Die zugelassenen Einbauformen sind in den technischen Daten angegeben.



I.5.2 Wellenende A-Seite

Die Kraftübertragung erfolgt über das zylindrische Wellenende A (Passung k6) nach DIN 748 mit mit Anzugsgewinde (bis auf AM227) aber **ohne Paßfedernut**.

Treiben die Motoren über Ritzel oder Zahnriemen an, so treten hohe Radialkräfte auf. Die zugelassenen Werte am Wellenende abhängig von der Drehzahl entnehmen Sie den Diagrammen in Kapitel III.3. Die Maximalwerte bei Nenndrehzahl finden Sie in den technischen Daten. Bei Kraftangriff an der Mitte des freien Wellenendes kann F_R 10% größer sein.

Für die Lebensdauer der Lager sind 20.000 Betriebsstunden zugrunde gelegt.
Die Axialkraft F_A darf $F_R/3$ nicht überschreiten.
Als ideale spielfreie Kupplungselemente haben sich doppelkonische Spannzangen eventuell in Verbindung mit Metallbalg-Kupplungen bewährt.

I.5.3 Flansch

Flanschmaße nach IEC-Norm, Passung j6, Genauigkeit nach DIN 42955
Toleranzklasse : **R**

I.5.4 Schutzart

Standardausführung	IP65
Standard-Wellendurchführung	IP64
Wellendurchführung mit Wellendichtring (Option -J-)	IP65

I.5.5 Schutzeinrichtung

In der Standardausführung ist jeder Motor mit einem Thermoschutzkontakt (potentialfreier Öffner) ausgestattet. Den Schaltpunkt entnehmen Sie den technischen Daten. Schutz gegen kurzzeitige, sehr hohe Überlastung bietet der Thermoschutzkontakt **nicht.** Der Thermoschutzkontakt ist bei Verwendung unserer vorkonfektionierten Resolverleitung in das Überwachungssystem der digitalen Servoverstärker AX2000 integriert.
Die Flanschtemperatur darf bei Betrieb mit Nenndaten 65°C nicht überschreiten.

I.5.6 Isolierstoffklasse

Die Motoren entsprechen der Isolierstoffklasse F nach DIN 57530.

I.5.7 Schwinggüte

Die Motoren sind in Schwinggüte N nach DIN ISO 2373 ausgeführt.

I.5.8 Anschlusstechnik

Die Motoren sind mit abgewinkelten Steckern für die Leistungsversorgung und die Resolversignale ausgerüstet.

Die Gegenstecker gehören nicht zum Lieferumfang. Resolver- und Leistungsleitungen bieten wir Ihnen fertig konfektioniert an. Hinweise zu den Leitungsmaterialien finden Sie in Kapitel II.2.1.

I.5.9 Rückführeinheit

Die Motoren sind standardmäßig mit zweipoligen Hohlwellen-Resolvern ausgerüstet. Wahlweise sind die Motoren auch mit eingebautem single-(ECNxx13) oder multiturn (EQN xx25) EnDat Encoder erhältlich.

Typenkennzeichnung singleturn: AM2xxx-xxxx**-S3-1313 (1113 für AM227)**
Typenkennzeichnung multiturn: AM2xxx-xxxx**-S3-1325 (1125 für AM227)**

Die Motorlänge verändert sich bei eingebautem Encoder. Ein nachträglicher Einbau ist nicht möglich.

I.5.10 Haltebremse

Die Motoren sind wahlweise mit eingebauter Haltbremse erhältlich.

Typenkennzeichnung: AM2xxx-**0001**

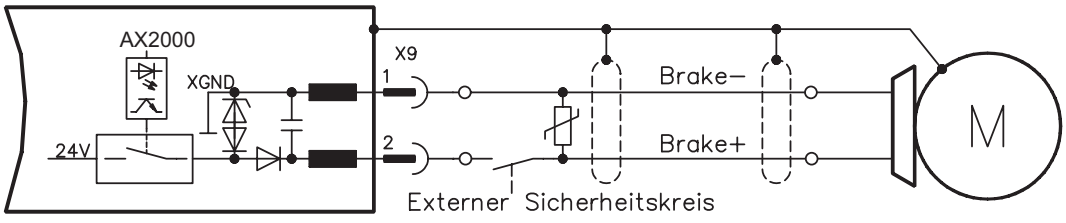
Die Permanentmagnetbremse (24V DC) blockiert im spannungslosen Zustand den Rotor. **Die Haltebremsen sind als Stillstandsbremsen ausgelegt** und für dauernde, betriebsmäßige Abbremsvorgänge ungeeignet. Ist die Bremse gelöst, kann sich der Rotor ohne Restmoment bewegen, die Arbeitsweise ist spielfrei ! Die Motorlänge verändert sich bei eingebauter Haltebremse.

Die Haltebremsen können direkt vom AX2000-Servoverstärker angesteuert werden (nicht personell sicher !), dann erfolgt das Löschen der Bremswicklung im Servoverstärker — eine zusätzliche Beschaltung ist nicht erforderlich.

Wird die Haltebremse nicht vom Servoverstärker direkt angesteuert, muss eine zusätzliche Beschaltung (z.B. Varistor) vorgenommen werden. Sprechen Sie hierzu mit unserer Applikationsabteilung.

Eine personell sichere Betätigung der Haltebremse erfordert zusätzlich einen Schließer im Bremskreis und dann auch eine Löschvorrichtung (z.B. Varistor) für die Bremse.

Schaltungsvorschlag mit AX2000



I.6 Optionen

-09- Sonderflansch und Sonderwelle, wir bitten ggf. um Anfrage.

-J- Radialwellen-Dichtring:
Radialwellen-Dichtring zur Abdichtung gegen Ölnebel und Spritzöl.
Die Schutzart der Wellendurchführung erhöht sich damit auf IP65.
Der Dichtring ist für Trockenlauf nicht geeignet. Bei eingebauter Haltebremse erhöht sich die Motorlänge durch die Option -J- um 10 mm.

-V- Vertikale Einbaubuchsen für Resolver- und Leistungsanschluss.

-C- Kabelausgang mit PG-Verschraubungen

-K- Anbauflansch für Stöber-Kegelradgetriebe

-2K- Sonderlackierung mit 2-Komponentenlack

-426- Impulsgeber-Adapter für ROD426/ROQ425 mit Kupplung und Spannpratzen

I.7 Auswahlkriterien

Die Drehstrom-Servomotoren sind für den Betrieb an den Servoverstärkern AX2000 ausgelegt. Beide Einheiten zusammen bilden einen geschlossenen Drehzahl- oder Momentenregelkreis.

Als wichtigste Auswahlkriterien gelten:

—	**Stillstandsmoment**	M_0	**[Nm]**
—	**Nenndrehzahl**	n_n	**[min^{-1}]**
—	**Trägheitsmomente von Motor und Last**	**J**	**[kgcm²]**
—	**Effektivmoment (errechnet)**	M_{rms}	**[Nm]**

Beachten Sie bei der Berechnung der erforderlichen Motoren und Servoverstärker die statische Last **und** die dynamische Belastung (Beschleunigen/Bremsen). Formelzusammenstellungen und Berechnungsbeispiele können Sie von unserer Applikationsabteilung anfordern.

I.8 Technische Daten

I.8.1 Begriffsdefinitionen

Stillstandsdrehmoment M_0 [Nm]
Das Stillstandsdrehmoment kann bei Drehzahl n=0 min^{-1} und Nenn-Umgebungsbedingungen unbegrenzt lange abgegeben werden.

Nenndrehmoment M_n [Nm]
Das Nenndrehmoment wird abgegeben, wenn der Motor bei Nenndrehzahl Nennstrom aufnimmt. Das Nenndrehmoment kann im Dauerbetrieb (S1) bei Nenndrehzahl unbegrenzt lange abgegeben werden.

Stillstandsstrom I_{0rms} [A]
Der Stillstandsstrom ist der Sinus-Effektiv-Stromwert, den der Motor bei Stillstand aufnimmt, um das Stillstandsmoment abgeben zu können.

Nennstrom I_{nrms} [A]
Der Nennstrom ist der Sinus-Effektiv-Stromwert, den der Motor bei Nenndrehzahl aufnimmt, um das Nennmoment abgeben zu können.

Spitzenstrom (Impulsstrom) I_{0max} [A]
Der Spitzenstrom (Sinus-Effektivwert) sollte den 4-fachen Nennstrom nicht übersteigen. Den tatsächlichen Wert bestimmt der Spitzenstrom des verwendeten Servoverstärkers.

Drehmomentkonstante K_{Trms} [Nm/A]
Die Drehmomentkonstante gibt an, wieviel Drehmoment in Nm der Motor mit 1A Sinus-Effektivstrom erzeugt. Es gilt $M=I \times K_T$

Spannungskonstante K_{Erms} [V/1000min^{-1}]
Die Spannungskonstante gibt die auf 1000U/min bezogene induzierte Motor EMK als Sinus-Effektivwert zwischen zwei Klemmen an.

Rotorträgheitsmoment J [kgcm²]

Die Konstante J ist ein Maß für das Beschleunigungsvermögen des Motors. Mit I_0 ergibt sich z.B. die Beschleunigungszeit t_b von 0 bis 3000 min^{-1} zu :

$$t_b\,[s] = \frac{3000 \times 2\pi}{M_0 \times 60s}\, x\, \frac{m^2}{10^4\, xcm^2} \times J$$

mit M_0 in Nm und J in kgcm²

Thermische Zeitkonstante t_{th} [min]

Die Konstante t_{th} gibt die Erwärmungszeit des kalten Motors bei Belastung mit I_0 bis zum Erreichen von 0,63 x 105 Kelvin Übertemperatur an.
Bei Belastung mit Spitzenstrom erfolgt die Erwärmung in wesentlich kürzerer Zeit.

Lüftverzögerungszeit t_{BRH} [ms] / Einfallverzögerungszeit t_{BRL} [ms] der Bremse

Die Konstanten geben die Reaktionszeiten der Haltebremse bei Betrieb mit Nennspannung am Servoverstärker an.

