rexroth
A Bosch Company

MLF

Wassergekühlte Linearmotoren

Projektierungsbeschreibung
R911293634

Ausgabe 07



Titel MLF
Wassergekühlte Linearmotoren

Art der Dokumentation Projektierungsbeschreibung

Dokumentations-Type DOK-MOTOR*-MLF********-PR07-DE-P

Interner Ablagevermerk RS-69fcf21a3ccd9e510a6846a000fe2e52-5-de-DE-5

Änderungsverlauf Ausgabe 07
Siehe Tab. 1-2 "Änderungsverlauf" auf Seite 5.

Schutzvermerk © Bosch Rexroth AG 2021
Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Verbindlichkeit Die angegebenen Daten dienen allein der Produktbeschreibung und sind nicht als zugesicherte Eigenschaften im Rechtssinne zu verstehen. Änderungen im Inhalt der Dokumentation und Liefermöglichkeiten der Produkte sind vorbehalten.

Herausgeber Bosch Rexroth AG
Abt. DC-AE/EPI5 (fs)
Bgm.-Dr.-Nebel-Str. 2
97816 Lohr, Deutschland
Tel. +49 93 52 18 0 / Fax +49 93 52 18 8400
http://www.boschrexroth.com/electrics

Hinweis Diese Dokumentation ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Synchron-Linearmotoren MLF ... 1
1.1 Anwendungsbereiche ... 1
1.2 Grundmerkmale ... 2
1.3 Aufbau ... 3
1.4 Leistungsspektrum ... 3
1.5 Über diese Dokumentation ... 5
1.5.1 Ausgaben dieser Dokumentation ... 5
1.5.2 Dokumentstruktur ... 6
1.5.3 Darstellung von Informationen ... 6
1.5.4 Weiterführende Dokumentation ... 8
1.5.5 Normen ... 8
1.5.6 Zusatzkomponenten ... 8
1.5.7 Ihr Feedback ... 8

2 Wichtige Gebrauchshinweise ... 9
2.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch ... 9
2.1.1 Einführung ... 9
2.1.2 Einsatz- und Anwendungsbereiche ... 9
2.2 Nicht-bestimmungsgemäßer Gebrauch ... 10

3 Sicherheitshinweise für elektrische Antriebe und Steuerungen ... 11
3.1 Begriffsdefinitionen ... 11
3.2 Grundsätzliche Hinweise ... 12
3.2.1 Benutzung und Weitergabe der Sicherheitshinweise ... 12
3.2.2 Voraussetzungen für den sicheren Gebrauch ... 12
3.2.3 Gefahren durch falschen Gebrauch ... 14
3.3 Gefahrenbezogene Hinweise ... 15
3.3.1 Schutz gegen Berühren elektrischer Teile und von Gehäusen ... 15
3.3.2 Schutzkleinspannung als Schutz gegen elektrischen Schlag ... 16
3.3.3 Schutz vor gefährlichen Bewegungen ... 16
3.3.4 Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern ... 18
3.3.5 Schutz gegen Berühren heißer Teile ... 19
3.3.6 Schutz bei Handhabung und Montage ... 20
3.3.7 Schutz beim Umgang mit Batterien ... 21
3.3.8 Schutz vor unter Druck stehenden Leitungen ... 22
3.4 Erläuterung der Signalwörter und der Signalgrafik ... 22

4 Technische Daten ... 25
4.1 Erläuterungen zu den technischen Daten ... 25
4.1.1 Allgemeines ... 25
4.1.2 Betriebsverhalten ... 25
4.1.3 IndraSize ... 28
4.1.4 Kenngrößen MLP ... 29

Seite

4.1.5 Kenngrößen MLS ... 30
4.2 Allgemeine technische Daten ... 31
4.3 Baugröße 040 ... 32
4.3.1 Daten MLP040 ... 32
4.3.2 Motorkennlinien MLP040 ... 33
4.3.3 Daten MLS040 ... 35
4.4 Baugröße 052 ... 36
4.4.1 Daten MLP052 ... 36
4.4.2 Motorkennlinien MLP052 ... 37
4.4.3 Daten MLS052 ... 38
4.5 Baugröße 070 ... 39
4.5.1 Daten MLP070A ... 39
4.5.2 Motorkennlinien MLP070A ... 40
4.5.3 Daten MLP070B ... 42
4.5.4 Motorkennlinien MLP070B ... 43
4.5.5 Daten MLP070C ... 46
4.5.6 Motorkennlinien MLP070C ... 47
4.5.7 Daten MLS070 ... 49
4.6 Baugröße 100 ... 50
4.6.1 Daten MLP100A ... 50
4.6.2 Motorkennlinien MLP100A ... 51
4.6.3 Daten MLP100K ... 53
4.6.4 Motorkennlinie MLP100K ... 54
4.6.5 Daten MLP100B ... 55
4.6.6 Motorkennlinien MLP100B ... 56
4.6.7 Daten MLP100C ... 58
4.6.8 Motorkennlinien MLP100C ... 59
4.6.9 Daten MLS100 ... 60
4.7 Baugröße 102 ... 61
4.7.1 Daten MLP102 ... 61
4.7.2 Motorkennlinien MLP102 ... 62
4.7.3 Daten MLS102 ... 63
4.8 Baugröße 140 ... 64
4.8.1 Daten MLP140Z ... 64
4.8.2 Motorkennlinie MLP140Z ... 65
4.8.3 Daten MLP140A ... 66
4.8.4 Motorkennlinien MLP140A ... 67
4.8.5 Daten MLP140B ... 68
4.8.6 Motorkennlinien MLP140B ... 69
4.8.7 Daten MLP140C ... 71
4.8.8 Motorkennlinien MLP140C ... 72
4.8.9 Daten MLS140 ... 74
4.9 Baugröße 152 ... 75
4.9.1 Daten MLP152 ... 75
4.9.2 Motorkennlinien MLP152 ... 76
4.9.3 Daten MLS152 ... 78

Seite

4.10 Baugröße 200 ... 79
4.10.1 Daten MLP200A, MLP200B ... 79
4.10.2 Motorkennlinien MLP200A ... 80
4.10.3 Motorkennlinien MLP200B ... 81
4.10.4 Daten MLP200C ... 82
4.10.5 Motorkennlinien MLP200C ... 83
4.10.6 Daten MLP200D ... 85
4.10.7 Motorkennlinien MLP200D ... 86
4.10.8 Daten MLS200 ... 88
4.11 Baugröße 202 ... 89
4.11.1 Daten MLP202 ... 89
4.11.2 Motorkennlinien MLP202 ... 90
4.11.3 Daten MLS202 ... 92
4.12 Baugröße 300 ... 93
4.12.1 Daten MLP300A /-B ... 93
4.12.2 Motorkennlinien Baugröße MLP300A /-B ... 94
4.12.3 Daten MLP300C ... 96
4.12.4 Motorkennlinien MLP300C ... 97
4.12.5 Daten MLS300 ... 98

5 Maßangaben, Einbaumaße und -toleranzen ... 99
5.1 Allgemeine Hinweise ... 99
5.2 Maßangaben ... 99
5.2.1 Einbaumaße und Toleranzen ... 99
5.2.2 Parallelität und Symmetrie von Maschinenteilen ... 101
5.3 Baugröße 040 ... 102
5.3.1 Primärteil MLP040 mit Standardkapselung ... 102
5.3.2 Primärteil MLP040 mit Thermokapselung ... 103
5.3.3 Sekundärteil MLS040 ... 104
5.4 Baugröße 052 ... 105
5.4.1 Primärteil MLP052 mit Thermokapselung ... 105
5.4.2 Sekundärteil MLS052 ... 106
5.5 Baugröße 070 ... 107
5.5.1 Primärteil MLP070 mit Standardkapselung ... 107
5.5.2 Primärteil MLP070 mit Thermokapselung ... 108
5.5.3 Sekundärteil MLS070 ... 109
5.6 Baugröße 100 ... 110
5.6.1 Primärteil MLP100 mit Standardkapselung ... 110
5.6.2 Primärteil MLP100 mit Thermokapselung ... 111
5.6.3 Sekundärteil MLS100 ... 112
5.7 Baugröße 102 ... 113
5.7.1 Primärteil MLP102 mit Thermokapselung ... 113
5.7.2 Sekundärteil MLS102 ... 114
5.8 Baugröße 140 ... 115
5.8.1 Größe der Kabelverschraubung ... 115
5.8.2 Primärteil MLP140Z mit Standardkapselung ... 116

Seite

5.8.3 Primärteil MLP140A/B/C, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt < 10 mm² 117
5.8.4 Primärteil MLP140A/B/C, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt = 10 mm² 118
5.8.5 Primärteil MLP140A/B/C mit Thermokapselung 119
5.8.6 Sekundärteil MLS140 120
5.9 Baugröße 152 121
5.9.1 Primärteil MLP152 mit Thermokapselung 121
5.9.2 Sekundärteil MLS152 122
5.10 Baugröße 200 123
5.10.1 Größe der Kabelverschraubung 123
5.10.2 Primärteil MLP200, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt < 10 mm² 124
5.10.3 Primärteil MLP200, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt = 10 mm² 125
5.10.4 Primärteil MLP200 mit Thermokapselung 126
5.10.5 Sekundärteil MLS200 127
5.11 Baugröße 202 128
5.11.1 Primärteil MLP202 mit Thermokapselung 128
5.11.2 Sekundärteil MLS202 129
5.12 Baugröße 300 130
5.12.1 Größe der Kabelverschraubung 130
5.12.2 Primärteil MLP300, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt < 10 mm² 131
5.12.3 Primärteil MLP300, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt = 10 mm² 132
5.12.4 Primärteil MLP300 mit Thermokapselung 133
5.12.5 Sekundärteil MLS300 134

6 Produktinformation 135
6.1 Typenschlüssel 135
6.1.1 Allgemeines 135
6.1.2 Typenschlüssel Primärteil MLP 136
6.1.3 Typenschlüssel Sekundärteil MLS 138
6.1.4 Baugröße 040 140
6.1.5 Baugröße 052 142
6.1.6 Baugröße 070 144
6.1.7 Baugröße 100 146
6.1.8 Baugröße 102 148
6.1.9 Baugröße 140 150
6.1.10 Baugröße 152 152
6.1.11 Baugröße 200 154
6.1.12 Baugröße 202 156
6.1.13 Baugröße 300 158
6.2 Produktkennzeichnung 160
6.2.1 Typenschild Primärteil 160
6.2.2 Typenschild Sekundärteil 161

7 Zubehör und Optionen 163
7.1 Hallsensor-Box 163
7.1.1 Allgemeines 163

Seite

7.1.2 Funktionsprinzip ... 163
7.1.3 Anschlussschema ... 164
7.1.4 Bestellbezeichnungen ... 164

8 Anschlusstechnik ... 165
8.1 Allgemeines ... 165
8.2 Anschlusskabel am Primärteil ... 165
8.3 Elektrischer Anschluss ... 167
8.3.1 Anschluss Primärteil ... 167
8.3.2 Steckerset für Anschlusskabel ... 168
8.3.3 Verlegung der Anschlusskabel ... 169
8.3.4 Anschlussbezeichnungen am Rexroth-Regelgerät ... 176
8.4 Sensorik ... 177
8.4.1 Temperatursensoren ... 177
8.4.2 Anschluss Längenmesssystem ... 177
8.5 Motorkühlung ... 178
8.5.1 Allgemeines ... 178
8.5.2 Art und Abdichtung des Kühlmittelanschlusses ... 179
8.5.3 Betriebsdruck ... 180

9 Applikations- und Konstruktionshinweise ... 181
9.1 Funktionsprinzip ... 181
9.2 Motorausführungen ... 182
9.2.1 Allgemeines ... 182
9.2.2 Primärteil Standardkapselung ... 183
9.2.3 Primärteil Thermokapselung ... 184
9.2.4 Ausführung Sekundärteil ... 185
9.3 Umweltbedingungen im Betrieb ... 185
9.4 Schutzart ... 187
9.5 Gehäuseoberfläche ... 188
9.6 Abnahmen und Zulassungen ... 188
9.6.1 CE ... 188
9.6.2 UR/cUR ... 188
9.6.3 RoHS ... 188
9.6.4 China RoHS 2 ... 188
9.7 Verträglichkeitsprüfung ... 189
9.8 Magnetfelder ... 189
9.9 Geräuschemission ... 191
9.10 Motorkühlung ... 191
9.10.1 Allgemeines ... 191
9.10.2 Thermisches Verhalten von Linearmotoren ... 192
9.10.3 Kühlkonzept ... 194
9.10.4 Kühlmedium ... 195
9.10.5 Betrieb von Synchron-Linearmotoren MLF ohne Flüssigkeitskühlung ... 200
9.10.6 Dimensionierung des Kühlkreislaufes ... 201