I.8.2 Technische Daten AM227..297

Daten	Sym	Einheit	AM227M	AM227LL	AM237S	AM237M	AM237L	AM237VL	AM247L	AM257S	AM257M	AM277K	AM277S	AM297K	AM297S
Stillstandsdrehmoment	M_0	Nm	**0,32**	**0,8**	**0,5**	**1**	**1,5**	**3**	**3**	**4,6**	**8**	**11**	**17**	**26**	**32**
Stillstandsstrom	I_{0rms}	A	**0,8**	**0,82**	**1**	**1,6**	**1,6**	**3,8**	**2,3**	**2,8**	**4,3**	**6**	**10**	**16**	**20**
Nenndrehzahl	n_n	min-1	4000	4500	6000	6000	4000	6000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Drehmomentkonstante	K_{Trms}	Nm/A	0,41	0,98	0,5	0,62	0,96	0,79	1,33	1,65	1,85	1,85	1,70	1,6	1,6
Spannungskonstante	K_{Erms}	mVmin	25	59	30	38	58	48	81	97	112	112	103	97	97
Netz-Nennspannung	U_n	V	400 / 460												
Nenndrehmoment bei n_n	M_n	Nm	0,3	0,72	0,4	0,8	1,2	2	2,2	3	6	8,5	12	20	23
Nennstrom	I_n	A	0,75	0,79	0,95	1,5	1,5	2,8	2	2,7	4	5	8	14	16
Nennleistung	P_n	kW	0,13	0,34	0,25	0,5	0,5	1,2	0,69	0,95	1,9	2,7	4	6,3	7,2
Spitzenstrom	I_{0max}	A	3,5	3,7	4,0	6,5	6,4	15,2	9	11	17	24	40	70	85
Motorpolzahl	p_{Mot}	-	6												
Resolverpolzahl	p_{Res}	-	2												
Wicklungswiderstand Phase-Phase	R_{20}	Ω	31	37	36	12,8	15,5	3,65	11	6,3	3,9	2,2	1,1	0,45	0,37
Wicklungsinduktivität Phase-Phase	L	mH	21	42	32	21	30	8	25	35	24	18	8,3	4,4	3,6
Isolierstoffklasse	-	-	F(DIN 57530)												
Schaltpunkt Thermokontakt	-	°C	145 ±5												
Bauform	-	-	IM B5(V1,V3), DIN 42950												
Rotorträgheitsmoment	J	kgcm²	0,08	0,14	0,45	0,7	1,0	1,6	1,6	3,1	4,5	12	18	82	104
Statisches Reibmoment	M_R	Nm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,12	0,15	0,25	0,30	0,40	0,50
zul. Radialbelastung am Wellenende bei n_n	F_R	N	90	90	270	270	270	270	270	650	650	730	730	870	870
zul. Axialbelastung am Wellenende bei n_n	F_A	N	30	30	90	90	90	90	90	180	180	210	210	360	360
Toleranzklasse Flansch	-	-	R, DIN 42955												
Schwinggüte	-	-	N, DIN ISO 2373												
Thermische Zeitkonstante	t_{TH}	min	10	22	10	15	15	15	15	20	20	25	30	30	40
Gewicht Standard	G	kg	1,1	1,45	1,9	2,3	2,9	3,5	3,5	5,7	7,6	9,8	14	28	32,5
EMV-RES Stecker	-	-	12 polig, rund												
RES-Leitung, geschirmt	-	mm²	4 x 2 x 0,25												
Leistungsstecker	-	-	4 + 4-polig, abgewinkelt												
Motorleitung, geschirmt	-	mm²	4x1 oder 4x1,5										4x1,5	4x2,5	
Haltemoment	M_{BR}	Nm	1		2,5					6		12		20	
Anschlussspannung	U_{BR}	V=	24 +6/-10%												
elektrische Leistung	P_{BR}	W	8		14					16		18		22	
Trägheitsmoment	J_{BR}	kgcm²	0,07		0,38					1,06		3,6		9,5	
Lüftverzögerungszeit	t_{BRH}	ms	15-20		10-15					10-30		30-60		20-60	
Einfallverzögerungszeit	t_{BRL}	ms	5-10		10-15					5-15		10-20		10-35	
Gewicht der Bremse	G_{BR}	kg	0,3		0,4					0,6		1,5		3,3	
Motorleitung mit Bremse, geschirmt	-	mm²	4x1 + 2x0,75 oder 4x1,5 + 2x0,75										4x1,5+ 2x0,75	4x2,5 + 2x1	

Diese Seite wurde bewusst leer gelassen.

II Montage / Inbetriebnahme

II.1 Wichtige Hinweise

- Prüfen Sie die Zuordnung von Servoverstärker und Motor. Vergleichen Sie Nennspannung und Nennstrom der Geräte. Führen Sie die Verdrahtung nach dem Anschlussbild in der Installations-/Inbetriebnahmeanweisung des Servoverstärkers aus. Die Anschlüsse des Motors sind auf Seite 23 dargestellt. Hinweise zur Anschlusstechnik finden Sie auf Seite 18.
- Achten Sie auf einwandfreie Erdung von Servoverstärker und Motor.
- Verlegen Sie Leistungs und Steuerkabel möglichst getrennt (Abstand > 20 cm). Die elektromagnetische Verträglichkeit des Systems wird so verbessert.Bei Verwendung eines Motorleistungskabels mit integrierten Bremssteueradern müssen die Bremssteueradern abgeschirmt sein. Der Schirm muss beidseitig aufgelegt werden (siehe Installationsanleitung des Servoverstärkers).
- Verlegen Sie sämtliche starkstromführenden Leitungen in ausreichendem Querschnitt nach EN 60204. Die empfohlenen Querschnitte finden Sie in den technischen Daten.
  Achtung !
  Wenn Sie einen Servoverstärker AX2000 verwenden und Ihre Motorleitung länger als 25m ist, müssen Sie eine Motor-Drosselbox (Typ 3YL-20, Fabrikat BECKHOFF) in die Motorleitung schalten und eine Motorleitung mit folgendem Querschnitten verwenden:

Servoverstärker	Drosselbox	Maximalquerschnitt der Motorleitung
AX2001...06	3YL-20	4 x 1mm²
AX2010	3YL-20	4 x 1,5mm²
AX2020	3YL-20	4 x 2,5 mm²

- Legen Sie Abschirmungen großflächig (niederohmig) über metallisierte Stekkergehäuse bzw. EMV-PG-Verschraubungen auf.
- Prüfen Sie die Einhaltung der zulässigen Radial- und Axialbelastungen F_R und F_A. Bei Verwendung eines Zahnriemen-Antriebs ergibt sich der **minimal** zulässige Durchmesser des Ritzels z.B. nach der Gleichung: $d_{min} \geq {M_0}/{F_R} \times 2$.
- Sorgen Sie für ausreichende Wärmeabfuhr in der Umgebung und am Flansch des Motors, um die maximal zulässige Flanschtemperatur von 65°C im S1-Betrieb nicht zu überschreiten.

Vorsicht
Lösen Sie die elektrischen Anschlüsse der Motoren nie unter Spannung. Restladungen in den Kondensatoren des Servoverstärkers können auch bis zu 300 Sekunden nach Abschalten der Netzspannung gefährliche Werte aufweisen.
Messen Sie die Spannung im Zwischenkreis und warten Sie, bis die Spannung unter 40V abgesunken ist.
Steuer- und Leistungsanschlüsse können Spannung führen, auch wenn sich der Motor nicht dreht.

II.2 Montage / Verdrahtung

Nur Fachleute mit Maschinenbau-Kenntnissen dürfen den Motor montieren.

Nur Fachleute mit elektrotechnischer Ausbildung dürfen den Motor verdrahten.

Das Vorgehen wird exemplarisch beschrieben. Je nach Einsatz der Geräte kann ein anderes Vorgehen sinnvoll oder erforderlich sein.

Achtung !

Schützen Sie die Motoren vor unzulässiger Beanspruchung.
Insbesondere dürfen bei Transport und Handhabung keine Bauelemente verbogen und / oder Isolationsabstände verändert werden.

Montieren und verdrahten Sie die Motoren immer im spannungsfreien Zustand, d.h. keine der Betriebsspannungen eines anzuschließenden Gerätes darf eingeschaltet sein.
Sorgen Sie für eine sichere Freischaltung des Schaltschrankes (Sperre, Warnschilder etc.). Erst bei der Inbetriebnahme werden die einzelnen Spannungen eingeschaltet.

Hinweis !

Das Masse-Zeichen , das Sie in allen Anschlussplänen finden, deutet an, dass Sie für eine möglichst großflächige, elektrisch leitende Verbindung zwischen dem gekennzeichneten Gerät und der Montageplatte in Ihrem Schaltschrank sorgen müssen. Diese Verbindung soll die Ableitung von HF-Störungen ermöglichen und ist nicht zu verwechseln mit dem PE-Zeichen (Schutzmaßnahme nach EN 60204).

Beachten Sie auch die Hinweise in den Anschlussplänen in der Installation-/Inbetriebnahmeanweisung des verwendeten Servoverstärkers.

Die folgenden Hinweise sollen Ihnen helfen, bei der Montage/Verdrahtung in einer sinnvollen Reihenfolge vorzugehen ohne etwas Wichtiges zu vergessen.

Einbauort	Der Einbauort muss frei von leitfähigen und aggressiven Stoffen sein. Beachten Sie bei V3-Montage (Wellenende nach oben), dass keine Flüssigkeit in die Lager eindringen darf. Bei gekapseltem Einbau sollten Sie zunächst mit unserer Applikationsabteilung Rücksprache nehmen.
Belüftung	Stellen Sie die ungehinderte Belüftung der Motoren sicher und beachten Sie die zulässige Umgebungs- und Flanschtemperatur. Bei Umgebungstemperaturen über 40°C sollten Sie zunächst mit unserer Applikationsabteilung Rücksprache nehmen.
Montage	Achten Sie bei der Montage darauf, dass der Motor nicht mechanisch überbestimmt befestigt wird.
Leitungswahl	Wählen Sie Leitungen gemäß EN 60204 aus. **Beachten Sie bei Leitungslänge > 25m die Tabelle in Kapitel II.1**
Erdung Abschirmung	EMV-gerechte Abschirmung und Erdung siehe Installationsanweisung des verwendeten Servoverstärkers. Erden Sie Montageplatte und Motorgehäuse. Hinweise zur Anschlusstechnik finden Sie in Kapitel II.2.1
Verdrahtung	— Leistungs- und Steuerkabel möglichst getrennt verlegen — Resolver anschließen — Motorleitungen anschließen, Ringkerne bzw. Motordrossel nahe am Servoverstärker, Abschirmungen beidseitig auf Schirmklemmen bzw. EMV-Stecker — Motor-Haltebremse anschließen sofern vorhanden. Abschirmung beidseitig auflegen
Überprüfung	End-Überprüfen der ausgeführten Verdrahtung anhand der verwendeten Anschlusspläne

II.2.1 Anschlusstechnik

- Führen Sie die Verdrahtung gemäß den geltenden Vorschriften und Normen aus.
- Verwenden Sie für Resolver- und Leistungsanschluss ausschließlich unsere vorkonfektionierten, abgeschirmten Leitungen.
- Legen Sie die Abschirmungen entsprechend den Anschlussbildern in den Installationsanweisungen der Servoverstärker auf.
- Nicht korrekt aufgelegte Abschirmungen führen unweigerlich zu EMV-Störungen.

In der Tabelle unten sind alle Leitungen aufgeführt, die wir liefern. Weitere Informationen über chemische, mechanische und elektrische Eigenschaften der Leitungen erhalten Sie von unserer Abteilung Applikation.

Isolationsmaterial

Mantel - PUR (Polyurethan, Kurzzeichen 11Y)
Aderisolation - PETP (Polyesteraphtalat, Kurzzeichen 12Y)

Kapazität

Motorleitung - kleiner als 150 pF/m
RES-Leitung - kleiner als 120 pF/m

Techn. Daten

— Alle Leitungen sind tauglich für Kabelschlepp.
— Die technischen Angaben beziehen sich auf den bewegten Einsatz der Leitungen. Lebensdauer : 1 Million Biegezyklen
— Der angegebene Temperaturbereich bezieht sich auf die Betriebstemperatur.
— Kürzel : N = nummerierte Adern
F = Adern mit Farbkennzeichnung nach DIN 47100
B = Adern mit Buchstaben-Kennzeichnung
( ) = Abschirmung

Adern [mm²]	Aderkennzeichnung	Temperaturbereich [°C]	Außendurchmesser [mm]	Biegeradius [mm]	Bemerkung
(4x1,0)	F	-30 / +80	10,5	105	Motorleitung
(4x1,5)	B	-30 / +80	11,3	115	
(4x2,5)	N	-5 / +70	12,7	125	
(4x1,0+(2x0,75))	F	-30 / +80	12	120	Motorleitung mit integrierten Bremsadern
(4x1,5+(2x0,75))	B	-10 / +80	12,5	125	
(4x2,5+(2x1))	B	-30 / +80	13,8	140	
(4x2x0,25)	F	-30 / +80	6,9	60	Resolverleitung

II.3 Inbetriebnahme

Das Vorgehen bei der Inbetriebnahme wird exemplarisch beschrieben.
Je nach Einsatz der Geräte kann ein anderes Vorgehen sinnvoll oder erforderlich sein.