Seite

9.10.7 Flüssigkeitskühlsystem ... 205
9.11 Motortemperaturüberwachung ... 210
9.12 Anforderungen an die Maschinenkonstruktion ... 213
9.12.1 Allgemeines ... 213
9.12.2 Massenreduzierung ... 213
9.12.3 Mechanische Steifigkeit ... 213
9.12.4 Schutz des Motoreinbauraumes ... 214
9.13 Anordnung der Motorkomponenten ... 215
9.13.1 Einzelanordnung ... 215
9.13.2 Mehrere Motoren pro Achse ... 216
9.13.3 Vertikale Achsen ... 222
9.14 Vorschub- und Anziehungskräfte ... 223
9.14.1 Anziehungskräfte zwischen Primär- und Sekundärteil ... 223
9.14.2 Anziehungskräfte in Abhängigkeit vom Luftspalt ... 224
9.14.3 Anziehungskräfte in Abhängigkeit von der Bestromung ... 224
9.14.4 Luftspaltabhängige Vorschubkraft ... 225
9.14.5 Reduzierte Überdeckung zwischen Primär- und Sekundärteil ... 225
9.15 Betrieb bei oder nahe Stillstand des Motors ... 229
9.16 Längenmesssysteme ... 230
9.16.1 Allgemeines ... 230
9.16.2 Auswahlkriterien Längenmesssystem ... 230
9.16.3 Anbau des Längenmesssystems ... 235
9.17 Linearführungssysteme ... 235
9.18 Bremssysteme und Haltevorrichtungen ... 236
9.19 Endlagendämpfer ... 236
9.20 Achsabdecksysteme ... 237
9.21 Abstreifer ... 237
9.22 Steuern und Regeln der MLF-Motoren ... 239
9.22.1 Allgemeines ... 239
9.22.2 Antriebsregelgeräte und Versorgungsmodule ... 239
9.22.3 Steuerungssysteme ... 239
9.23 Stillsetzen bei NOT-AUS sowie im Fehlerfall ... 240
9.23.1 Allgemeines ... 240
9.23.2 Stillsetzen durch den Antrieb ... 240
9.23.3 Stillsetzen durch eine übergeordnete Steuerung ... 241
9.23.4 Stillsetzen über mechanische Bremseinrichtungen ... 241
9.23.5 Verhalten bei Netzausfall ... 242
9.23.6 Zwischenkreiskurzschluss ... 243
9.24 Maximale Beschleunigungsänderung (Ruckbegrenzung) ... 243
9.25 Lage- und Geschwindigkeitsauflösung ... 244
9.25.1 Antriebsinterne Positionsauflösung und Positioniergenauigkeit ... 244
9.25.2 Geschwindigkeitsauflösung ... 246
9.26 Laststeifigkeit ... 246
9.26.1 Allgemeines ... 246
9.26.2 Statische Laststeifigkeit ... 246
9.26.3 Dynamische Laststeifigkeit ... 247

Seite

10 Motordimensionierung ... 249
10.1 Allgemeine Vorgehensweise ... 249
10.2 Grundlegende Formeln ... 250
10.2.1 Allgemeine Bewegungsgleichungen ... 250
10.2.2 Vorschubkräfte ... 251
10.2.3 Mittlere Geschwindigkeit ... 254
10.2.4 Trapezförmige Geschwindigkeit ... 254
10.2.5 Dreieckförmige Geschwindigkeit ... 258
10.2.6 Sinusförmige Geschwindigkeit ... 259
10.3 Einschaltdauer und Vorschubkraft ... 261
10.3.1 Allgemeines ... 261
10.3.2 Ermittlung der Einschaltdauer ... 262
10.4 Bestimmung der Antriebsleistung ... 263
10.4.1 Allgemeines ... 263
10.4.2 Dauerleistung ... 264
10.4.3 Maximalleistung ... 264
10.4.4 Kühlleistung ... 265
10.4.5 Rückspeiseleistung ... 266
10.5 Wirkungsgrad ... 267

11 Handhabung, Transport und Lagerung ... 269
11.1 Auslieferungszustand und Verpackung ... 269
11.1.1 Verpackung ... 269
11.1.2 Primärteile ... 269
11.1.3 Sekundärteile ... 269
11.1.4 Werkseitige Prüfung der Motorkomponenten ... 270
11.1.5 Kundenseitige Prüfung ... 270
11.1.6 Lieferumfang ... 270
11.2 Transport und Lagerung ... 271
11.2.1 Allgemeines ... 271
11.2.2 Hinweise zum Transport ... 271
11.2.3 Hinweise zur Lagerung ... 275

12 Montage ... 277
12.1 Allgemeine Hinweise ... 277
12.2 Allgemeine Sicherheitshinweise ... 277
12.3 Schraubensicherung ... 278
12.4 Montage von Sekundärteilen ... 278
12.4.1 Allgemeines ... 278
12.4.2 Einbau bei einer Strecke aus mehreren Sekundärteilen ... 279
12.4.3 Einbau bei einer Strecke aus einem Sekundärteil ... 283
12.5 Montage von Primärteilen ... 285
12.6 Luftspalt, Parallelität und Symmetrie zwischen den Motorkomponenten ... 286
12.7 Anschluss Flüssigkeitskühlung ... 287
12.8 Elektrischer Anschluss ... 287

Seite

13 Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung ... 289
13.1 Allgemeine Informationen zur Inbetriebnahme ... 289
13.2 Grundlegende Voraussetzungen ... 290
13.2.1 Allgemeines ... 290
13.2.2 Überprüfung aller elektrischen und mechanischen Komponenten ... 290
13.2.3 Hilfsmittel ... 290
13.3 Prinzipieller Inbetriebnahmeablauf ... 291
13.4 Parametrierung ... 293
13.4.1 Allgemeines ... 293
13.4.2 Eingabe Motorparameter ... 293
13.4.3 Motorparameter bei Parallelanordnung ... 294
13.4.4 Betrieb ohne Flüssigkeitskühlung ... 294
13.4.5 Eingabe Parameter Längenmesssystem ... 295
13.4.6 Eingabe Antriebsbegrenzungen und anwendungsabhängiger Parameter ... 295
13.5 Ermittlung der Polarität des Längenmesssystems ... 295
13.6 Kommutierungseinstellung ... 297
13.6.1 Allgemeines ... 297
13.6.2 Sättigungsverfahren (Vorzugsverfahren zur Kommutierung von Synchron-Linearmotoren) ... 299
13.6.3 Sinusverfahren ... 299
13.6.4 Hinweis zur Möglichkeit der Nachoptimierung des Kommutierungsoffsets ... 300
13.6.5 Berechnungsverfahren in Verbindung mit Hallsensor-Box SHL ... 300
13.6.6 Messverfahren: Messung des Bezugs zwischen Primär- und Sekundärteil ... 300
13.7 Regelkreiseinstellung und -optimierung ... 303
13.7.1 Allgemeiner Ablauf ... 303
13.7.2 Parametrierung und Optimierung von Gantry-Achsen ... 305
13.7.3 Abschätzung der bewegten Masse anhand einer Geschwindigkeitsrampe ... 307
13.8 Wartung ... 309
13.8.1 Allgemeines ... 309
13.8.2 Maßnahmen ... 309
13.8.3 Elektrische Überprüfung der Motorkomponenten ... 310
13.9 Betrieb an Fremdregelgeräten ... 311

14 Anhang ... 313
14.1 Empfohlene Lieferanten von Zusatzkomponenten ... 313
14.1.1 Längenmesssysteme ... 313
14.1.2 Linearführungen ... 313
14.1.3 Energieketten ... 313
14.1.4 Kühlaggregate ... 313
14.1.5 Kühlmittelzusatzstoffe ... 314
14.1.6 Kühlmittelschläuche ... 314
14.1.7 Achsabdecksysteme ... 314
14.1.8 Endlagendämpfer ... 315
14.1.9 Klemmelemente für Linearführungen ... 315
14.1.10 Externe mechanische Bremsen ... 315
14.1.11 Gewichtsausgleichsysteme ... 316
14.1.12 Abstreifer ... 316

Seite

15 Umweltschutz und Entsorgung 317

16 Service und Support..... 319

Index..... 321

1 Synchron-Linearmotoren MLF

1.1 Anwendungsbereiche

Sehr hohe Anforderungen an Beschleunigung, Geschwindigkeit, Steifigkeit und Genauigkeit können häufig mit der herkömmlichen Antriebstechnik, bestehend aus einem rotativen elektrischen Motor und nachfolgenden mechanischen Übertragungselementen wie Getriebe, Riementrieb, Kugelgewindetrieb oder Zahnstange-Ritzel nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand realisiert werden.

Die lineare Direktantriebstechnik stellt in vielen Fällen eine optimale Alternative dar und bietet entscheidende Vorteile:

- Hohe Geschwindigkeit und Beschleunigung
- Hervorragende Regelgüte und Positionierverhalten
- Hohe statische und dynamische Laststeifigkeit - keine mechanischen Übertragungselemente (wie z. B. Kugelrollspindel, Zahnriemen, Zahnstange o. ä.)
- Wartungsfreier Antrieb (keine Verschleißteile am Motor)
- Vereinfachung der Maschinenkonstruktion

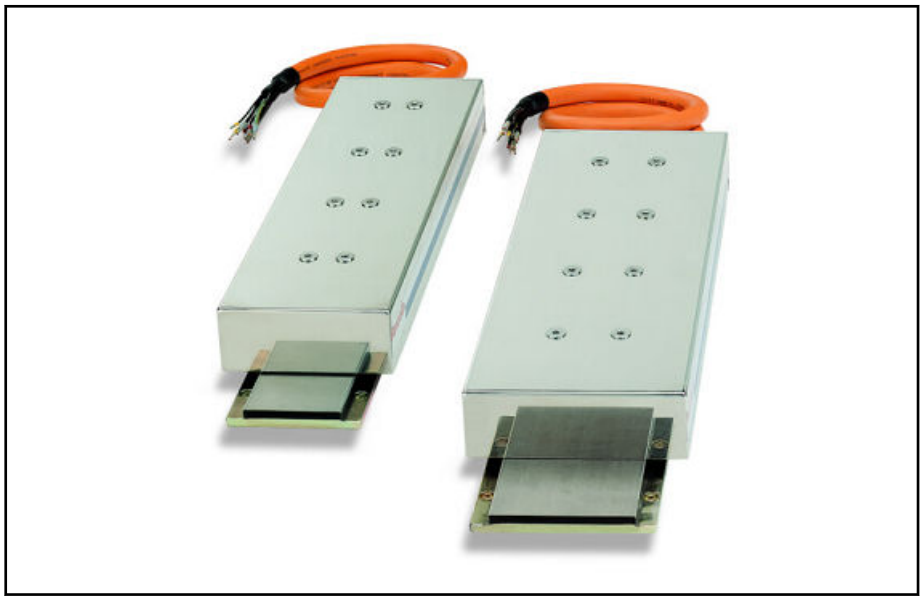


Abb. 1-1: Bildbeispiel MLFxx0-Motoren

Bedingt durch den direkten Einbau in die Maschine entfallen zum einen verschleißbehaftete mechanische Komponenten, zum anderen wird durch das Fehlen dieser mechanischen Elemente ein spielfreier mit minimaler bzw. ohne Umkehrspanne behafteter Antriebsstrang zur Verfügung gestellt. Dadurch sind sehr hohe Regelgüten mit Verstärkungsfaktoren im Lageregelkreis erreichbar.

Positionieraufgaben mit hohen Verfahrgeschwindigkeiten oder schnell aufeinanderfolgende kurzhubige Bewegungen mit hohen Beschleunigungen, führen bei herkömmlichen elektromechanischen Systemen zu vorzeitigem Verschleiß der mechanischen Komponenten und damit zu Ausfällen verbunden mit erheblichen Kosten. Lineare Direktantriebe bieten in solchen Anwendungen entscheidende Vorteile.

Ausgehend von den genannten Vorteilen ergeben sich u. a. folgende Anwendungsbereiche für Lineare Synchron-Direktantriebe:

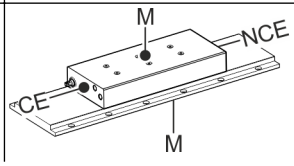
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung in Transferlinien und Bearbeitungszentren
- Schleifbearbeitung, wie z. B. Kurbel- und Nockenwellenbearbeitung
- Laserbearbeitung
- Präzisions- und Ultrapräzisionsbearbeitung
- Blechbearbeitung
- Handling-, Textil- und Verpackungsmaschinen
- Freiformflächenbearbeitung
- Holzbearbeitung
- Leiterplattenbearbeitung

Mit der linearen Direktantriebstechnik bieten sich neue Lösungswege mit deutlich gesteigerten Leistungsdaten durch eine praxisorientierte Kombination der Motortechnik mit digitalen intelligenten Antriebsregelgeräten.



Einen umfangreichen Überblick über alle Produktfamilien von Bosch Rexroth Electric Drives and Controls erhalten Sie im Online-Produktkatalog unter http://www.boschrexroth.com/indradyn.