Nur Fachleute mit weitreichenden Kenntnissen in den Bereichen Elektrotechnik /Antriebstechnik dürfen die Antriebseinheit Servoverstärker/Motor in Betrieb nehmen.

Vorsicht !

Prüfen Sie, ob alle spannungsführenden Anschlussteile gegen Berührung sicher geschützt sind. Es treten lebensgefährliche Spannungen bis zu 900V auf.

Lösen Sie die elektrischen Anschlüsse der Motoren nie unter Spannung. Restladungen in Kondensatoren der Servoverstärker können bis zu 300 Sekunden nach Abschalten der Netzspannung gefährliche Werte aufweisen.

Die Oberflächentemperatur des Motors kann im Betrieb 100°C erreichen. Prüfen (messen) Sie die Temperatur des Motors. Warten Sie, bis der Motor auf 40°C abgekühlt ist, bevor Sie ihn berühren.

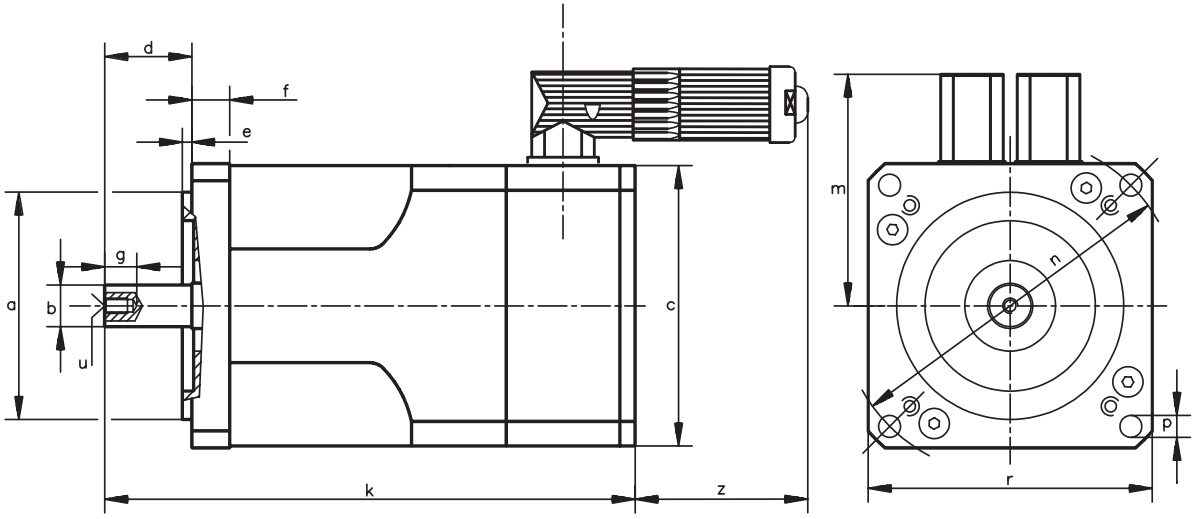
Stellen Sie sicher, dass auch bei ungewollter Bewegung des Antriebs keine maschinelle oder personelle Gefährdung eintreten kann.

- Prüfen Sie Montage und Ausrichtung des Motors.
- Prüfen Sie die Abtriebselemente (Kupplung, Getriebe, Riemenscheibe) auf festen Sitz und korrekte Einstellung (zulässige Radial- und Axialkräfte beachten).
- Prüfen Sie die Verdrahtung und Anschlüsse an Motor und Servoverstärker. Achten Sie auf ordnungsgemäße Erdung.
- Prüfen Sie die Funktion der Haltebremse, sofern vorhanden. (24V anlegen, Bremse muss lüften).
- Prüfen Sie, ob der Rotor des Motors sich frei drehen lässt (eventuell vorhandene Bremse vorher lüften). Achten Sie auf Schleifgeräusche.
- Prüfen Sie, ob alle erforderlichen Berührungsschutz-Maßnahmen für bewegte und spannungsführende Teile getroffen wurden.
- Führen Sie weitere für Ihre Anlage spezifischen und notwendigen Prüfungen durch.
- Nehmen Sie nun entsprechend der Inbetriebnahmeanweisung des Servoverstärkers den Antrieb in Betrieb.
- Nehmen Sie bei Mehrachs-Systemen jede Antriebseinheit Servoverstärker/Motor einzeln in Betrieb.

Diese Seite wurde bewusst leer gelassen.

III Zeichnungen

III.1 Maßzeichnung AM227..297 mit Resolver

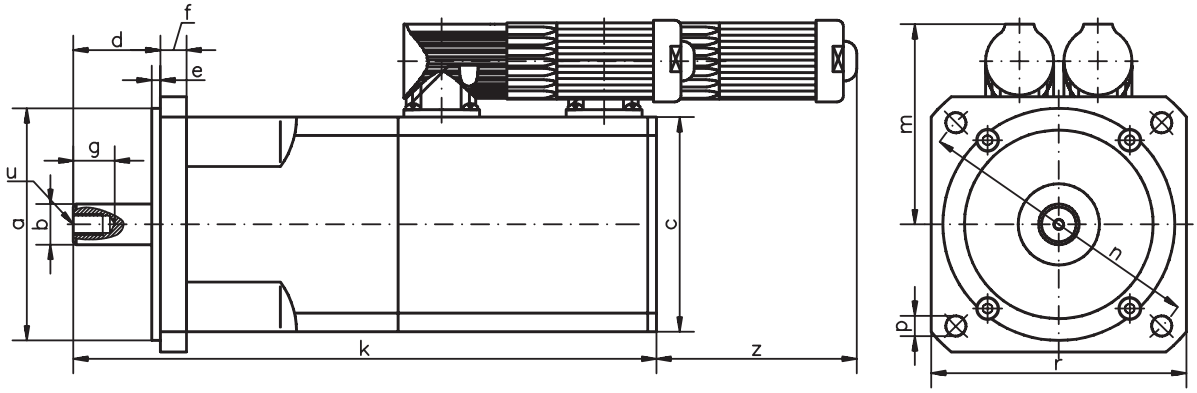


Wellenende OHNE Paßfedernut nach DIN 748

Zentrierung mit Innengewinde nach DIN 332

	a_{j6}	b_{k6}	c	d	e	f	g	k	k(0001)	m	n	p	r	u	z
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm
AM227M AM227LL	40	9	50	20	2,5	7	–	142 172	175 205	62,5	63	5,8	55	–	75
AM237S AM237M AM237L AM237VL	60	11 11 11 14	74	23 23 23 30	2,5	10	10 10 10 17	139 157 175 225	172 190 208 258	69,5	90	5,8	75	M4 M4 M4 M5	75
AM247L	80	14	74	30	3	9	17	218	251	69,5	100	7	88	M5	75
AM257S AM257M	95	19	97	40	3	10	22	225 270	260 305	81	115	9	105	M5	75
AM277K AM277S	130	24	127	50	3,5	11	27	266 321	309 364	96	165	11	142	M8	75
AM297K AM297S	180	32	190	58	4	13	42	298 321	342 365	128	215	14	190	M12	75

III.2 Maßzeichnung AM237..297 mit Encoder

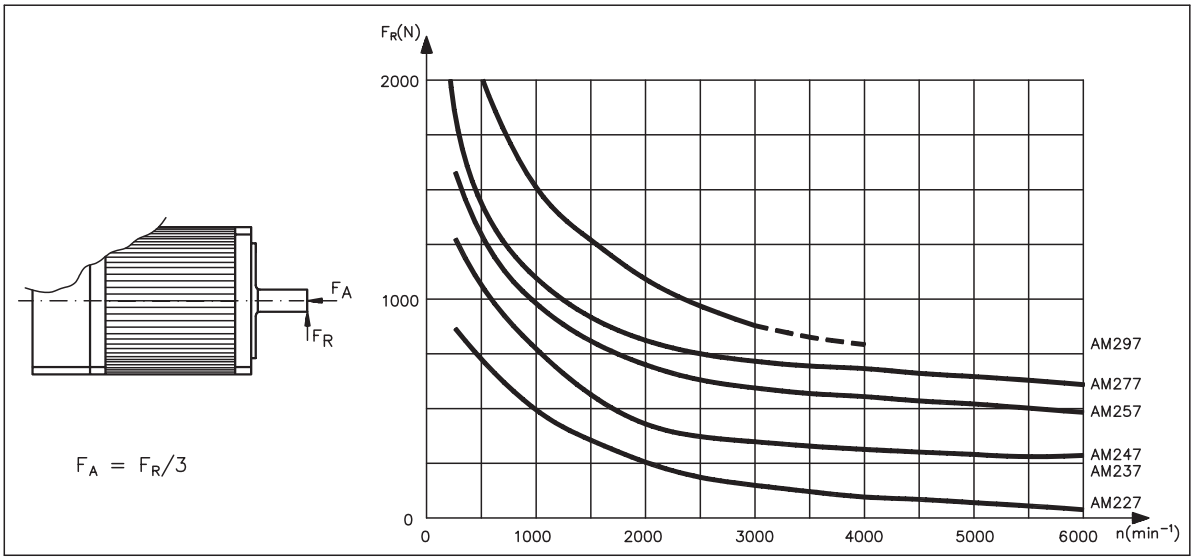


Wellenende OHNE Paßfedernut nach DIN 748

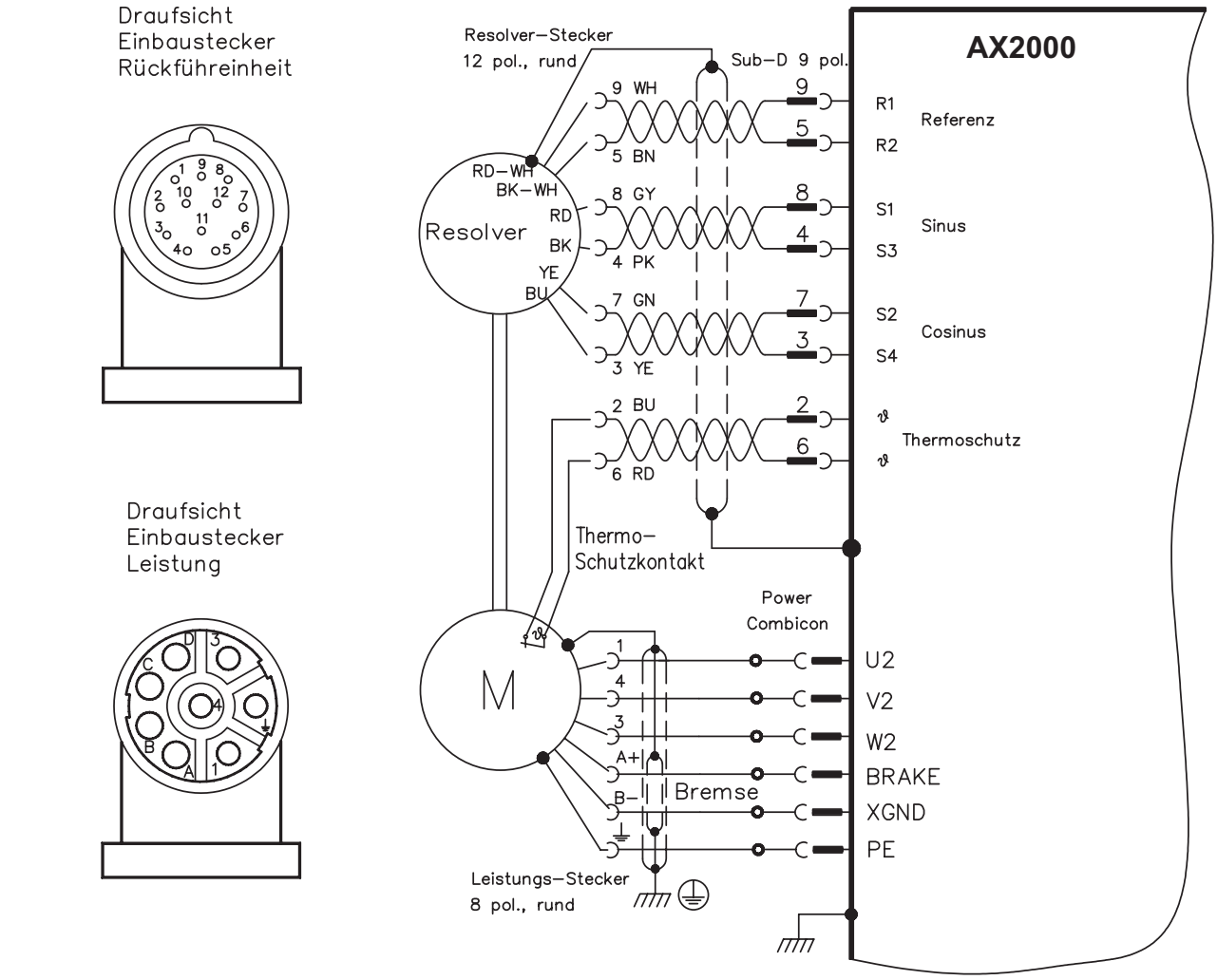
Zentrierung mit Innengewinde nach DIN 332