1.2 Grundmerkmale

Produkt	3~ PM Motor
Typ	MLF bestehend aus MLP und MLS
Umgebungstemperatur im Betrieb	0 … 40 °C
Schutzart	IP65 (EN 60034-5)
Kühlart	IC3W7, Wasserkühlung (EN 60034-6)
Aufstellhöhe	0 ... 1000 m über NN (ohne Derating)
Thermische Klasse	155 (F) (EN 60034-1)
Gebersystem	Optionale Hallsensorbox
Elektrischer Anschluss	Anschlusskabel mit offenen Kabelenden: geschirmtes Kabel (3x Leistung + 1x PE, 2x KTY, 2x PTC)
Mechanischer Schutz	Edelstahl-Abdeckblech über den Magneten der Sekundärteile Edelstahl-Kapselung der Primärteile
Thermische Entkopplung	Optionale Thermokapselung der Primärteile
Motorseiten	 **CE** Cable End, *Kabelabgangsseite* **NCE** Non Cable End, *Nicht-Kabelabgangsseite* **M** Mounting face, *Montagefläche*

1.3 Aufbau

Wassergekühlte Linearmotoren MLF bestehen aus den Komponenten Primär- und Sekundärteil. Das Primärteil ist der elektrisch aktive Teil des Linearmotors. Das geblechte Eisenpaket trägt die drei-phasige Wicklung sowie die Wasserkühlung und ist in einem Edelstahlgehäuse mit einem Kunststoff vergossen. In der Wicklung sind zwei Temperatursensoren integriert. An der Montagefläche des Primärteils befinden sich Befestigungsgewinde zur Montage in der Maschine.

Das Sekundärteil besteht aus einer ferromagnetischen Grundplatte auf der Permanentmagnete aufgebracht sind. Die Magnete sind zum mechanischen Schutz mit einem Edelstahlblech abgedeckt, dessen Abdichtung der Schutzart IP65 (Wasser und Staub) entspricht. In den meisten Fällen wird die Strecke mittels aneinander gereihter Sekundärteile aufgebaut (Kurzstator-Prinzip). Das umgekehrte Prinzip ist ebenfalls möglich (Langstator-Prinzip).

Ferner ist eine so genannte Hallsensorbox verfügbar.

Die Bezeichnungen der Motorkomponenten ergeben sich wie folgt:

- **MLF**: Motor Linear Flüssigkeitskühlung (Wasser)
- **MLP**: Motor Linear Primärteil
- **MLS**: Motor Linear Sekundärteil

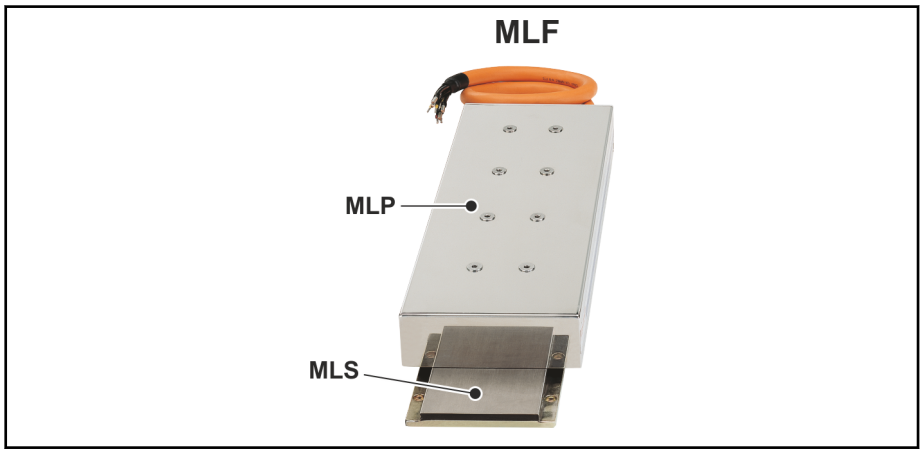


Abb. 1-2: MLF Motorkomponenten

1.4 Leistungsspektrum

Mit der wassergekühlten eisenbehafteten Linear-Direktantriebstechnik MLF bieten sich neue Lösungswege durch eine leistungsfähige Kombination der Motortechnik mit digitalen intelligenten Antriebsregelgeräten. Das Spektrum der MLF Linearantriebstechnik von Bosch Rexroth ermöglicht die Realisierung von Antrieben mit Vorschubkräften von 250 N bis zu 21.500 N, Beschleunigungen bis 250 m/s² und maximalen Geschwindigkeiten bis über 600 m/min.

Folgende Abbildung gibt einen Überblick über das Leistungsspektrum:

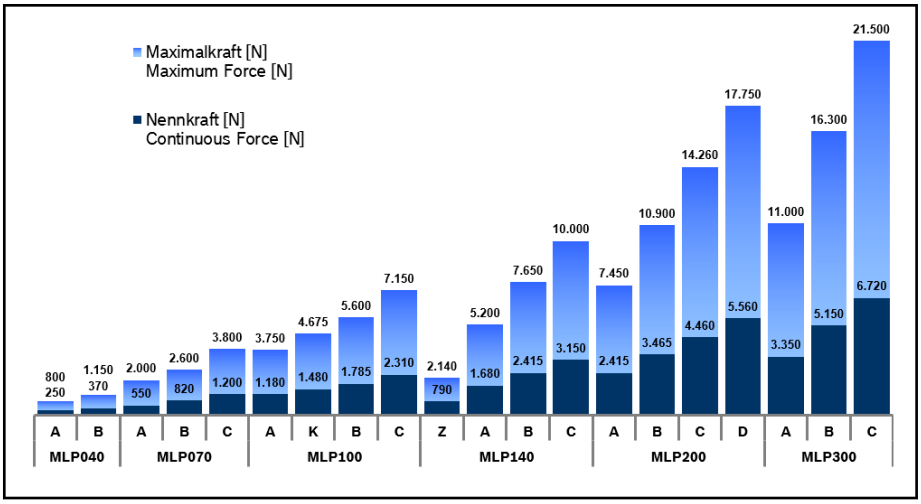


Abb. 1-3: MLFxx0 Leistungsspektrum

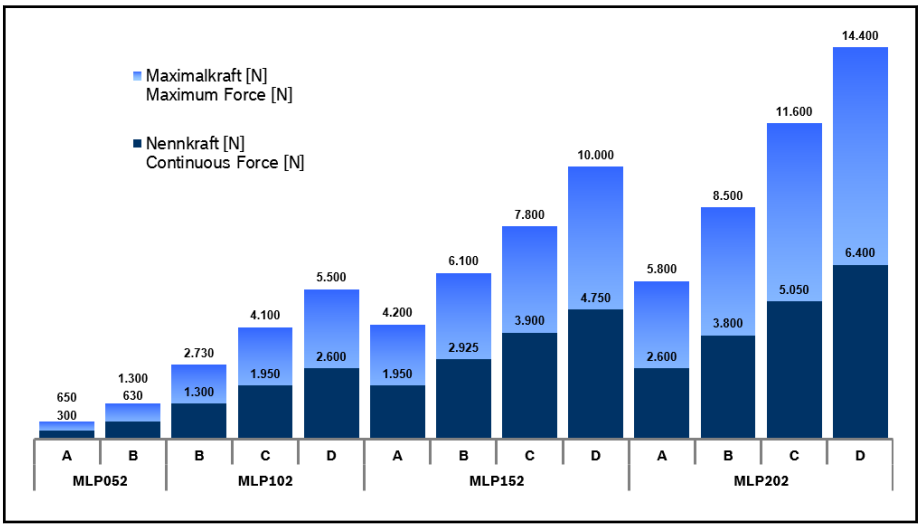


Abb. 1-4: MLFxx2 Leistungsspektrum

Merkmale MLFxx0

MLFxx0-Motoren zeichnen sich durch eine hohe Dauerkraft und eine hohe Maximalkraft aus. Sie habe eine vergleichsweise große Polteilung von 37,5 mm. Damit kann mit entsprechend kleinen Frequenzen eine hohe Geschwindigkeit erzielt werden. Insbesondere die größeren Baugrößen weisen daher eine sehr hohe Kraft- und damit Leistungsdichte auf. Werden keine besonderen Anforderungen an die thermische Entkopplung gestellt, kann der MLFxx0-Motor mit Primärteilen in Standardkapselung eingesetzt werden, was eine Reduktion der Bauhöhe zur Folge hat und sowohl beim Motor als auch in der Maschinenkonstruktion Kosten und Gewicht reduziert.

Merkmale MLFxx2

MLFxx2-Motoren sind bzgl. der Gleichlaufeigenschaften optimiert. Sie weisen eine um etwa Faktor 3 geringere Kraftwelligkeit gegenüber den MLFxx0 auf. Um dies zu erzielen, wurde der Magnetkreis verändert. Die Polteilung ist mit 30,0 mm etwas kleiner und es ergeben sich bei gleicher Baugröße etwas geringere Dauer- und Maximalkräfte. Diese Motoren eignen sich z. B. besonders für Schleifanwendungen. Dabei sind hier die Anforderungen bzgl. der thermischen Entkopplung sehr hoch. Daher werden die MLPxx2 mit integriertem zweiten Kühlkreislauf ausschließlich mit Thermokapselung angeboten.

☞ Mittels Bosch Rexroth Antriebsregelgeräten kann sowohl mit MLFxx0 als auch mit MLFxx2 z. B. durch Aktivierung der so genannten "Rastmomentenkompensation" eine vergleichbare Gleichlaufgüte erzielt werden.

MLFxx0	MLFxx2
hohe Dauer-/Maximalkraft	höchste Gleichlaufgüte
höchste Leistungsdichte mit Standardkapselung	Integrierte optimierte Thermokapselung dadurch geringster Wärmeeintrag in die Maschine

Tab. 1-1: Wesentliche Merkmale von MLFxx0 und MLFxx2

1.5 Über diese Dokumentation

1.5.1 Ausgaben dieser Dokumentation

Ausgabe	Stand	Bemerkung
01	2004-01	Erstausgabe
02	2006-05	Überarbeitung / Ergänzung
03	2008-05	Überarbeitung / Ergänzung
04	2012-09	Überarbeitung / Ergänzung
05	2016-06	Überarbeitung / Ergänzung
06	2021-09	Überarbeitung / Ergänzung; MLFxx2 aufgenommen
07	2021-10	EAC-Kennzeichnung entfernt; Befestigungsschrauben für Sekundärteil angepasst

Tab. 1-2: Änderungsverlauf

1.5.2 Dokumentstruktur

Die vorliegende Dokumentation enthält Sicherheitsvorschriften, technische Daten und Betriebsvorschriften. Nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über die Inhalte dieser Dokumentation.

<table>
<tr><th>Kap.</th><th>Titel</th><th colspan="4">Inhalt</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Einleitung</td><td colspan="4">Produktvorstellung / Lesehinweise</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Wichtige Gebrauchshinweise</td><td colspan="4" rowspan="2">Wichtige Sicherheitshinweise</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sicherheit</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Technische Daten</td><td rowspan="6">Produktbeschreibung</td><td rowspan="6">für Planer und Projektierer</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Maßangaben</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Typenschlüssel</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Zubehör</td><td rowspan="7">Praxis</td><td rowspan="7">für Bedien- und Wartungspersonal</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Anschlusstechnik</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Applikationshinweise und Einsatzbedingungen</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Handhabung, Transport, Lagerung</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>Installation</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>Service & Support</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>14</td><td>Anhang</td><td colspan="4" rowspan="2">Zusatzinformationen</td></tr>
<tr><td>15</td><td>Index</td></tr>
</table>

Tab. 1-3: Kapitelstruktur

1.5.3 Darstellung von Informationen

Sicherheitshinweise

Die Sicherheitshinweise in der vorliegenden Dokumentation beinhalten die Signalwörter (Gefahr, Warnung, Vorsicht, Hinweis) und ggf. eine Signalgrafik (nach ANSI Z535.6-2006).

Das Signalwort soll die Aufmerksamkeit auf den Sicherheitshinweis lenken und bezeichnet die Schwere der Gefährdung. Das Warndreieck mit Ausrufezeichen weist auf Gefährdungen für Personen hin.

⚠ GEFAHR

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises **werden** Tod oder schwere Körperverletzung eintreten.

⚠ WARNUNG

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises **können** Tod oder schwere Körperverletzung eintreten.

⚠ VORSICHT

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises **können** mittelschwere oder leichte Körperverletzung eintreten.

HINWEIS

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises **können** Sachschäden eintreten.

Sicherheitszeichen

In der Dokumentation werden die folgenden international genormte Sicherheitszeichen und graphische Symbole verwendet. Die Tabelle erklärt die Bedeutung der Zeichen.

Sicherheitszeichen	Bedeutung
	Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung
	Warnung vor heißer Oberfläche
	Warnung vor schwebender Last
	Elektrostatisch gefährdete Bauteile
	Kein Zutritt für Personen mit Herzschrittmachern oder implantierten Defibrillatoren
	Mitführen von Metallteilen oder Uhren verboten

Tab. 1-4: Bedeutung der Sicherheitszeichen

Textauszeichnung

Zur verständlichen Darstellung der Textinformation werden die folgenden Textauszeichnungen verwendet:

 Hinweis auf weiterführende Dokumentation

☞ Dieser Hinweis gibt Ihnen wichtige Informationen, auf die Sie achten sollten.