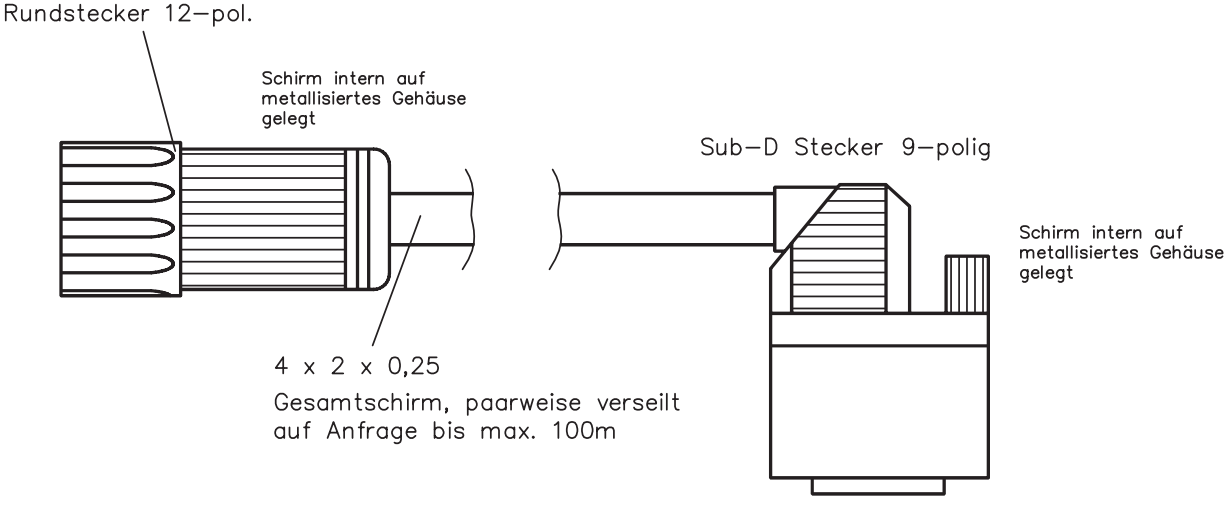
	a_{j6}	b_{k6}	c	d	e	f	g	k	k(0001)	m	n	p	r	u	z
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm
AM237S–S3	60	11	74	23	2,5	10	10	195	228	70	90	5,8	75	M4	82,5
AM237M–S3		11		23			10	213	246						
AM237L–S3		11		23			10	231	264						
AM237VL–S3		14		30			17	274	307						
AM247L–S3	80	14	74	30	3	9	17	273	306	70	100	7	88	M5	82,5
AM257S–S3	95	19	97	40	3	10	22	261	293	81	115	9	105	M5	68,5
AM257M–S3								306	338						
AM277K–S3	130	24	127	50	3,5	11	27	289	332	81	165	11	142	M8	68,5
AM277S–S3								340	383						
AM297K–S3	180	32	190	58	4	13	42	317	361	82	215	14	190	M12	66,5
AM297S–S3								340	384						