- Auflistungen erster Ebene werden mit dem Listenpunkt ausgezeichnet
  - Auflistungen zweiter Ebene werden mit dem "Gedankenstrich" ausgezeichnet

1. Handlungsanweisungen werden in nummerierten Listen angegeben. Beachten Sie die Reihenfolge der Handlungsanweisungen.

1.5.4 Weiterführende Dokumentation

Zur Projektierung von Antriebsystemen mit MLF-Motoren benötigen Sie nach Bedarf weitere Dokumentationen, entsprechend der eingesetzten Geräte. Rexroth stellt die gesamte Produktdokumentation im Bosch Rexroth Medienverzeichnis als PDF zu Verfügung:

http://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/index.jsp

1.5.5 Normen

In dieser Dokumentation werden deutsche, europäische und internationale technische Normen genannt. Normschriften und Normblätter unterliegen dem Schutz des Urheberrechts und dürfen von Rexroth nicht weitergegeben werden. Wenden Sie sich bei Bedarf an die autorisierten Vertriebsstellen oder in Deutschland direkt an:

BEUTH Verlag GmbH

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin, Germany

Tel. +49-(0)30-26 01-22 60

Fax +49-(0)30-26 01-12 60

Internet: http://www.din.de/beuth

E-Mail: postmaster@beuth.de

1.5.6 Zusatzkomponenten

Dokumentationen für externe, mit Bosch Rexroth-Systemen verbundene Komponenten sind nicht Bestandteil des Lieferumfanges und müssen von den jeweiligen Herstellern direkt angefordert werden.

Hinweise zu Herstellern siehe Kap. 14 "Anhang" auf Seite 313.

1.5.7 Ihr Feedback

Ihre Erfahrungen sind für uns ein wichtiger Bestandteil im Verbesserungsprozess für Produkt und Dokumentation.

Senden Sie Ihre Anmerkungen bitte an:

Bosch Rexroth AG

Abt. DC-AE/EPI5 (fs)

Bürgermeister-Dr.-Nebel-Straße 2

97816 Lohr am Main, Germany

E-Mail: dokusupport@boschrexroth.de

2 Wichtige Gebrauchshinweise

2.1 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

2.1.1 Einführung

Die Produkte von Bosch Rexroth werden nach dem jeweiligen Stand der Technik entwickelt und gefertigt. Vor ihrer Auslieferung werden sie auf ihren betriebssicheren Zustand hin überprüft.

⚠ WARNUNG **Personen- und Sachschäden durch falschen Gebrauch der Produkte!**

Setzen Sie die Produkte nur bestimmungsgemäß ein. Wenn sie nicht bestimmungsgemäß eingesetzt werden, können Situationen entstehen, die Personen- und Sachschädigungen nach sich ziehen.

☞ Für Schäden bei nicht-bestimmungsgemäßem Gebrauch der Produkte leistet Bosch Rexroth als Hersteller keinerlei Gewährleistung, Haftung oder Schadensersatz; die Risiken bei nicht-bestimmungsgemäßem Gebrauch der Produkte liegen allein beim Anwender.

Bevor Sie die Produkte der Firma Bosch Rexroth einsetzen, müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein, um einen bestimmungsgemäßen Gebrauch der Produkte zu gewährleisten:

- Jeder, der in irgendeiner Weise mit einem unserer Produkte umgeht, muss die entsprechenden Sicherheitsvorschriften und den bestimmungsgemäßen Gebrauch lesen und verstehen.
- Sofern es sich bei den Produkten um Hardware handelt, müssen sie in ihrem Originalzustand belassen werden; d. h. es dürfen keine baulichen Veränderungen an ihnen vorgenommen werden. Softwareprodukte dürfen nicht dekompiliert werden und ihre Quellcodes dürfen nicht verändert werden.
- Beschädigte oder fehlerhafte Produkte dürfen nicht eingebaut oder in Betrieb genommen werden.
- Es muss gewährleistet sein, dass die Produkte entsprechend den in der Dokumentation genannten Vorschriften installiert sind.

2.1.2 Einsatz- und Anwendungsbereiche

Synchron-Linearmotoren der Baureihe MLF von Bosch Rexroth sind dazu bestimmt, als lineare Servoantriebsmotoren eingesetzt zu werden.

Für den applikationsspezifischen Einsatz der Motoren stehen Antriebsregelgerätetypen mit unterschiedlicher Antriebsleistung und unterschiedlichen Schnittstellen zur Verfügung.

Zur Regelung und Überwachung der Motoren ist es notwendig, dass zusätzliche Sensoren, z. B. Längenmesssysteme, angeschlossen werden.

- Die Motoren dürfen nur mit den in dieser Dokumentation angegebenen Zubehör- und Anbauteilen benutzt werden. Nicht ausdrücklich genannte Komponenten dürfen weder angebaut noch angeschlossen werden. Gleiches gilt für Kabel und Leitungen.
- Der Betrieb darf nur in den ausdrücklich angegebenen Konfigurationen und Kombinationen der Komponenten und mit der in der jeweiligen Funktionsbeschreibung angegebenen und spezifizierten Soft- und Firmware erfolgen.

Jedes angeschlossene Antriebsregelgerät muss vor der Inbetriebnahme programmiert werden, damit der Motor die für die Anwendung spezifischen Funktionen ausführt.

Die Motoren dürfen nur unter den in dieser Dokumentation angegebenen Montage- und Installationsbedingungen, in der angegebenen Gebrauchslage und unter den angegebenen Umweltbedingungen (Temperatur, Schutzart, Feuchte, EMV u. a.) betrieben werden.

2.2 Nicht-bestimmungsgemäßer Gebrauch

Die Verwendung der Motoren außerhalb der vorgenannten Anwendungsgebiete oder unter anderen als den in der Dokumentation beschriebenen Betriebsbedingungen und angegebenen technischen Daten gilt als "nicht bestimmungsgemäß".

MLF-Motoren dürfen nicht eingesetzt werden wenn ...

- sie Betriebsbedingungen ausgesetzt werden, die die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen nicht erfüllen. Untersagt sind z. B. der Betrieb unter Wasser, unter extremen Temperaturschwankungen oder extremen Maximaltemperaturen.
- die beabsichtigten Anwendungsbereiche für die Motoren von Bosch Rexroth nicht ausdrücklich freigegeben sind. Beachten Sie hierzu bitte unbedingt die Aussagen in den allgemeinen Sicherheitshinweisen!

MLF-Motoren sind nicht für den direkten Betrieb am Netz geeignet.

Schutzrechte Dritter

Bei der Zusammensetzung und Verwendung der einzelnen von Bosch Rexroth gelieferten Komponenten, sind vom Kunden die Schutzrechte Dritter zu beachten. Für eine etwaige Verletzung solcher Rechte haftet allein der Kunde für den hierdurch entstandenen Schaden.

3 Sicherheitshinweise für elektrische Antriebe und Steuerungen

3.1 Begriffsdefinitionen

Anlage Eine Anlage besteht aus mehreren zu einem bestimmten Zweck und an einem bestimmten Ort miteinander verbundenen Geräten oder Systemen, die jedoch nicht als eine einzige Funktionseinheit in Verkehr gebracht werden sollen.

Elektrisches Antriebssystem Ein elektrisches Antriebssystem umfasst alle Bestandteile von der Netzeinspeisung bis zur Motorwelle; dazu zählen z. B. Elektromotor(en), Motorgeber, Versorgungs- und Antriebsregelgeräte, sowie Hilfs- und Zusatzkomponenten, wie Netzfilter, Netzdrossel und dazugehörige Leitungen und Kabel.

Anwender Ein Anwender ist eine Person, die ein in Verkehr gebrachtes Produkt installiert, in Betrieb nimmt oder verwendet.

Anwendungsdokumentation Eine Anwendungsdokumentation umfasst die gesamte Dokumentation, die dazu dient, den Anwender des Produkts über den Gebrauch und sicherheitsrelevante Inhalte für Projektierung, Einbau, Installation, Montage, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung, Reparatur, Außerbetriebnahme des Produkts zu informieren. Folgende Begriffe sind dafür ebenfalls üblich: Betriebsanleitung, Inbetriebnahmebeschreibung, Gebrauchsanleitung, Projektierungsbeschreibung, Anwendungsbeschreibung usw.

Elektrisches Betriebsmittel Ein elektrisches Betriebsmittel ist ein Gegenstand, der zum Erzeugen, Umwandeln, Fortleiten, Verteilen oder Anwenden von elektrischer Energie benutzt wird, wie z. B. Elektromotoren, Transformatoren, Schaltgeräte, Kabel, Leitungen, Stromverbrauchsgeräte, bestückte Leiterplatten, Einschübe, Schaltschränke usw.

Gerät Ein Gerät ist ein Endprodukt mit einer ihm eigenen Funktion, das für Anwender bestimmt ist und als eine einzelne Handelsware in Verkehr gebracht wird.

Hersteller Unter Hersteller ist eine natürliche oder juristische Person zu verstehen, welche die Verantwortung für die Auslegung und die Herstellung eines Produktes trägt, das in seinem Namen in den Verkehr gebracht wird. Der Hersteller kann Fertigerzeugnisse, Fertigteile oder Fertigelemente verwenden oder Arbeiten an Subunternehmer vergeben. Er muss jedoch immer die Oberaufsicht behalten und die notwendigen Befugnisse besitzen, um die Verantwortung für das Produkt übernehmen zu können.

Komponente Eine Komponente ist eine Kombination von Bauelementen mit vorgegebener Funktion, die Teil eines Betriebsmittels, Gerätes oder Systems sind. Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems sind z. B. Versorgungsgeräte, Antriebsregelgeräte, Netzdrossel, Netzfilter, Motoren, Kabel, usw.

Maschine Unter Maschine ist die Gesamtheit von miteinander verbundenen Teilen oder Baugruppen zu verstehen, von denen mindestens eine(s) beweglich ist. Eine Maschine besteht somit aus entsprechenden Maschinenantriebselementen sowie Steuer- und Energiekreisen, die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind. Eine Maschine ist z. B. für die Verarbeitung, Behandlung, Fortbewegung oder Verpackung eines Materials bestimmt. Der Ausdruck "Maschine" deckt auch eine Zusammenstellung von Maschinen ab, die so angeordnet und gesteuert werden, dass sie als einheitliches Ganzes funktionieren.

Produkt Beispiele für ein Produkt: Gerät, Komponente, Bauteil, System, Software, Firmware u. a.

Projektierungsanleitung Eine Projektierungsbeschreibung ist Teil der Anwendungsdokumentation zur Hilfestellung bei der Auslegung und Planung von Systemen, Maschinen oder Anlagen.

Qualifiziertes Personal Im Sinne dieser Anwendungsdokumentation umfasst das qualifizierte Personal diejenigen Personen, die mit der Installation, Montage, Inbetriebnahme und Betrieb der Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems sowie den damit verbundenen Gefahren vertraut sind und über die ihre Tätigkeit entsprechende Qualifikationen verfügen. Zu derartigen Qualifikationen gehören u. a.:

1) Eine Ausbildung oder Unterweisung bzw. Berechtigung, um Stromkreise und Geräte sicher ein- und auszuschalten, zu erden und zu kennzeichnen.

2) Eine Ausbildung oder Unterweisung für die Pflege und den Gebrauch angemessener Sicherheitsausrüstung

3) Eine Schulung in Erster Hilfe

Steuerungssystem Ein Steuerungssystem umfasst mehrere miteinander verbundene Steuerungskomponenten, die als eine einzige Funktionseinheit in Verkehr gebracht werden.

3.2 Grundsätzliche Hinweise

3.2.1 Benutzung und Weitergabe der Sicherheitshinweise

Installieren und betreiben Sie keine Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems, bevor Sie alle mitgelieferten Unterlagen sorgfältig durchgelesen haben. Diese Sicherheitshinweise und alle anderen Benutzerhinweise sind vor jeder Arbeit mit diesen Komponenten durchzulesen. Sollten Ihnen keine Benutzerhinweise für die Komponenten zur Verfügung stehen, wenden Sie sich an Ihren zuständigen Vertriebspartner von Bosch Rexroth. Verlangen Sie die unverzügliche Übersendung dieser Unterlagen an den oder die Verantwortlichen für den sicheren Betrieb der Komponenten.

Bei Verkauf, Verleih und/oder anderweitiger Weitergabe der Komponente sind diese Sicherheitshinweise ebenfalls in der Landessprache des Anwenders mitzugeben.

Unsachgemäßer Umgang mit diesen Komponenten und Nichtbeachten der hier angegebenen Sicherheitshinweise sowie unsachgemäße Eingriffe in die Sicherheitseinrichtung können zu Sachschäden, Körperverletzung, elektrischem Schlag oder im Extremfall zum Tod führen.

3.2.2 Voraussetzungen für den sicheren Gebrauch

Lesen Sie vor der ersten Inbetriebnahme der Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems folgende Hinweise, damit Sie Körperverletzungen und/oder Sachschäden vermeiden können. Sie müssen diese Sicherheitshinweise einhalten.

- Bei Schäden infolge von Nichtbeachtung der Sicherheitshinweise übernimmt Bosch Rexroth keine Haftung.
- Vor der Inbetriebnahme sind die Betriebs-, Wartungs- und Sicherheitshinweise durchzulesen. Wenn die Anwendungsdokumentation in der vorliegenden Sprache nicht einwandfrei verstanden wird, bitte beim Lieferanten anfragen und diesen informieren.
- Der einwandfreie und sichere Betrieb der Komponente setzt sachgemäßen und fachgerechten Transport, Lagerung, Montage und Installation sowie sorgfältige Bedienung und Instandhaltung voraus.