III.3 Radial-/Axialkräfte am Wellenende



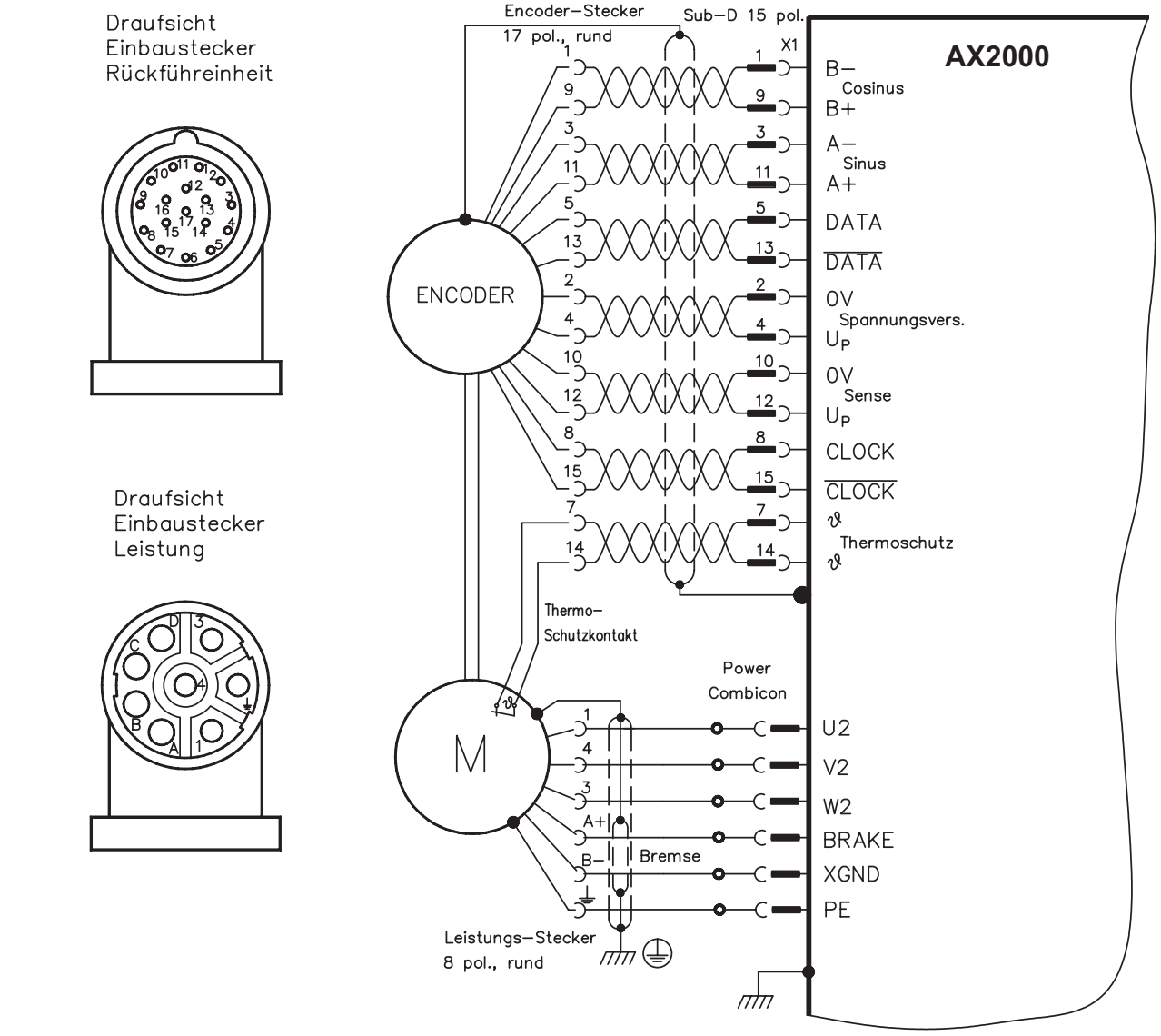
III.4 Anschluss AM227..297 mit Resolver

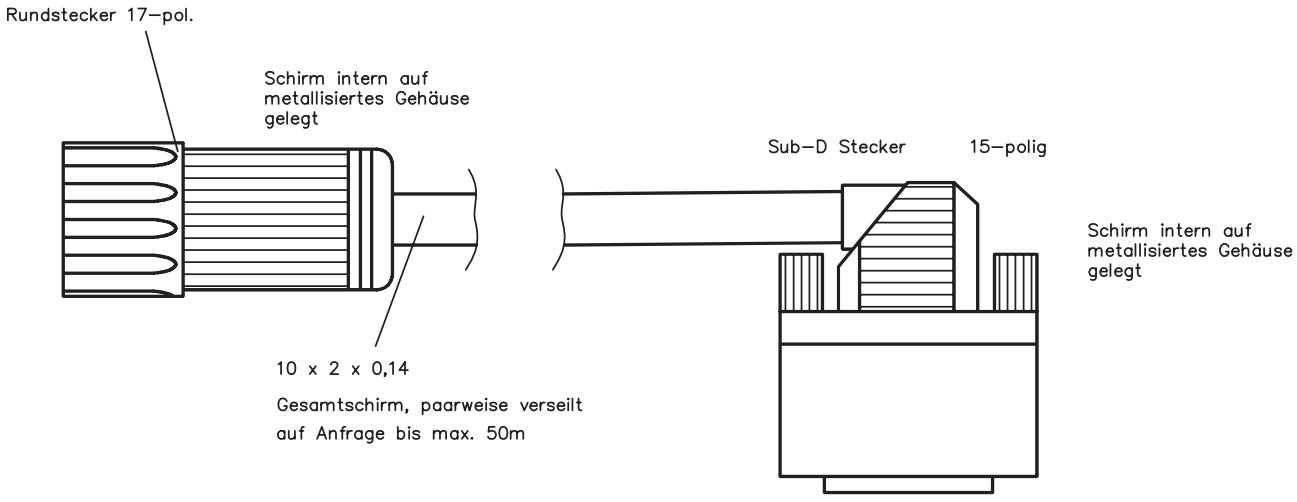




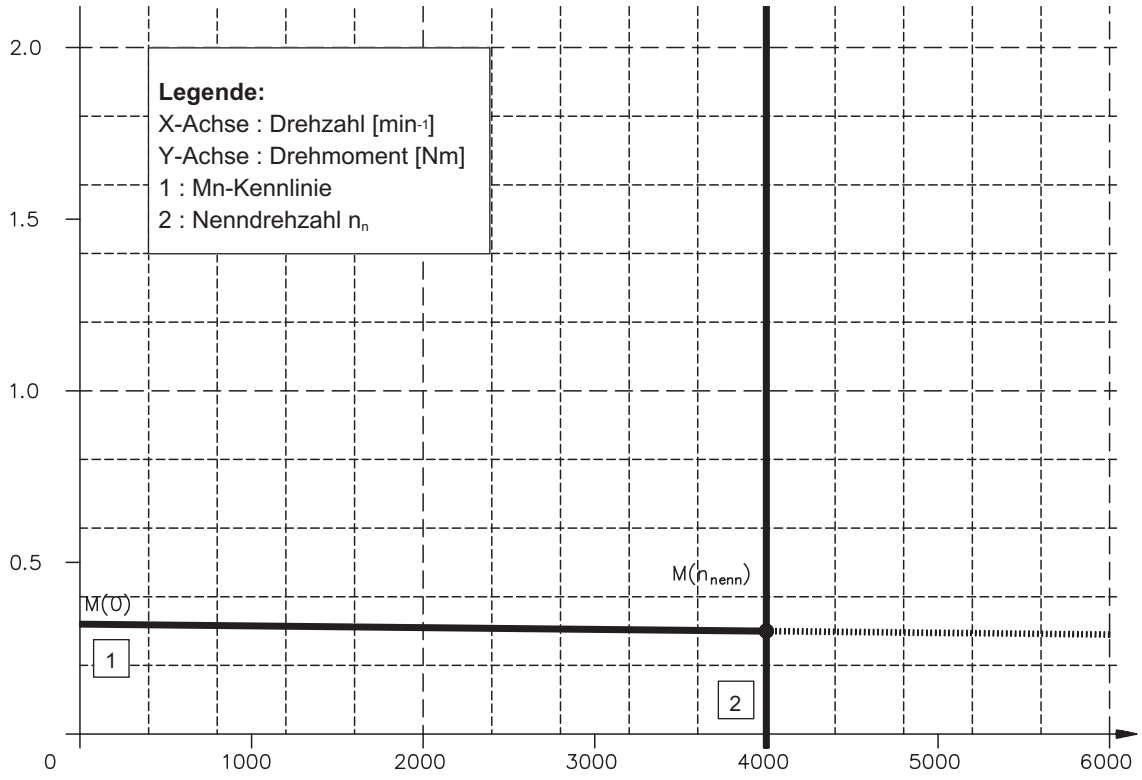
Farbcodierung nach IEC 757

III.5 Anschluss AM227..297 mit Encoder

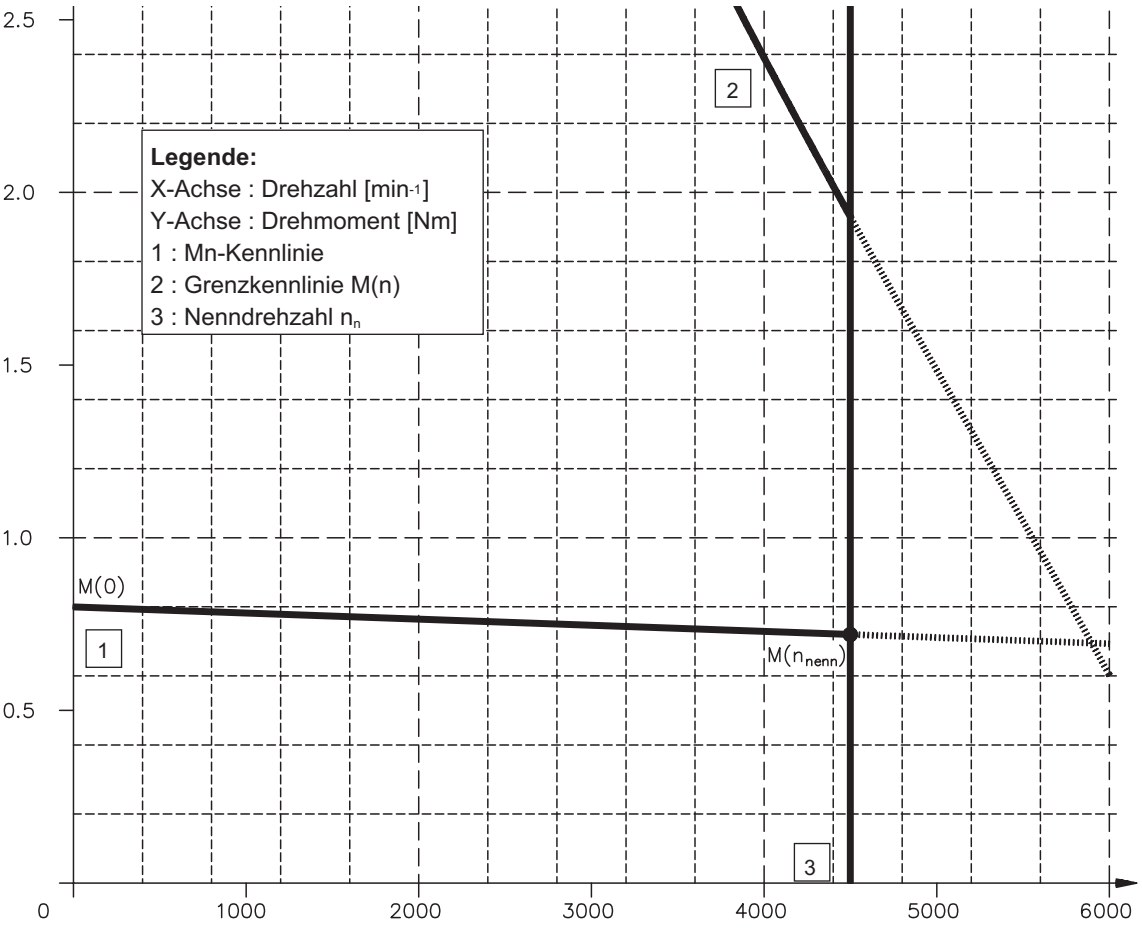




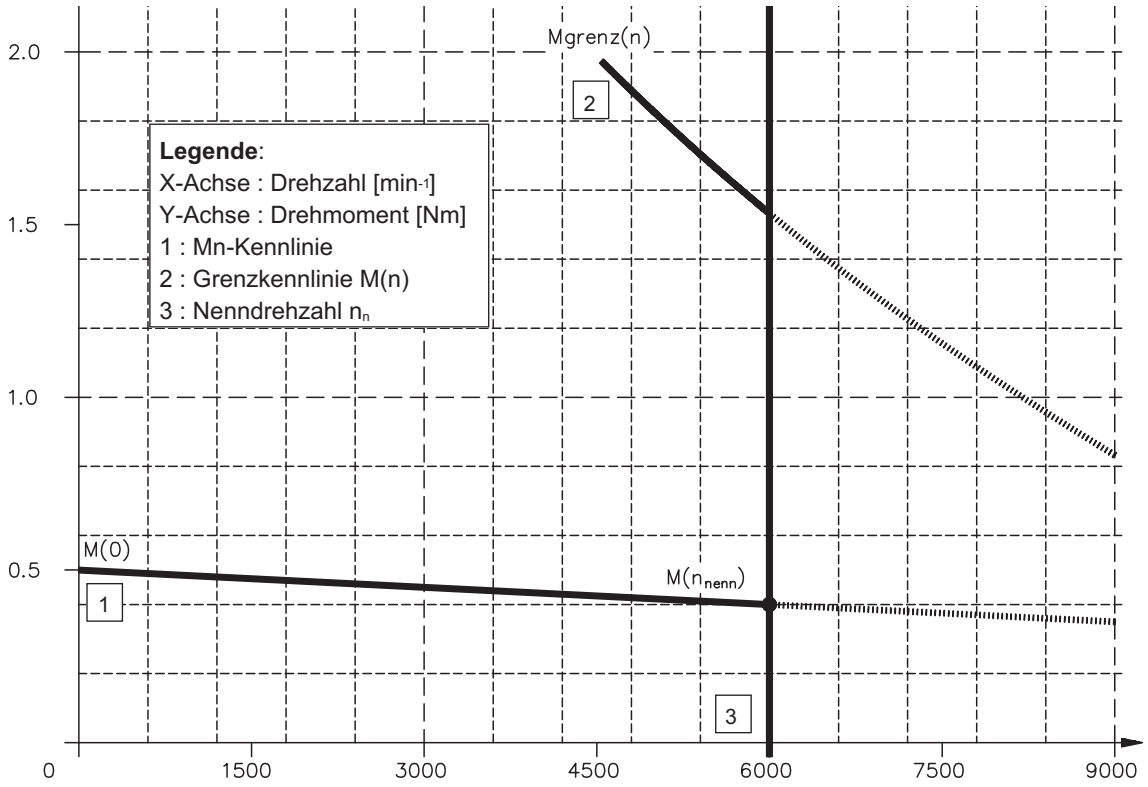
III.6 Mn-Kennlinie AM227M



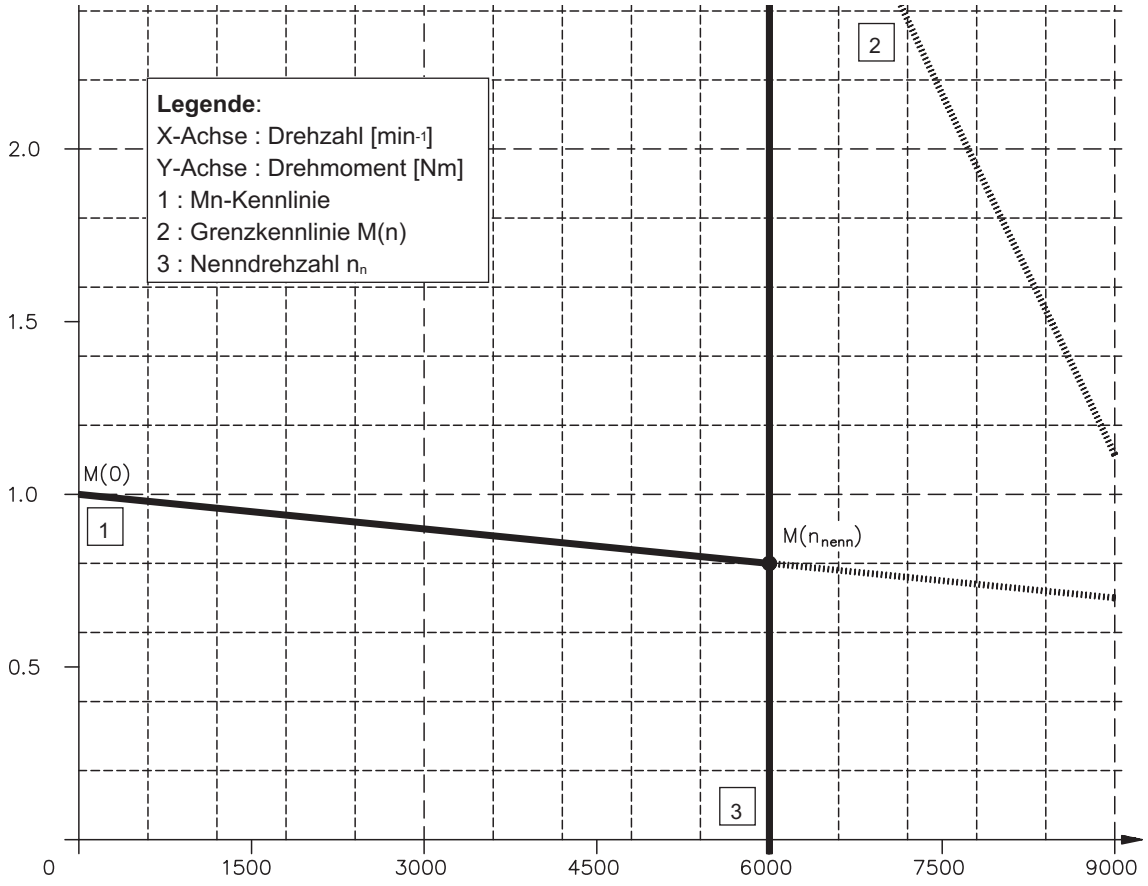
III.7 Mn-Kennlinie AM227LL



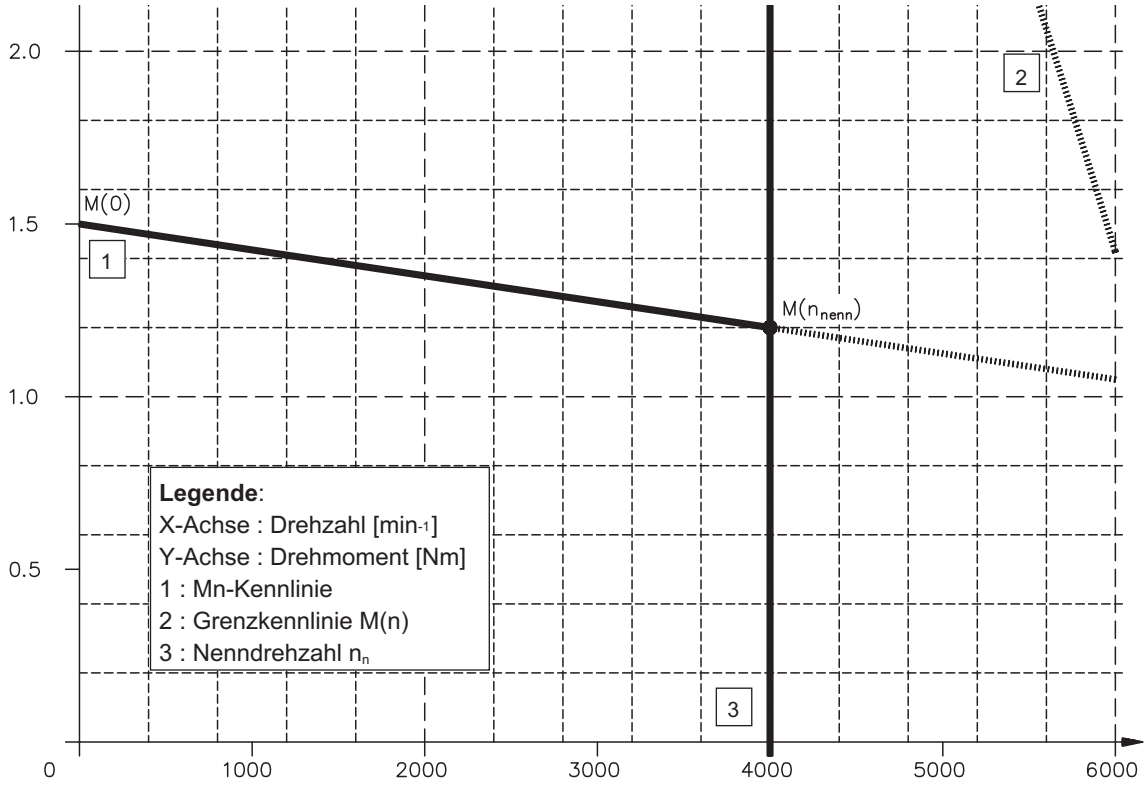
III.8 Mn-Kennlinie AM237S



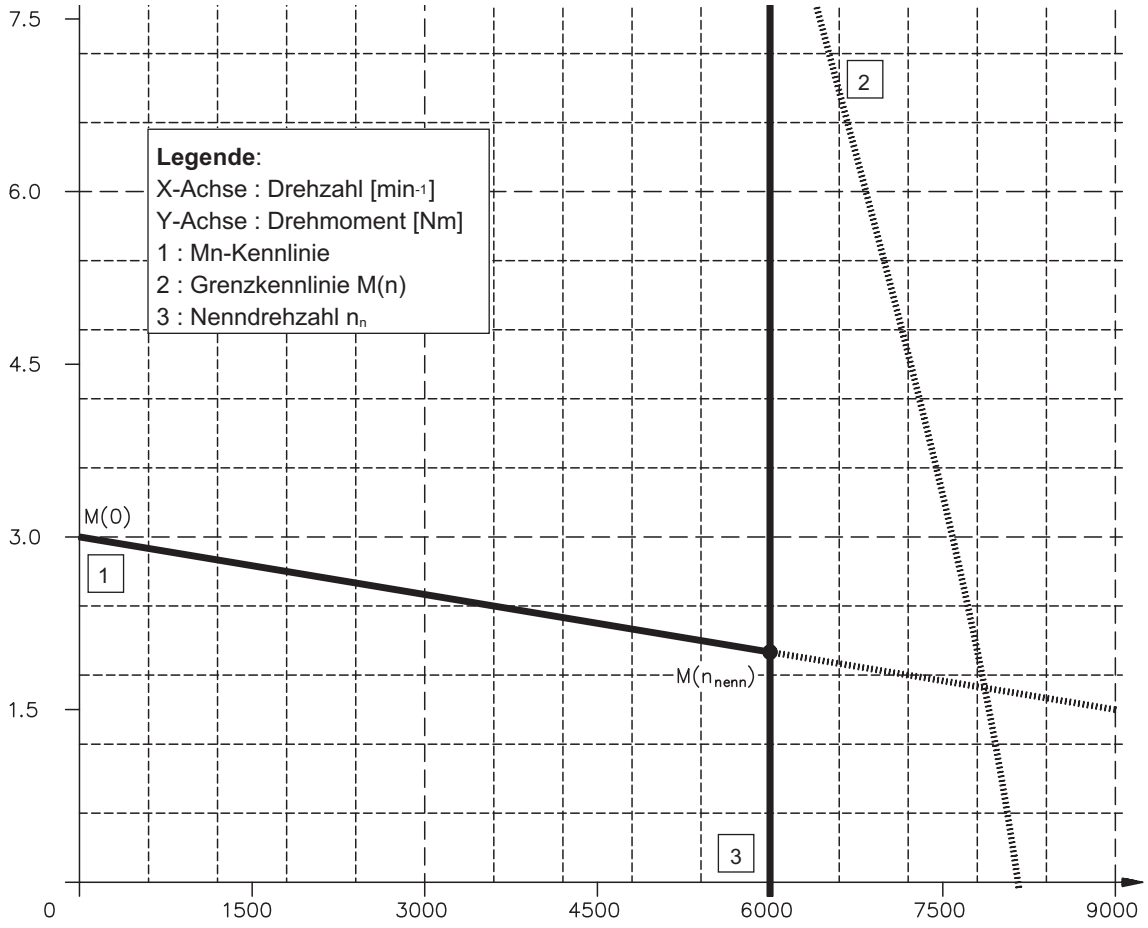
III.9 Mn-Kennlinie AM237M



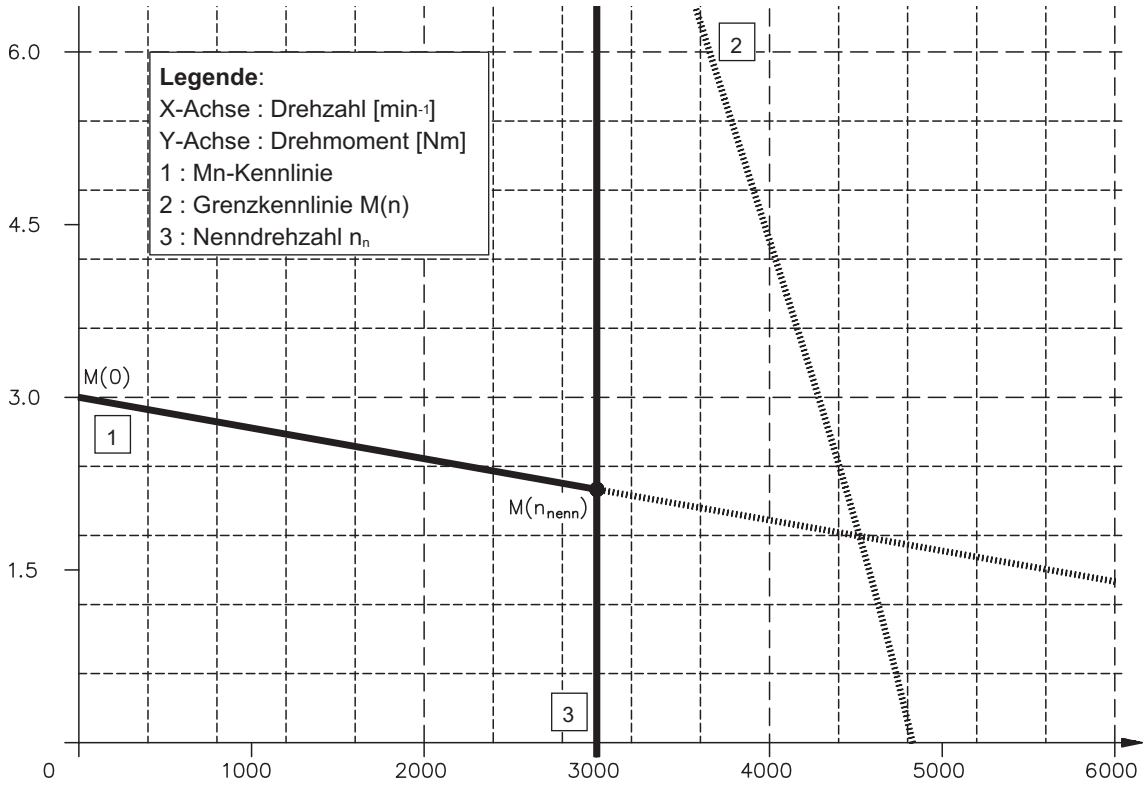
III.10 Mn-Kennlinie AM237L



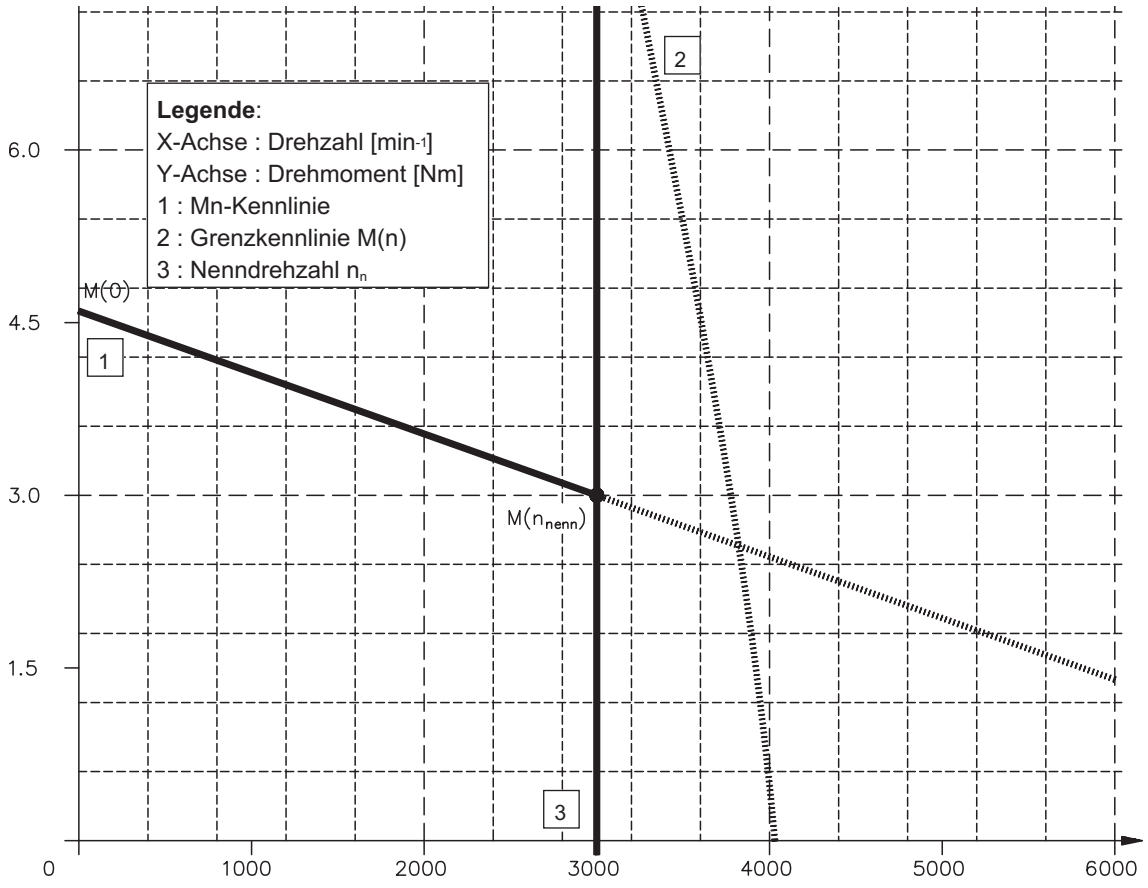
III.11 Mn-Kennlinie AM237VL



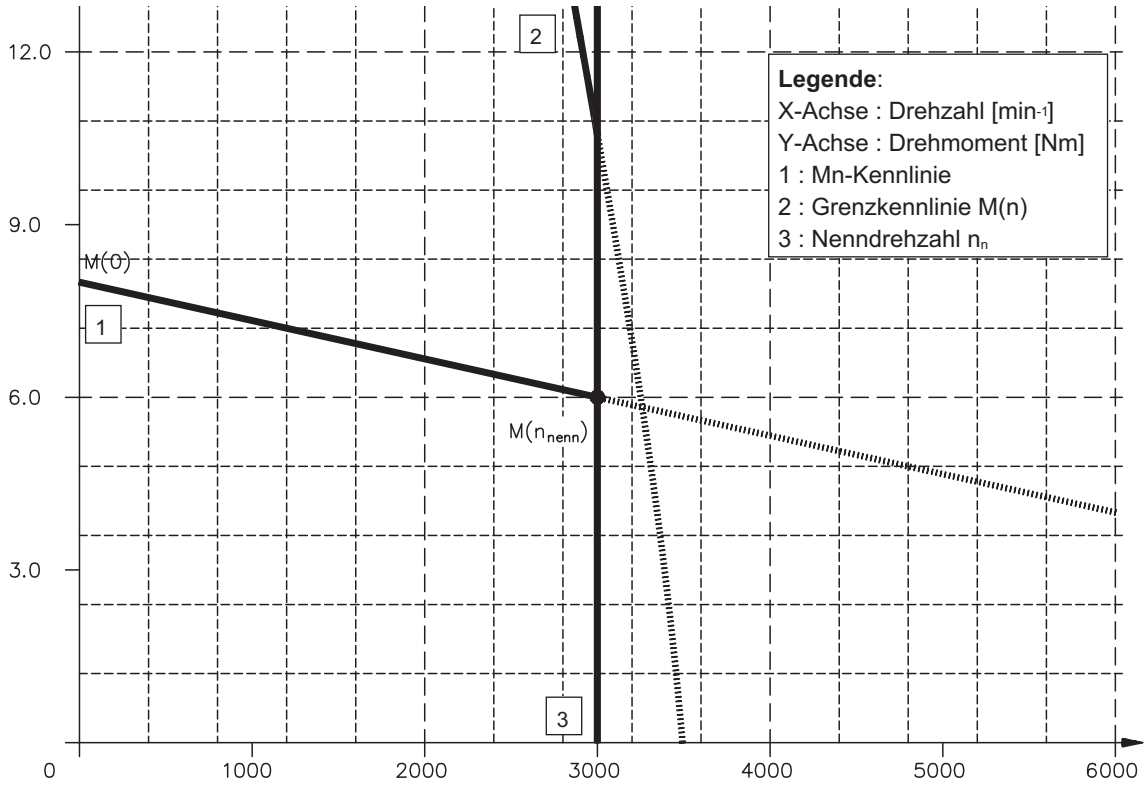
III.12 Mn-Kennlinie AM247L



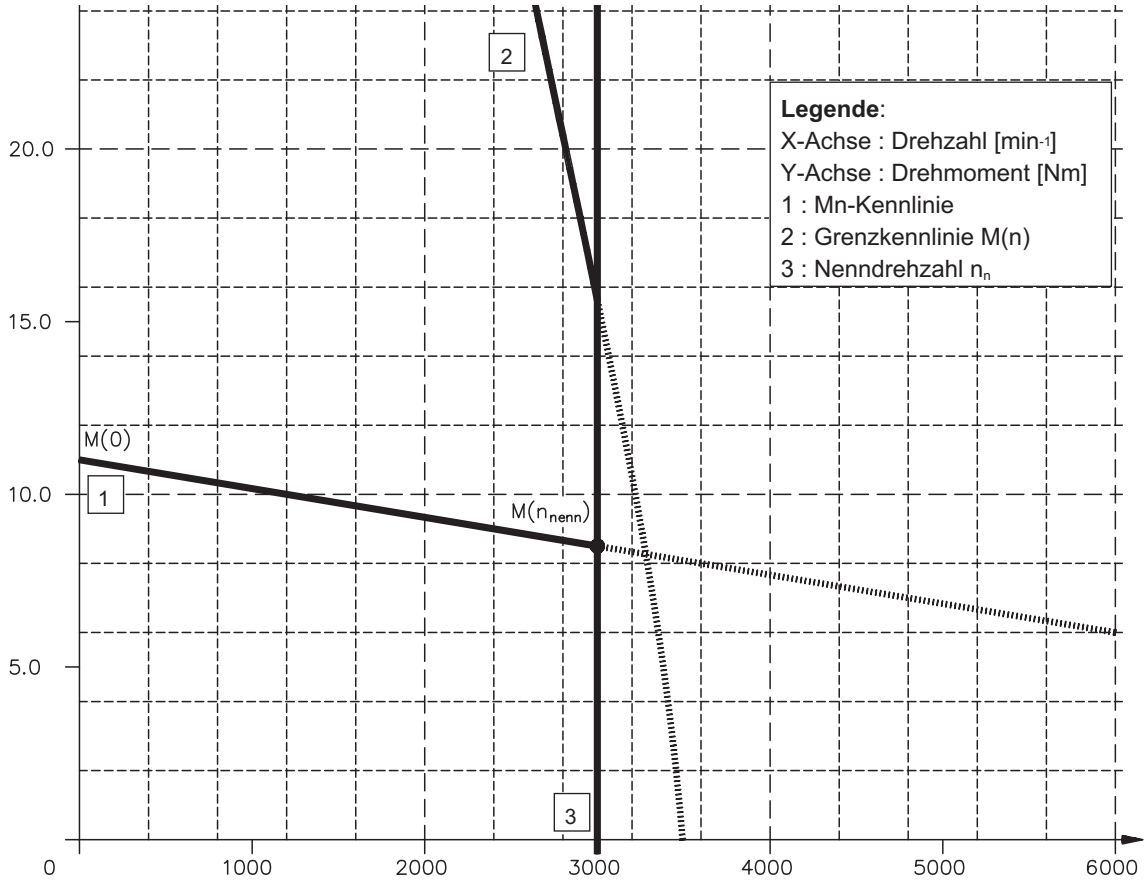
III.13 Mn-Kennlinie AM257S



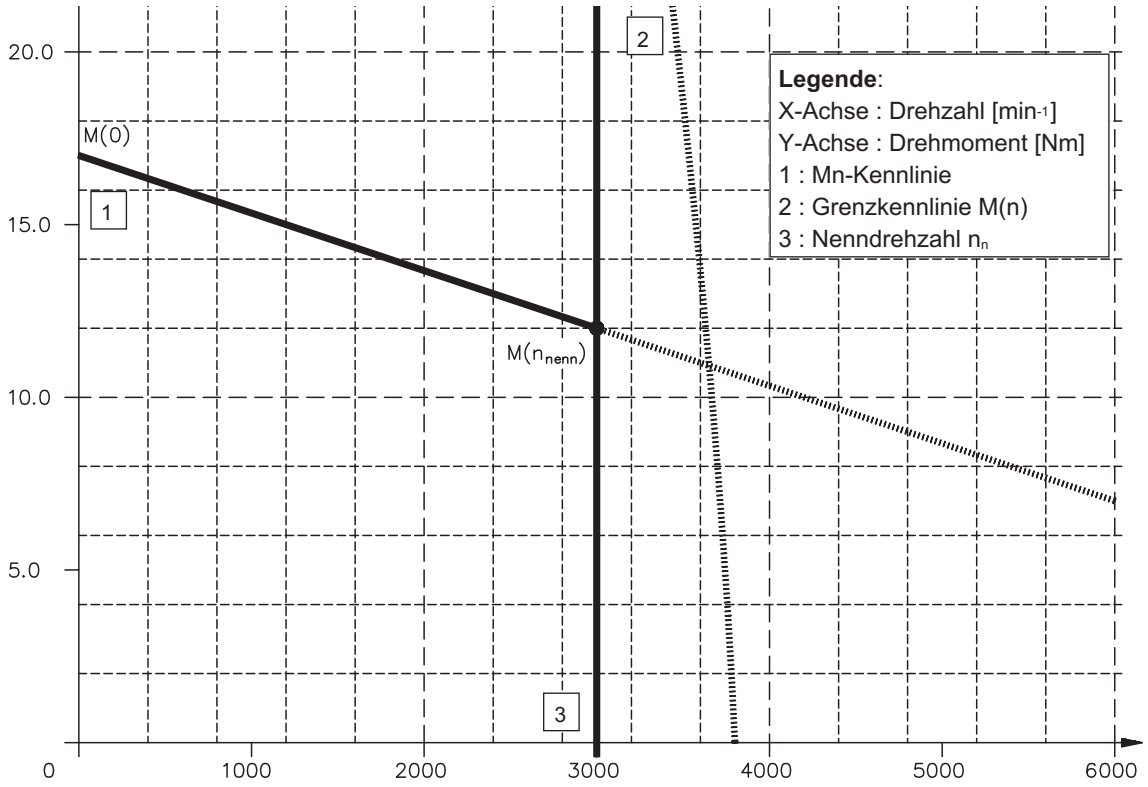
III.14 Mn-Kennlinie AM257M



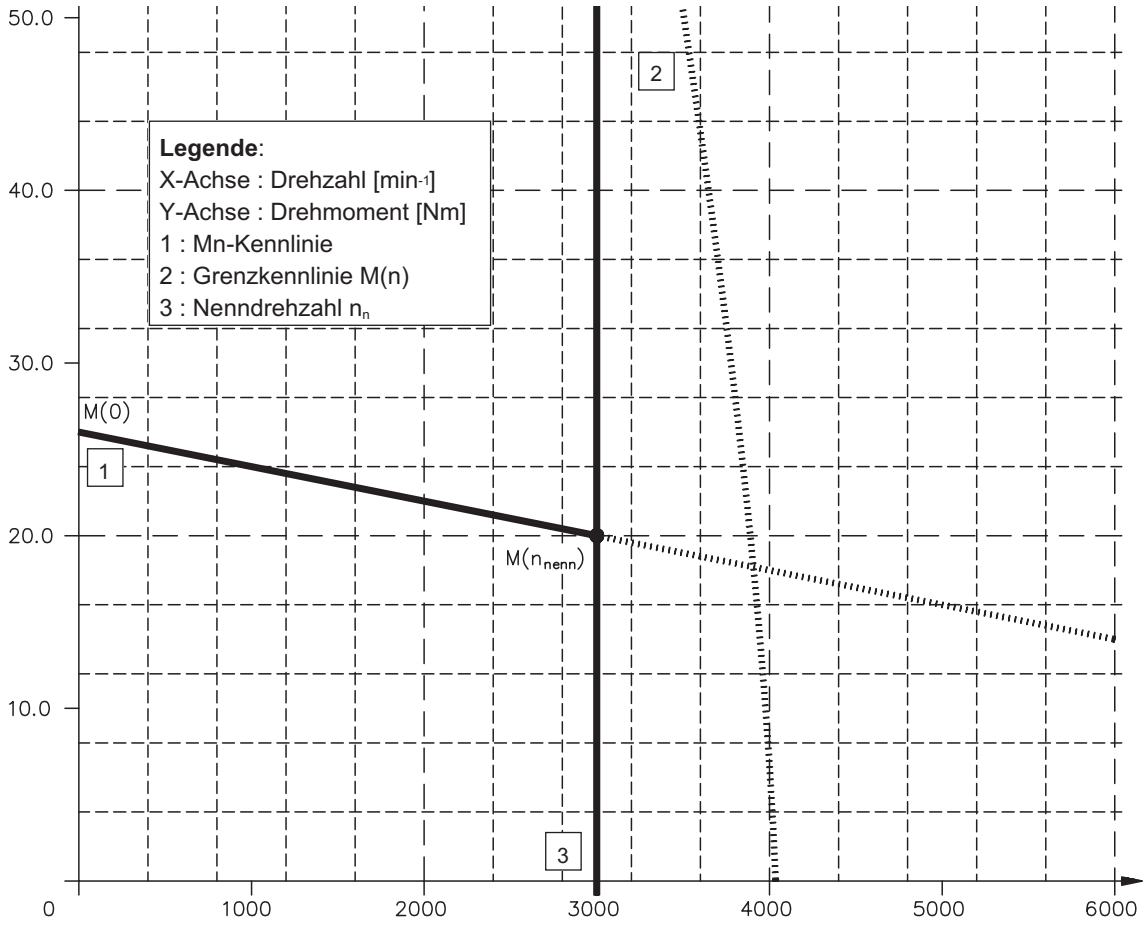
III.15 Mn-Kennlinie AM277K



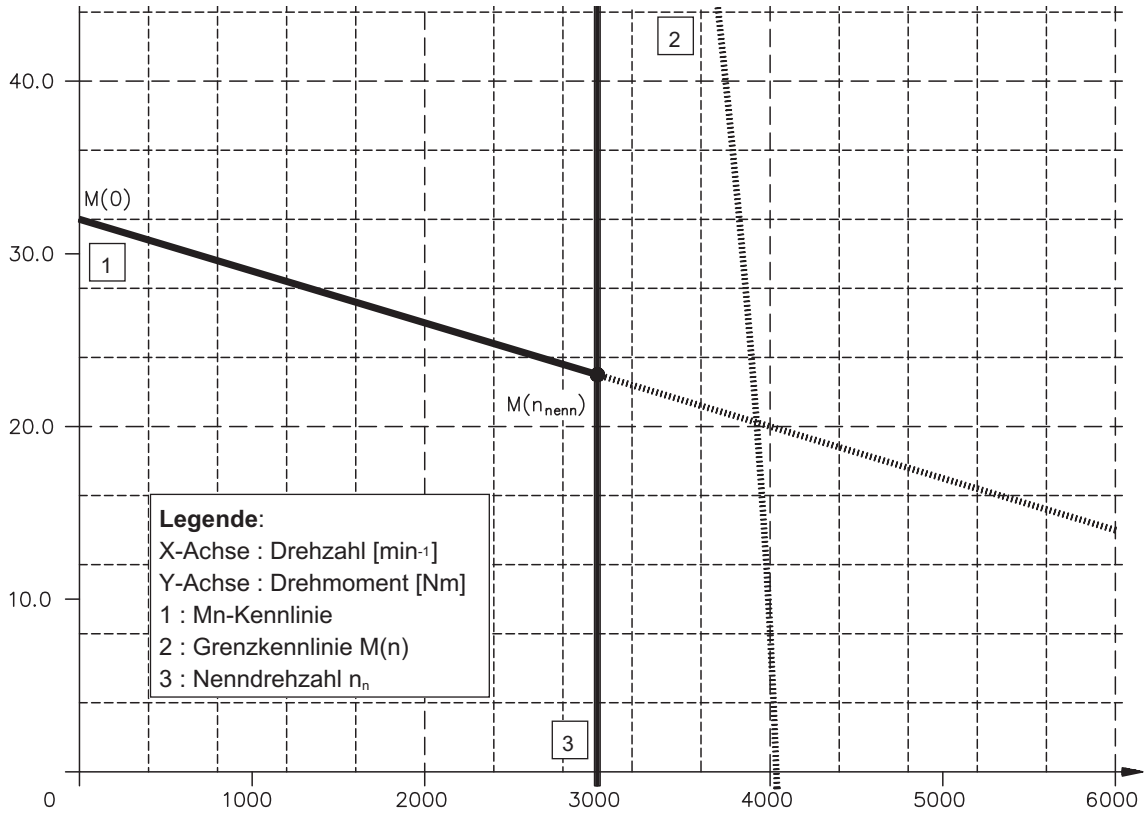
III.16 Mn-Kennlinie AM277S



III.17 Mn-Kennlinie AM297K



III.18 Mn-Kennlinie AM297S



IV Anhang

IV.1 Lieferumfang, Transport, Lagerung, Wartung, Entsorgung

Lieferumfang: — Motor der Serie AM227..297
— Technische Beschreibung (Dokumentation), 1 Exemplar pro Lieferung
— Motorbeipackzettel bei jedem Motor (Kurzinfo)

Transport : — Klimaklasse 2K3 nach EN 50178
Transport-Temperatur -25..+70°C, max. 20K/Stunde schwankend
Transport-Luftfeuchtigkeit: relative Feuchte 5% - 95% nicht kondensierend
— nur von qualifiziertem Personal
— nur in der recyclebaren Original-Verpackung des Herstellers
— vermeiden Sie harte Stöße, insbesondere auf das Wellenende
— überprüfen Sie bei beschädigter Verpackung den Motor auf sichtbare Schäden.
Informieren Sie den Transporteur und gegebenenfalls den Hersteller.

Verpackung :

Motortyp	Karton	Palette oder Gitterbox	max.Stapelhöhe
AM227/237	X		10
AM247	X		6
AM257	X		6
AM277	X		5
AM297		X	1

Lagerung : — Klimaklasse 1K4 nach EN 50178
Lagertemperatur —25...+55°C, max. 20K/Stunde schwankend
Luftfeuchtigkeit relative Feuchte 5% - 95% nicht kondensierend
— nur in der recyclebaren Originalverpackung des Herstellers
— max. Stapelhöhe siehe Tabelle Verpackung
— Lagerdauer ohne Einschränkung

Wartung : — Nur von qualifiziertem Personal
— Die Kugellager haben eine Fettfüllung, die unter normalen Bedingungen für 20.000 Betriebsstunden reicht.
Nach 20.000 Betriebsstunden unter Nennbedingungen sollten die Lager erneuert werden.
— Prüfen Sie den Motor alle 2500 Betriebsstunden bzw. Einmal jährlich auf Kugellagergeräusche. Wenn Sie Geräusche feststellen, darf der Motor nicht weiterbetrieben werden - die Lager müssen erneuert werden.
— Öffnen der Motoren bedeutet den Verlust der Gewährleistung.

Reinigung : — bei Verschmutzung des Gehäuses : Reinigung mit Isopropanol o.ä.
nicht tauchen oder absprühen

Entsorgung : — Lassen Sie die Entsorgung von einem zertifizierten Entsorgungsunternehmen durchführen. Adressen können Sie bei uns erfragen.

IV.2 Beseitigen von Störungen