- Nur qualifiziertes Personal darf an Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems oder in dessen Nähe arbeiten.
- Nur von Bosch Rexroth zugelassene Zubehör- und Ersatzteile verwenden.
- Sicherheitsvorschriften und -bestimmungen des Landes beachten, in welchem die Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems betrieben werden.
- Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems nur bestimmungsgemäß verwenden. Siehe dazu Kapitel "Bestimmungsgemäßer Gebrauch".
- Die in der vorliegenden Anwendungsdokumentation angegebenen Umgebungs- und Einsatzbedingungen müssen eingehalten werden.
- Anwendungen zur funktionalen Sicherheit sind nur zugelassen, wenn sie ausdrücklich und eindeutig in der Anwendungsdokumentation "Integrierte Sicherheitstechnik" angegeben sind. Ist dies nicht der Fall, sind sie ausgeschlossen. Funktionale Sicherheit beinhaltet Teile der Gesamtsicherheit, bei der Maßnahmen zur Risikominderung zum Personenschutz von elektrischen, elektronischen oder programmierbaren Steuerungen abhängig sind.
- Die in der Anwendungsdokumentation gemachten Angaben zur Verwendung der gelieferten Komponenten stellen nur Anwendungsbeispiele und Vorschläge dar.

  Der Maschinenhersteller und Anlagenerrichter muss für seine individuelle Anwendung die Eignung

  – der gelieferten Komponenten und die in dieser Anwendungsdokumentation gemachten Angaben zu ihrer Verwendung selbst überprüfen,
  – mit den für seine Anwendung geltenden Sicherheitsvorschriften und Normen abstimmen und die erforderlichen Maßnahmen, Änderungen, Ergänzungen durchführen.
- Die Inbetriebnahme der gelieferten Komponenten ist solange untersagt, bis festgestellt wurde, dass die Maschine oder Anlage, in der die Komponenten eingebaut sind, den länderspezifischen Bestimmungen, Sicherheitsvorschriften und Normen der Anwendung entspricht.
- Der Betrieb ist nur bei Einhaltung der nationalen EMV-Vorschriften für den vorliegenden Anwendungsfall erlaubt.
- Die Hinweise für eine EMV-gerechte Installation sind dem Abschnitt zur EMV in der zugehörigen Anwendungsdokumentation zu entnehmen.

  Die Einhaltung der durch die nationalen Vorschriften geforderten Grenzwerte liegt in der Verantwortung des Herstellers der Anlage oder Maschine.
- Die technischen Daten, die Anschluss- und Installationsbedingungen der Komponenten sind den zugehörigen Anwendungsdokumentationen zu entnehmen und unbedingt einzuhalten.

Länderspezifische Vorschriften, die vom Anwender zu berücksichtigen sind

- Europäische Länder: entsprechend Euronormen EN
- Vereinigte Staaten von Amerika (USA):
  – Nationale Vorschriften für Elektrik (NEC)
  – Nationale Vereinigung der Hersteller von elektrischen Anlagen (NEMA) sowie regionale Bauvorschriften
  – Vorschriften der National Fire Protection Association (NFPA)

- Kanada: Canadian Standards Association (CSA)
- Andere Länder:
  - International Organization for Standardization (ISO)
  - International Electrotechnical Commission (IEC)

3.2.3 Gefahren durch falschen Gebrauch

- Hohe elektrische Spannung und hoher Arbeitsstrom! Lebensgefahr oder schwere Körperverletzung durch elektrischen Schlag!
- Hohe elektrische Spannung durch falschen Anschluss! Lebensgefahr oder Körperverletzung durch elektrischen Schlag!
- Gefahrbringende Bewegungen! Lebensgefahr, schwere Körperverletzung oder Sachschaden durch unbeabsichtigte Bewegungen der Motoren!
- Gesundheitsgefahr für Personen mit Herzschrittmachern, metallischen Implantaten und Hörgeräten in unmittelbarer Umgebung elektrischer Antriebssysteme!
- Verbrennungsgefahr durch heiße Gehäuseoberflächen!
- Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung! Körperverletzung durch Quetschen, Scheren, Schneiden, Stoßen!
- Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung von Batterien!
- Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung von unter Druck stehenden Leitungen!

3.3 Gefahrenbezogene Hinweise

3.3.1 Schutz gegen Berühren elektrischer Teile und von Gehäusen

☞ Dieser Abschnitt betrifft Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems mit Spannungen **über 50 Volt.**

Werden Teile mit Spannungen größer 50 Volt berührt, können diese für Personen gefährlich werden und zu elektrischem Schlag führen. Beim Betrieb von Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems stehen zwangsläufig bestimmte Teile dieser Komponenten unter gefährlicher Spannung.

Hohe elektrische Spannung! Lebensgefahr, Verletzungsgefahr durch elektrischen Schlag oder schwere Körperverletzung!

- Bedienung, Wartung und/oder Instandsetzung der Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems darf nur durch qualifiziertes Personal erfolgen.
- Beachten Sie die allgemeinen Errichtungs- und Sicherheitsvorschriften zu Arbeiten an Starkstromanlagen.
- Stellen Sie vor dem Einschalten den festen Anschluss des Schutzleiters an allen elektrischen Komponenten entsprechend dem Anschlussplan her.
- Ein Betrieb, auch für kurzzeitige Mess- und Prüfzwecke, ist nur mit fest angeschlossenem Schutzleiter an den dafür vorgesehenen Punkten der Komponenten erlaubt.
- Trennen Sie elektrische Komponenten vom Netz oder von der Spannungsquelle, bevor Sie auf elektrische Teile mit Spannungen größer 50 V zugreifen. Sichern Sie die elektrische Komponente gegen Wiedereinschalten.
- Bei elektrischen Komponenten beachten:

  Warten Sie nach dem Abschalten grundsätzlich **30 Minuten**, damit sich spannungsführende Kondensatoren entladen können, bevor Sie auf eine elektrische Komponente zugreifen. Messen Sie die elektrische Spannung von spannungsführenden Teilen vor Beginn der Arbeiten, um Gefährdungen durch Berührung auszuschließen.
- Bringen Sie vor dem Einschalten die dafür vorgesehenen Abdeckungen und Schutzvorrichtungen für den Berührschutz an.
- Berühren Sie elektrische Anschlussstellen der Komponenten im eingeschalteten Zustand nicht.
- Ziehen Sie Stecker nicht unter Spannung ab oder stecken Sie diese nicht unter Spannung auf.

Hohe Gehäusespannung und hoher Ableitstrom! Lebensgefahr, Verletzungsgefahr durch elektrischen Schlag!

- Erden oder verbinden Sie vor dem Einschalten und der Inbetriebnahme die Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems mit dem Schutzleiter an den Erdungspunkten.
- Schließen Sie den Schutzleiter der Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems stets fest und dauerhaft an das Versorgungsnetz an.

- Stellen Sie eine Schutzleiterverbindung mit einem Mindestquerschnitt gemäß nachfolgender Tabelle her.

Querschnittsfläche A der stromführenden Leiter	Mindestquerschnittsfläche A_{PE} des Schutzleiters
A ≤ 16 mm²	A
25 mm² < A ≤ 50 mm²	25 mm²
50 mm² < A	A / 2

Tab. 3-1: Mindestquerschitt der Schutzleiterverbindung für Motoren

3.3.2 Schutzkleinspannung als Schutz gegen elektrischen Schlag

Schutzkleinspannung dient dazu, Geräte mit Basisisolierung an Kleinspannungskreise anschließen zu können.

An den Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems von Bosch Rexroth sind alle Anschlüsse und Klemmen, die Spannungen bis 50 Volt führen, in Schutzkleinspannung ("Protective Extra Low Voltage - PELV") ausgeführt. An diese Anschlüsse dürfen Geräte angeschlossen werden, die mit Basisisolierung ausgestattet sind, wie beispielsweise Programmiergeräte, PCs, Notebooks, Anzeigegeräte.

Lebensgefahr, Verletzungsgefahr durch elektrischen Schlag! Hohe elektrische Spannung durch falschen Anschluss!

Werden Kleinspannungskreise von Geräten, die auch Spannungen und Stromkreise über 50 Volt beinhalten (z. B. den Netzanschluss), an Produkten von Bosch Rexroth angeschlossen, dann müssen die angeschlossenen Kleinspannungskreise die Anforderungen für Schutzkleinspannung ("Protective Extra Low Voltage - PELV") erfüllen.

3.3.3 Schutz vor gefährlichen Bewegungen

Gefährliche Bewegungen können durch fehlerhafte Ansteuerung von angeschlossenen Motoren verursacht werden. Die Ursachen können verschiedenster Art sein:

- unsachgemäße oder fehlerhafte Verdrahtung oder Verkabelung
- Bedienungsfehler
- falsche Eingabe von Parametern vor der Inbetriebnahme
- Fehler in den Messwertgebern und Signalgebern
- defekte Komponenten
- Fehler in der Software oder in der Firmware

Diese Fehler können unmittelbar nach dem Einschalten oder nach einer unbestimmten Zeitdauer im Betrieb auftreten.

Die Überwachungen in den Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems schließen eine Fehlfunktion in den angeschlossenen Antrieben weitestgehend aus. Im Hinblick auf den Personenschutz, insbesondere auf die Gefahr von Körperverletzung und/oder Sachschaden, darf auf diesen Sachverhalt nicht allein vertraut werden. Bis zum Wirksamwerden der eingebauten Überwachungen ist auf jeden Fall mit einer fehlerhaften Antriebsbewegung zu rechnen, deren Maß von der Art der Steuerung und des Betriebszustandes abhängt.

Gefahrbringende Bewegungen! Lebensgefahr, Verletzungsgefahr, schwere Körperverletzung oder Sachschaden!

Für die Anlage oder Maschine mit ihren spezifischen Gegebenheiten, in welche die Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems eingebaut werden, ist eine **Risikobeurteilung** zu erstellen.

Aus der Risikobeurteilung sind vom Anwender Überwachungen und anlagenseitig übergeordnete Maßnahmen für den Personenschutz vorzusehen. Die für die Anlage oder Maschine geltenden Sicherheitsbestimmungen sind hierbei mit einzubeziehen. Durch Ausschalten, Umgehen oder fehlendes Aktivieren von Sicherheitseinrichtungen können willkürliche Bewegungen der Maschine oder andere Fehlfunktionen auftreten.

Vermeidung von Unfällen, Körperverletzung und/oder Sachschaden:

- Halten Sie sich nicht im Bewegungsbereich der Maschine und Maschinenteilen auf. Verhindern Sie den unbeabsichtigten Zugang für Personen, z. B. durch
  - Schutzzaun
  - Schutzgitter
  - Schutzabdeckung
  - Lichtschranke
- Stellen Sie eine ausreichende Festigkeit der Schutzzäune und Schutzabdeckungen gegen die maximal mögliche Bewegungsenergie sicher.
- Ordnen Sie NOT-HALT-Schalter leicht zugänglich und schnell erreichbar an. Prüfen Sie die Funktion der NOT-HALT-Einrichtung vor der Inbetriebnahme. Unterlassen Sie den Betrieb der Maschine bei Fehlfunktion des NOT-HALT-Schalters.
- Stellen Sie sicher, dass es nicht zu einem unbeabsichtigten Anlauf kommt. Schalten Sie den Leistungsanschluss der Antriebe über Ausschalter/-taster frei oder verwenden Sie eine sichere Anlaufsperre.
- Bringen Sie vor dem Zugriff oder Zutritt in den Gefahrenbereich die Antriebe sicher zum Stillstand.
- Sichern Sie zusätzlich vertikale Achsen gegen Herabfallen oder Absinken nach Abschalten des Motors, z. B. durch
  - mechanische Verriegelung der vertikalen Achse,
  - externe Brems-/ Fang-/ Klemmeinrichtung oder
  - ausreichenden Gewichtsausgleich der Achse.
- Die serienmäßig gelieferte **Motor-Haltebremse** oder eine externe, vom Antriebsregelgerät angesteuerte Haltebremse **alleine ist nicht für den Personenschutz geeignet!**
- Schalten Sie die Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems über den Hauptschalter spannungsfrei und sichern Sie diese gegen Wiedereinschalten bei:
  - Wartungsarbeiten und Instandsetzung
  - Reinigungsarbeiten
  - langen Betriebsunterbrechungen
- Vermeiden Sie den Betrieb von Hochfrequenz-, Fernsteuer- und Funkgeräten in der Nähe von Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems und deren Zuleitungen. Wenn ein Gebrauch dieser Geräte unvermeidlich ist, prüfen Sie bei Erstinbetriebnahme des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems die Maschine oder Anlage auf

mögliche Fehlfunktionen bei Betrieb solcher Hochfrequenz-, Fernsteuer- oder Funkgeräte in deren möglichen Gebrauchslagen. Eventuell ist eine spezielle EMV-Prüfung notwendig.