Verstehen Sie die folgende Tabelle als “Erste Hilfe”-Kasten. Abhängig von den Bedingungen in Ihrer Anlage können vielfältige Ursachen für die auftretende Störung verantwortlich sein. Beschrieben werden vorwiegend die Fehlerursachen, die den Motor direkt betreffen. Auftretende Auffälligkeiten im Regelverhalten haben meist ihre Ursache in fehlerhafter Parametrierung des Servoverstärkers. Informieren Sie sich hierzu in der Dokumentation des Servoverstärkers und der Bedienersoftware.

Bei Mehrachssystemen können weitere versteckte Fehlerursachen vorliegen.

Unsere Applikationsabteilung hilft Ihnen bei Problemen weiter.

Fehler	mögliche Fehlerursachen	Maßnahmen zur Beseitigung der Fehlerursachen
Motor dreht nicht	— Servoverstärker nicht freigegeben — Sollwertleitung unterbrochen — Motorphasen vertauscht — Bremse ist nicht gelöst — Antrieb ist mechanisch blockiert	— ENABLE-Signal anlegen — Sollwertleitung prüfen — Motorphasen korrekt auflegen — Bremsenansteuerung prüfen — Mechanik prüfen
Motor geht durch	— Motorphasen vertauscht	— Motorphasen korrekt auflegen
Motor schwingt	— Abschirmung Resolverleitung unterbrochen — Verstärkung zu groß	— Resolverleitung erneuern — Motordefaultwerte verwenden
Fehlermeldung Bremse	— Kurzschluss in der Spannungszuleitung der Motorhaltebremse — defekte Motorhaltebremse	— Kurzschluss beseitigen — Motor tauschen
Fehlermeldung Endstufenfehler	— Motorleitung hat einen Kurz- oder Erdschluss — Motor hat einen Kurz- oder Erdschluss	— Kabel tauschen — Motor tauschen
Fehlermeldung Resolver	— Resolverstecker ist nicht richtig aufgesteckt — Resolverleitung ist unterbrochen, gequetscht o.ä.	— Steckverbindung überprüfen — Leitungen überprüfen
Fehlermeldung Motortemperatur	— Motorthermoschalter hat angesprochen — Resolverstecker lose oder Resolverleitung unterbrochen	— Abwarten bis Motor abgekühlt ist. Danach überprüfen, warum der Motor so heiß wird. — Stecker prüfen, eventuell neue Resolverleitung einsetzen
Bremse greift nicht	— Gefordertes Haltemoment zu hoch — Bremse defekt — Motorwelle axial überlastet	— Auslegung überprüfen — Motor tauschen — Axialbelastung überprüfen und verringern. Motor tauschen, da die Lager beschädigt sind

IV.3 Stichwortverzeichnis

	Text	Seite
A	Abschirmung	17
	Anschlussbild	23
	Anschlusstechnik	10
	Axialkraft	9
	Axialkraft, Diagramm	22
B	Bauform	9
	Belüftung	17
	Brems-Reaktionszeiten	12
D	Drehmomentkonstante	12
E	Einbauort	17
	Encoder	10
	Entsorgung	32
	Erdung	17
F	Flanschtemperatur	8
H	Haltebremse	10
	Herstellererklärung	6
I	Inbetriebnahme	19
	Inhaltsverzeichnis	3
	Isolierstoffklasse	10
K	Kupplung	9
L	Lagerdauer	32
	Lager-Luftfeuchtigkeit	32
	Lagertemperatur	32
	Lagerung	32
	Leistungsreduzierung	8
	Lieferumfang	32
M	Maße	21
	Masse-Zeichen	16
	Montage	17
	Motorleitung	18
N	Nenndrehmoment	12
	Nennstrom	12
O	Optionen	11
R	Radialkraft	9
	Radialkraft, Diagramm	22
	Resolver	10
	Resolverleitung	18
	Rotorträgheitsmoment	12
	Rückführeinheit	10
S	Schutzart	9
	Schwinggüte	10
	Servoverstärker	8
	Sicherheitshinweise	4
	Spannungskonstante	12
	Spitzenstrom	12
	Stillstandsdrehmoment	12
	Stillstandsstrom	12
T	Technische Daten	13
	Thermische Zeitkonstante	12
	Thermoschutzkontakt	9
	Transport	32
U	Umgebungstemperatur	8
V	Verdrahtung	17
W	Wartung	32