3.3.4 Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern

Magnetische und elektromagnetische Felder, werden in unmittelbarer Umgebung von stromführenden Leitern oder Permanentmagneten von Elektromotoren erzeugt und können eine ernste Gefahr für bestimmte Personengruppen darstellen. Der Maschinenbetreiber muss durch geeignete Maßnahmen (z. B. Warnhinweise, Schutzausrüstung, Kennzeichnung der Gefahrenzone) das in diesen Bereichen tätige Personal ausreichend vor eventuell auftretenden Schäden schützen. Beachten Sie hierzu auch die Sicherheitshinweise unter Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.

Beachten Sie die jeweils gültigen landesspezifischen Vorschriften. Für Deutschland sind bzgl. "Elektromagnetische Felder" die Vorgaben der Berufsgenossenschaft in der BGV B11 und der BGR B11 zu beachten.

Elektromagnetische und magnetische Felder!

Gefährdungen für Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln oder passiven metallischen Implantaten sowie für Schwangere.

- Für Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln (z. B. Herzschrittmacher), passiven metallischen Implantaten (z. B. Hüftprothese) sowie für Schwangere besteht möglicherweise eine Gefährdung durch elektromagnetische oder magnetische Felder in unmittelbarer Nähe von Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems und dazugehörigen stromführenden Leitern.

  Der Zutritt zu folgenden Bereichen kann für diese Personen gefährlich werden:

  – Bereiche, in denen Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems und dazugehörige stromführende Leiter montiert, in Betrieb genommen und betrieben werden.
  – Bereiche, in denen Motorteile mit Permanentmagneten gelagert, repariert oder montiert werden.
- Oben genannte Personen sollten vor dem Zutritt zu diesen Bereichen ihren behandelnden Arzt konsultieren.
- Beachten Sie die am Betriebsort geltenden Arbeitsschutzvorschriften für Anlagen, die mit Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems und dazugehörigen stromführenden Leitern ausgerüstet sind.

Zerstörungsgefahr empfindlicher Teile! Datenverlust!

- Uhren, Kreditkarten, Scheckkarten und Ausweise mit Magnetstreifen sowie alle ferromagnetischen Metallteile wie Eisen, Nickel und Cobalt von den Permanentmagneten fernhalten.

Quetschgefahr durch starke Anziehungskräfte der Permanentmagnete!

Die Anziehungskräfte der Permanentmagnete wirken auf alle magnetisierbaren Materialien. Insbesondere im Nahbereich < 100 mm steigen die Anziehungskräfte sehr stark an. Lose umliegende Teile aus magnetisierbarem Material können schlagartig und ungewollt mit den Permanentmagneten zusammenprallen.

- Äusserste Vorsicht bei der Handhabung von Motorkomponenten mit Permanentmagneten. Unterschätzen Sie niemals die starken Anziehungskräfte.
- Arbeiten Sie nicht alleine.
- Persönlich Schutzausrüstung (z. B. Schutzhandschuhe, Schutzbrille) verwenden.
- Nicht mehrere Motorkomponenten mit Permanentmagneten aus der Verpackung nehmen oder ungesichert am Arbeitsplatz in unmittelbarer Nähe nebeneinander legen.
- Motorkomponenten mit Permanentmagneten erst unmittelbar vor der Montage einzeln aus der Verpackung nehmen und möglichst sofort montieren.
- Keine Gegenstände magnetisiertem oder magnetisierbaren Materials in den Nahbereich der Permanentmagnete bringen. Falls sich magnetisierbare Werkzeuge nicht vermeiden lassen, halten Sie das Werkzeug sehr fest, führen Sie nur langsame Bewegungen aus und beachten Sie die Wirkung der Anziehungkräfte der Permanentmagnete.

Verhaltenshinweise bei Unfällen mit Permanetmagneten

Bei allen Arbeiten mit Permanentmagneten müssen im Falle eines Unfalls zum befreien von eingeklemmten Körperteilen (z. B. Finger, Hand, Arm etc.) folgendes Notfall-Werkzeug bereit liegen:

- Hammer (3 - 5 kg) aus nicht-magnetischem Material z. B. Messing
- mind. 2 Keile mit ca. 10 - 15 ° Keilwinkel aus nicht-magnetischem Material wie z. B. Messing, Hartholz etc. zum eintreiben in den Trennspalt

Im Falle eines Unfalls:

- Bewahren Sie Ruhe!
- Falls Spannung anliegt ist die Maschine sofort Spannungsfrei schalten (NOT-AUS-Schalter).
- Leisten Sie ERSTE HILFE oder fordern Sie entsprechende Hilfe (z. B. Notarzt) an.
- Trennen Sie die anhaftenden Teile mit dem Notfall-Werkzeug um die eingeklemmten Körperteile (z. B. Finger, Hand, Fuß etc.) befreien zu können.
  - Treiben Sie hierzu die Keile mit dem Hammer in den Trennspalt um die eingeklemmten Körperteile befreien zu können.

3.3.5 Schutz gegen Berühren heißer Teile

Heiße Oberflächen von Komponenten des elektrischen Antriebs- und Steuerungssystems. Verbrennungsgefahr!

- Vermeiden Sie das Berühren von heißen Oberflächen von z. B. Bremswiderständen, Kühlkörpern, Versorgungs- und Antriebsregelgeräten, Motoren, Wicklungen und Blechpaketen!
- Temperaturen der Oberflächen können während oder nach dem Betrieb je nach Betriebsbedingungen **über 60 °C** (140 °F) liegen.
- Lassen Sie die Motoren nach dem Abschalten ausreichend lange abkühlen, bevor Sie diese berühren. Abkühlzeiten **bis 140 Minuten** können erforderlich sein! Die erforderliche Abkühlzeit ist ungefähr fünfmal so

groß wie die in den technischen Daten angegebene thermische Zeitkonstante.

- Lassen Sie Drosseln, Versorgungs- und Antriebsregelgeräte **15 Minuten** lang nach dem Abschalten abkühlen, bevor Sie diese berühren.
- Tragen Sie Schutzhandschuhe oder arbeiten Sie nicht an heißen Oberflächen.
- Für bestimmte Anwendungen sind nach den Sicherheitsvorschriften Maßnahmen zur Verhinderung von Verbrennungsverletzungen in der Endanwendung vom Hersteller der Maschine oder Anlage vorzunehmen. Diese Maßnahmen können beispielsweise sein: Warnhinweise an der Maschine oder Anlage, trennende Schutzeinrichtung (Abschirmung oder Absperrung) oder Sicherheitshinweise in der Anwendungsdokumentation.

3.3.6 Schutz bei Handhabung und Montage

Motorkomponenten mit Permanentmagneten (z. B. Sekundärteile eines synchron Linearmotors oder Rotor eines synchron Bausatzmotors) erzeugen sehr hohe Anziehungskräfte auf ferromagnetische Teile wie z. B. weitere Motorkomponenten mit Permanentmagneten oder Teile aus Eisen, Nickel oder Kobalt.

Beachten Sie hierzu auch die Sicherheitshinweise durch die starken Anziehungskräfte der Permanentmagneten unter Kap. 3.3.4 "Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern" auf Seite 18.

Die Anziehungskräfte der Permanentmagnete wirken auf alle magnetisierbaren Materialien. Insbesondere im Nahbereich < 100 mm steigen die Anziehungskräfte sehr stark an. Umliegende Teile können schlagartig und ungewollt mit den Permanentmagneten zusammenprallen.

Verwenden Sie zum Transport oder Lagerung die Originalverpackung der Motorkomponenten. Die Rexroth-Originalverpackung ist, korrekt genutzt, so gestaltet, dass die Motorkomponente mit den Permanentmagneten mit geeigneten Abständen in der Verpackung positioniert und fixiert ist.

Bei der Entnahme und bei der Handhabung sind folgende Regeln zu beachten:

- Schulen Sie das eingesetzte Personal entsprechend der Gefahren
- Nutzen Sie persönliche Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille, Handschuhe)
- Bewahren Sie die Teile bis zur Montage und beim Transport in der Originalverpackung auf
- Arbeiten Sie stets an aufgeräumten Arbeitsplätzen, von denen Sie alle ferromagnetischen Teile entfernen
- Wenn möglich, verwenden Sie nicht magnetische Werkzeuge z. B. aus Aluminium oder Messing
- Entnehmen Sie möglichst nur eine Motorkomponente mit Permanentmagneten aus der Verpackung und sichern Sie diese anschließend am Arbeitsplatz gegen verrutschen, wegrollen etc.

Weisen Sie weitere anwesende Personen auf die Gefahren hin und ergänzen Sie ggf. die vorgenannten Regeln geeignet.

Aufbewahren der Originalverpackung der Motorkomponenten mit Permanentmagneten

Bewahren Sie Originalverpackung zur späteren Verwendung auf.

Achten Sie bei erneuter Verwendung darauf, dass alle Sicherheitshinweise auf der Verpackung noch gut lesbar sind und nicht überklebt werden.

Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung! Körperverletzung durch Quetschen, Scheren, Schneiden, Stoßen!

- Beachten Sie die Hinweise auf der Verpackung.
- Bewahren Sie Motorkomponenten mit Permanentmagneten nur in der Originalverpackung auf.
- Lagern oder transportieren Sie Motorkomponenten auch innerbetrieblich nicht unverpackt.
- Beachten Sie die einschlägigen Vorschriften zur Verhütung von Unfällen (z. B. Unfallverhütungsvorschriften).
- Verwenden Sie geeignete Montage- und Transporteinrichtungen.
- Beugen Sie Einklemmungen und Quetschungen durch geeignete Vorkehrungen vor.
- Benutzen Sie nur geeignetes Werkzeug, sofern vorgeschrieben, Spezialwerkzeug.
- Setzen Sie Hebeeinrichtungen und Werkzeuge fachgerecht ein.
- Benutzen Sie geeignete Schutzausstattung (z. B. Schutzhelm, Schutzbrille, Sicherheitsschuhe, Schutzhandschuhe).
- Halten Sie sich nicht unter hängenden Lasten auf.
- Beseitigen Sie ausgelaufene Flüssigkeiten am Boden sofort, ansonsten besteht Sturzgefahr!

3.3.7 Schutz beim Umgang mit Batterien

Batterien bestehen aus aktiven Chemikalien in einem festen Gehäuse. Unsachgemäßer Umgang kann daher zu Verletzungen oder Sachschäden führen.

Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung!

- Versuchen Sie nicht, leere Batterien durch Erhitzen oder andere Methoden zu reaktivieren (Explosions- und Ätzungsgefahr).
- Versuchen Sie nicht, Batterien aufzuladen, weil sie dabei auslaufen oder explodieren können.
- Werfen Sie Batterien nicht ins Feuer.
- Zerlegen Sie keine Batterie.
- Beschädigen Sie beim Wechsel der Batterie(n) nicht die elektrischen Bauteile in den Geräten.
- Verwenden Sie nur die für das Produkt vorgeschriebenen Batterietypen.

☞ Umweltschutz und Entsorgung! Die im Produkt enthaltenen Batterien sind im Sinne der gesetzlichen Bestimmungen als Gefahrengut beim Transport im Land-, Luft- und Seeverkehr anzusehen (Explosionsgefahr). Entsorgen Sie Altbatterien getrennt von anderem Abfall. Beachten Sie die nationalen Bestimmungen Ihres Landes.

3.3.8 Schutz vor unter Druck stehenden Leitungen

Flüssigkeits- und druckluftgekühlte Motoren und Komponenten können entsprechend den Angaben in den Projektierungsbeschreibungen zum Teil mit extern zugeführten und unter Druck stehenden Medien wie Druckluft, Hydrauliköl, Kühlflüssigkeit und Kühlschmiermittel versorgt werden. Unsachgemäßer Umgang mit den angeschlossenen Versorgungssystemen, Versorgungsleitungen oder Anschlüssen kann zu Verletzungen oder Sachschäden führen.

Verletzungsgefahr durch unsachgemäße Handhabung von unter Druck stehenden Leitungen!

- Versuchen Sie nicht, unter Druck stehende Leitungen zu trennen, zu öffnen oder zu kappen (Explosionsgefahr).
- Beachten Sie die Betriebsvorschriften der jeweiligen Hersteller.
- Lassen Sie vor Demontage von Leitungen, Druck und Medium ab.
- Benutzen Sie geeignete Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrillen, Sicherheitsschuhe, Schutzhandschuhe).
- Beseitigen Sie ausgelaufene Flüssigkeiten am Boden sofort, ansonsten besteht Sturzgefahr!

☞ Umweltschutz und Entsorgung! Die für den Betrieb des Produktes verwendeten Medien können unter Umständen nicht umweltverträglich sein. Entsorgen Sie umweltschädliche Medien getrennt von anderem Abfall. Beachten Sie die nationalen Bestimmungen Ihres Landes.

3.4 Erläuterung der Signalwörter und der Signalgrafik

Die Sicherheitshinweise in der vorliegenden Anwendungsdokumentation beinhalten bestimmte Signalwörter (Gefahr, Warnung, Vorsicht, Hinweis) und ggf. eine Signalgrafik (nach ANSI Z535.6-2011).

Das Signalwort soll die Aufmerksamkeit auf den Sicherheitshinweis lenken und bezeichnet die Schwere der Gefährdung.

Die Signalgrafik (Warndreieck mit Ausrufezeichen), welche den Signalwörtern Gefahr, Warnung und Vorsicht vorangestellt wird, weist auf Gefährdungen für Personen hin.

⚠ GEFAHR

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises **werden** Tod oder schwere Körperverletzung eintreten.

⚠ WARNUNG

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises **können** Tod oder schwere Körperverletzung eintreten.

⚠ VORSICHT

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises können mittelschwere oder leichte Körperverletzung eintreten.

HINWEIS

Bei Nichtbeachtung dieses Sicherheitshinweises können Sachschäden eintreten.

4 Technische Daten

4.1 Erläuterungen zu den technischen Daten

4.1.1 Allgemeines

In diesem Kapitel werden alle relevanten technischen Motordaten der MLF-Motoren in Form von Tabellen und Kennlinien angegeben. Folgende Abhängigkeiten werden hierbei berücksichtigt:

- Baugröße und Baulänge des Primärteils
- Wicklungsausführung Primärteil
- Verfügbare Zwischenkreisspannung

Alle hier angegebenen Daten und Kennlinien beziehen sich – soweit nicht anders angegeben – auf folgende Bedingungen:

- Motor-Wicklungstemperatur 135 °C
- Nennluftspalt (siehe Einbaumaße und Toleranzen)
- Kühlmedium Wasser, Zulauftemperatur 30 °C

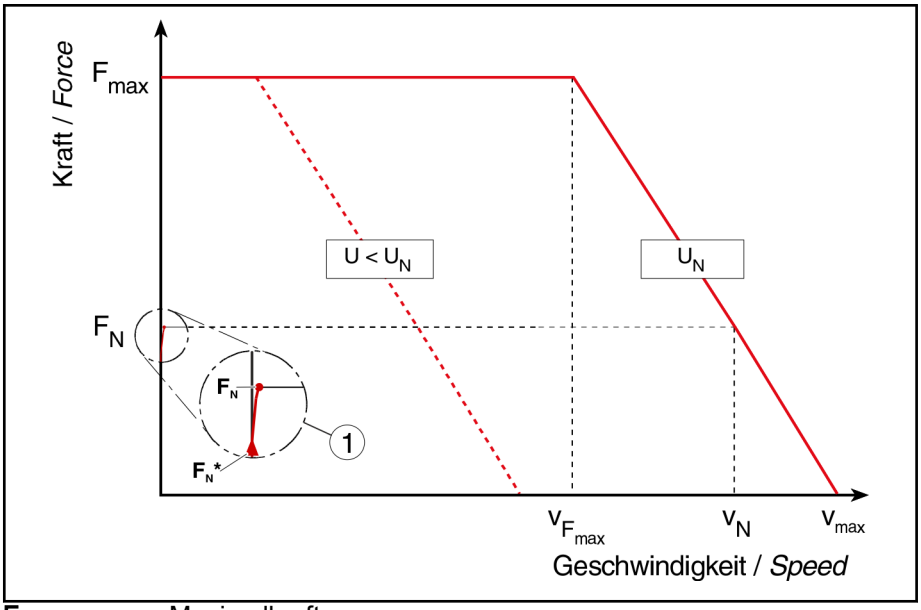


- Resultierende Daten aus bestimmten Motor-Regelgeräte-Kombinationen können von den hier angegebenen Daten abweichen.
- Sämtliche in den folgenden Abschnitten beschriebenen Zusammenhänge und dargestellten Daten gelten nur, sofern ausschließlich Primär- und Sekundärteile der gleichen Baugröße kombiniert werden (z.B. MLP040 mit MLS040).

4.1.2 Betriebsverhalten

Die Kennlinie Maximalkraft über Geschwindigkeit (F_{max}) wird als Grenzkennlinie angegeben. Die Eckdaten sowie der Verlauf dieser Kennlinie werden durch die Höhe der Zwischenkreisspannung sowie durch die entsprechenden motorspezifischen Daten, wie z. B. Induktivität, Widerstand, Kraftkonstante etc. bestimmt. Durch Variation der Zwischenkreisspannung (unterschiedliche Antriebsregelgeräte bzw. Versorgungsmodule und Anschlussspannungen) sowie unterschiedliche Motorwicklungen ergeben sich unterschiedliche Kennlinien (siehe Kap. 4.1.3 "IndraSize" auf Seite 28).

Weiterhin wird eine Dauerkraft-Kennlinie angegeben. Diese ist vereinfachend konstant über der Geschwindigkeit dargestellt, da beim Kurzstatorprinzip eine Erwärmung der Sekundärteile MLS und damit der Magnete in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit in der Regel nicht zu erwarten ist.



F_{max}	Maximalkraft
F_N	Dauernennkraft
F_{N*}	Um zu vermeiden, dass die Wicklung bei Stillstandsbetrieb beschädigt wird, muss der Strom oder die Dauer des Betriebs begrenzt werden
①	Beachten Sie beim Einsatz der Motoren in diesem Betriebsbereich die Hinweise im Kapitel 9.15
v_{Fmax}	Maximalgeschwindigkeit bei Maximalkraft
v_N	Nenngeschwindigkeit
v_{max}	Maximalgeschwindigkeit
U_N	Zwischenkreisspannung 540 V_{DC}

Abb. 4-1: Beispiel Motorkennlinie

Die erreichbare Motorkraft ist vom verwendeten Antriebsregelgerät abhängig. Bezugsgröße für die Angabe der Technischen Daten sowie die Darstellung der Motorkennlinien ist eine Zwischenkreisspannung von 540 V_{DC}.

Die Maximalkraft F_{max} ist bis zur Geschwindigkeit v_{Fmax} verfügbar. Dort wird die durch die Zwischenkreisspannung vorgegebene Spannungsgrenze erreicht. Mit zunehmender Geschwindigkeit steigt die induzierte Spannung des Motors jedoch weiter an. Dies führt zu einer geschwindigkeitsabhängigen Reduzierung der Maixmalkraft, da die Motor-Ansteuerspannung aufgrund der konstanten Zwischenkreisspannung reduziert wird. Die zur Dauernennkraft gehörende Geschwindigkeit wird als Nenngeschwindigkeit v_N bezeichnet.

Bei abweichenden Anschluss- bzw. Zwischenkreisspannungen können die angegebenen Kennlinien – vereinfachend - entsprechend den vorhandenen Spannungen umgerechnet werden (siehe Abb. 4-2).

Bei Versorgungsmodulen mit ungeregelter Zwischenkreisspannung sind eventuelle Spannungseinbrüche durch gleichzeitiges Beschleunigen von mehreren Achsen zu berücksichtigen.

Beispiel:

$$v_{(U_x)} = \frac{U_x}{540V\,(=U_N)} \times v_N$$

$v_{(Ux)}$	Geschwindigkeit durch angepasste Zwischenkreisspannung
v_N	Nenngeschwindigkeit bei 540 V
U_x	Von 540 V abweichende Zwischenkreisspannung

Abb. 4-2: Formel zur Umrechnung

Parallelbetrieb zweier Primärteile an einem Antriebsregelgerät

☞ Es dürfen nur Primärteile parallel geschaltet werden, deren elektrische Eigenschaften identisch sind. Üblicherweise ist dies nur bei baugleichen Typen der Fall.

In folgendem Fall wird von "identischen" Primärteilen gesprochen.

- Gleiche Kraftkonstante K_{FN} bzw. Spannungskonstante K_{EMF}
- Gleicher Wicklungswiderstand R_{12}
- Gleiche Wicklungsinduktivität L_{12}

Bei Parallelanschluss von zwei identischen Primärteilen an einem Antriebsregelgerät bestehen folgende Zusammenhänge (siehe Abb. 4-3):

- Verdopplung der Vorschubkraft der Achse bei gleichem Strom in jedem Primärteil (wenn nicht vom Antriebsregelgerät begrenzt)

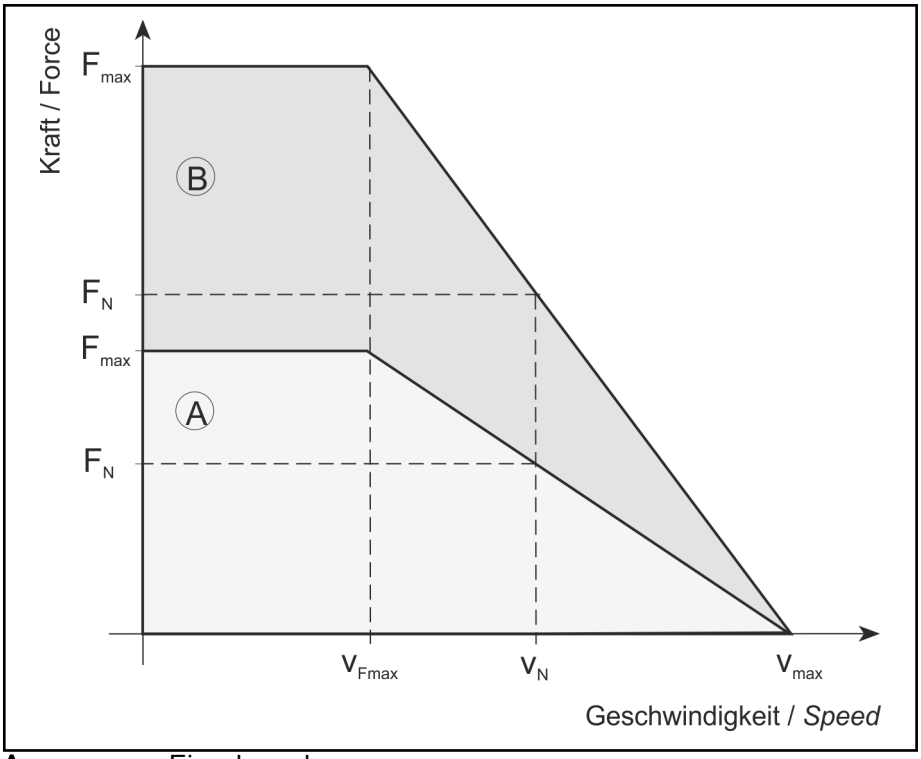
  $F_{total} = 2 \times F_{Motor}$
- Verdopplung des Stroms im Antriebsregelgerät (wenn nicht von diesem begrenzt)

  $I_{Inverter} = 2 \times I_{Motor}$
- Geschwindigkeiten v_{Fmax}, v_{nenn} und v_{max} wie bei Einzelanordnung

  $v_{Fmax,total} = v_{Fmax,Motor}$ / $v_{nenn,total} = v_{nenn,Motor}$ / $v_{max,total} = v_{max,Motor}$
- Gleiche Motor- und Spannungskonstante (K_{FN}, K_{EMF})

  $K_{FN,total} = K_{FN,Motor}$ / $K_{EMK,total} = K_{EMK,Motor}$
- Gesamt-Motorwiderstände und -induktivitäten halbiert

  $R_{12,total} = 1/2 \times R_{12,Motor}$ / $L_{12,total} = 1/2 \times L_{12,Motor}$



A Einzelanordnung
B Parallelanordnung

Abb. 4-3: Kennlinie Kraft über Geschwindigkeit bei Einzel- und Parallelanschluss zweier Primärteile an einem Antriebsregelgerät

☞ Für Parallelanschluss von zwei Primärteilen an einem Antriebsregelgerät werden in dieser Dokumentation entsprechende Motorparameter für die Inbetriebnahme angegeben (siehe Kap. 13 "Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung" auf Seite 289).

4.1.3 IndraSize

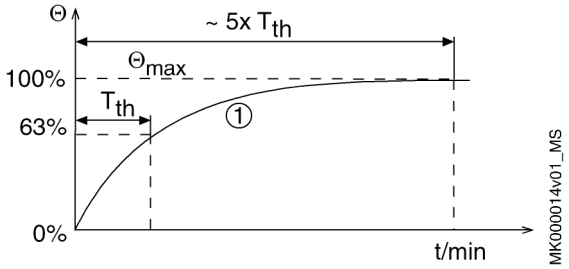
Mit der IndraSize-Software ist die Dimensionierung von Antriebsreglern, Motoren und mechanischen Getrieben einfach möglich. Das Engineering-Tool deckt die gesamte Palette der Antriebe und Motoren von Rexroth ab. Berechnen Sie die Kennlinien für Ihre Applikation mit dem Auslegungs- und Berechnungswerkzeug IndraSize: www.boschrexroth.com/IndraSize

4.1.4 Kenngrößen MLP

In den Datenblättern angegebene Werte sind Effektivwerte nach DIN EN 60034-1, sofern nicht anders angegeben. Bezugsgröße 540 V_{DC} Zwischenkreisspannung.

Technische Daten für Primärteile MLP

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Toleranz	Beschreibung
Maximalkraft	F_{max}	N	± 5 %	Verfügbare Maximalkraft bei Maximalstrom I_{max}. Die erreichbare Kraft ist vom verwendeten Antriebsregelgerät abhängig.
Dauernennkraft	F_N	N	± 5 %	Verfügbare Dauerkraft in Betriebsart S1 (Dauerbetrieb).
Maximalstrom	I_{max}	A		Maximalstrom (Effektivwert) des Motors bei F_{max}.
Bemessungsstrom	I_N	A		Strangstrom (Effektivwert) des Motors bei v_N und Belastung mit F_N.
Maximalgeschwindigkeit mit Maximalkraft	v_{Fmax}	m/min		Vom Hersteller festgelegte Maximalgeschwindigkeit mit Maximalkraft F_{max}. Die erreichbare Geschwindigkeit ist von der Zwischenkreisspannung des verwendeten Antriebsregelgerätes abhängig.
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min		Erreichbare Nenngeschwindigkeit bei Dauernennkraft F_N. Die erreichbare Geschwindigkeit ist von der Zwischenkreisspannung des verwendeten Antriebsregelgerätes abhängig.
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	± 5 %	Verhältnis von Krafterhöhung zur Erhöhung des kraftbildenden Stroms. Gültig bis zum Bemessungsstrom I_N.
Spannungskonstante bei 20 °C	K_{EMF}	Vs/m	± 5 %	Electromagnetic Force. Induzierte Motorspannung (Effektivwert) in Abhängigkeit von der Verfahrgeschwindigkeit bezogen auf Geschwindigkeit 1 m/s.
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm		Gemessener Wicklungswiderstand zwischen zwei Strängen.
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH		Gemessene Wicklungsinduktivität zwischen zwei Strängen. Die angegebenen Messwerte sind aufgrund von Randeffekten Schwankungen unterworfen. Die Angaben sind typische Werte, die mit einem Messstrom von 1 mA bei einer Messfrequenz von 1 kHz ermittelt wurden.
Leistungsaderquerschnitt	A	mm²		Bemessen nach DIN VDE 0298-4 und Verlegeart B2 nach DIN EN 60204-1 mit Umrechnungsfaktor für Rexroth Kabel bei 40 °C Umgebungstemperatur. Der in den Datenblättern angegebene Leistungsaderquerschnitt kann in Abhängigkeit von der gewählten Motoranschlussart - Stecker oder Klemmenkasten - abweichen. Beachten Sie bei der Auswahl des entsprechenden Leistungskabels die Angaben in Kapitel 8 Anschlusstechnik.
Polweite	T_p	mm		Abstandsmaß von Polmitte zur Polmitte der Magnete am Sekundärteil.
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	± 5 %	Maximale Anziehungskraft zwischen Primär- und Sekundärteil bei Nennluftspalt δ und unbestromten Primärteil. Siehe Hinweise in Kapitel 9.14 Vorschub- und Anziehungskräfte .

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Toleranz	Beschreibung
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min		Dauer des Temperaturanstieges auf 63 % der Endtemperatur der Wicklung bei Motorbelastung mit zulässigem S1 Dauerdrehmoment. Die thermische Zeitkonstante ist durch die verwendete Kühlart bestimmt.  ①: zeitlicher Verlauf der Wicklungstemperatur Θmax: max. Wicklungstemperatur T_{th}: Thermische Zeitkonstante
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg		Masse Primärteil mit Standardkapselung.
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg		Masse Primärteil mit Thermokapselung.
Abzuführende Verlustleistung	P_V	W		Verlustleistung in Betriebsart S1 (Dauerbetrieb) bei Nenngeschwindigkeit v_N.
Kühlmittel-Eintrittstemperatur	T_{ein}	°C		Zulässige Kühlmitteleintrittstemperaturen. Einheit [°C]. Die Kühlmitteleingangstemperatur darf maximal 5 °C unter der tatsächlichen Umgebungstemperatur T_{um} liegen. Bei einer größeren Temperaturdifferenz besteht Betauungsgefahr! Beachten Sie hierzu die Hinweise in Kap. 9.10 auf Seite 191 zur Kühlmitteleintrittstemperatur.
Zulässige Kühlmittel-Temperaturerhöhung bei P_V	ΔT_{max}	K		Temperaturdifferenz zwischen Kühlmitteleingangs- und Kühlmittelausgangstemperatur im Betrieb mit Flüssigkeitskühlung Kühlmedium Wasser und Bemessungsverlustleistung P_V.
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min		Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss zur Einhaltung der spezifizierten Dauervorschubkraft. Beachten Sie hierzu die Hinweise in Abb.9.10.6 auf Seite 201 zur Berechnung der Durchflussmenge.
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar		Druckabfall im internen Kühlkreislauf des Motors bei Q_{min}. Beachten Sie hierzu die Hinweise in Abb.9.10.6 auf Seite 201 zur Berechnung des Druckabfalls.
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-		Konstante zur Berechnung des Druckabfalls im motorinternen Kühlsystem mit Kühlmedium Wasser. Beachten Sie hierzu die Hinweise in Abb.9.10.6 auf Seite 201 zur Berechnung des Druckabfalls.
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	$V_{kühl,S}$	l		Kühlmittelvolumen im Inneren des Motors.
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	$V_{kühl,T}$	l		
Maximal zulässiger Eingangsdruck	p_{max}	bar		Maximaler zulässiger Eingangsdruck der Flüssigkeitskühlung am Motor mit Kühlmedium Wasser.

4.1.5 Kenngrößen MLS

Technische Daten für Sekundärteile MLS

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Toleranz	Beschreibung
Masse Sekundärteil	m_S	kg		Masse des Sekundärteils.
	m_{S_rel}	kg/m		Relative Masse des Sekundärteils bezogen auf 1 m Länge des Sekundärteils.

4.2 Allgemeine technische Daten

Aus Gründen der Übersichtlichkeit beinhaltet folgende Tabelle Daten, die für alle Motorbaugrößen gültig sind. Beachten Sie in diesem Zusammenhang jedoch die Erläuterungen der einzelnen Punkte im jeweiligen Kapitel.

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLPxxx	MLSxxx
Umgebungstemperatur im Betrieb (siehe auch Kap. 9.3 "Umweltbedingungen im Betrieb" auf Seite 185)	T_{um}	°C	0 ... +40	
Zulässige Transporttemperatur (siehe auch Kap. 11.2.2 "Hinweise zum Transport" auf Seite 271)	T_T	°C	-25 ... +70	
Zulässige Lagerungstemperatur (siehe auch Kap. 11.2.3 "Hinweise zur Lagerung" auf Seite 275)	T_L	°C	-25 ... +55	
Zulässige Kühlmittel-Eintrittstemperatur (siehe auch Kap. "Kühlmitteltemperatur " auf Seite 199)	T_{ein}	°C	+5 ... +40	
Maximal zulässiger Kühlmittel-Eingangsdruck	p_{max}	bar	10	
Max. zulässige Sekundärteiltemperatur im Betrieb	T_{Smax}	°C	/	70 °C
Thermische Klasse nach DIN EN 60034-1	-	-	155	/
Warntemperatur (Wicklung)	T_{warn}	°C	145	/
Abschalttemperatur (Wicklung)	T_{abst}	°C	155	/
Schutzart nach DIN EN 60034-5	-	-	IP65	
E-File Nummer	-	-	E341734	
RoHS-Konformität	-	-	2011/65/EU	
Letzte Änderung: 2019-11-07				

Tab. 4-1: Allgemeine technische Daten

4.3 Baugröße 040

4.3.1 Daten MLP040

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP040			
Baulänge			**A**	**B**		
Wicklung			**0300**	**0150**	**0250**	**0300**
Maximalkraft	F_{max}	N	800	1150		
Dauernennkraft	F_N	N	250	370		
Maximalstrom	I_{max}	A	18,0	18,7	28,3	36,9
Bemessungsstrom	I_N	A	3,8	3,9	5,6	6,3
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	300	150	250	300
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	500	300	400	500
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	66,1	94,4	66,8	58,6
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	38,1	54,4	38,5	33,8
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	8,6	12,8	6,3	5,0
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	51,5	78,8	37,6	28,9
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0			
Polweite	τ_p	mm	37,5			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	1200	1700		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4			
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	4,7	6,1		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	6,1	8,1		
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	400	550		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	0,6	0,8		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,06	0,11		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,16	0,166		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,027	0,034		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,043	0,05		
Letzte Änderung: 2019-02-07						

Tab. 4-2: MLP040 - Technische Daten

4.3.2 Motorkennlinien MLP040

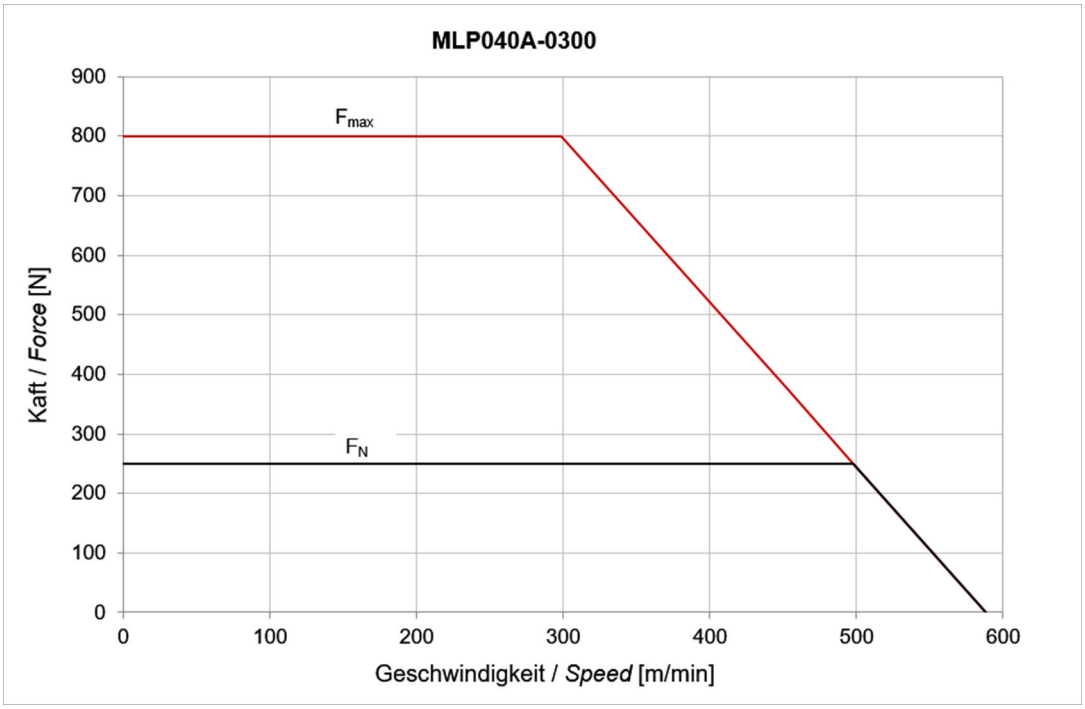


Abb. 4-4: Motorkennlinie MLP040A-0300

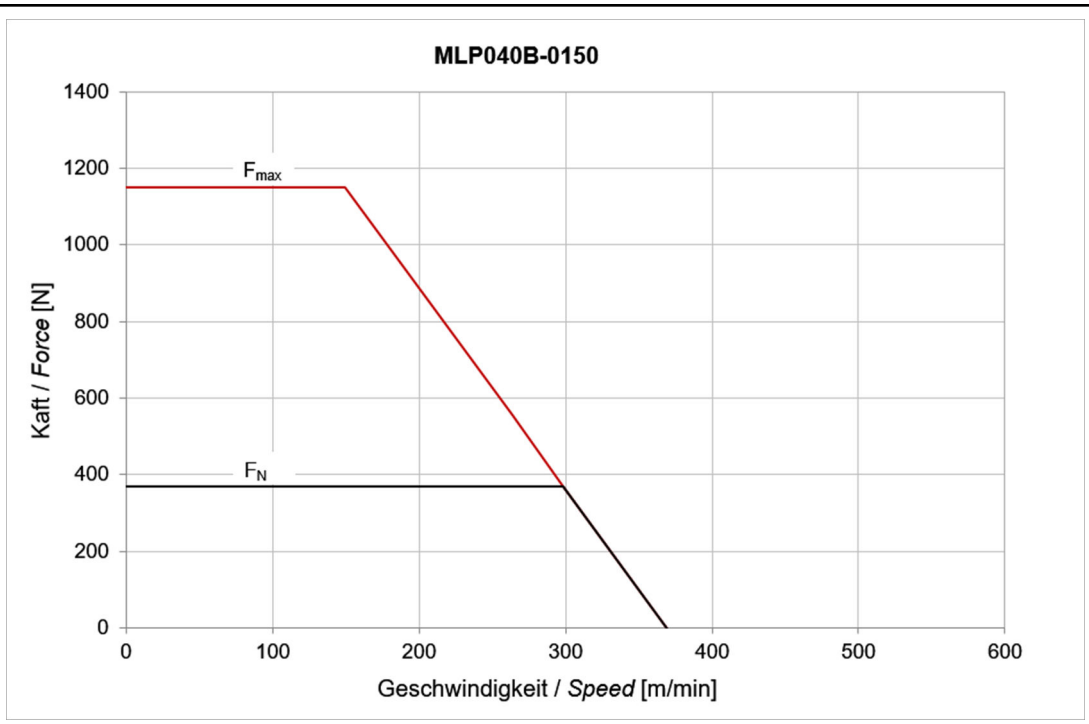


Abb. 4-5: Motorkennlinie MLP040B-0150

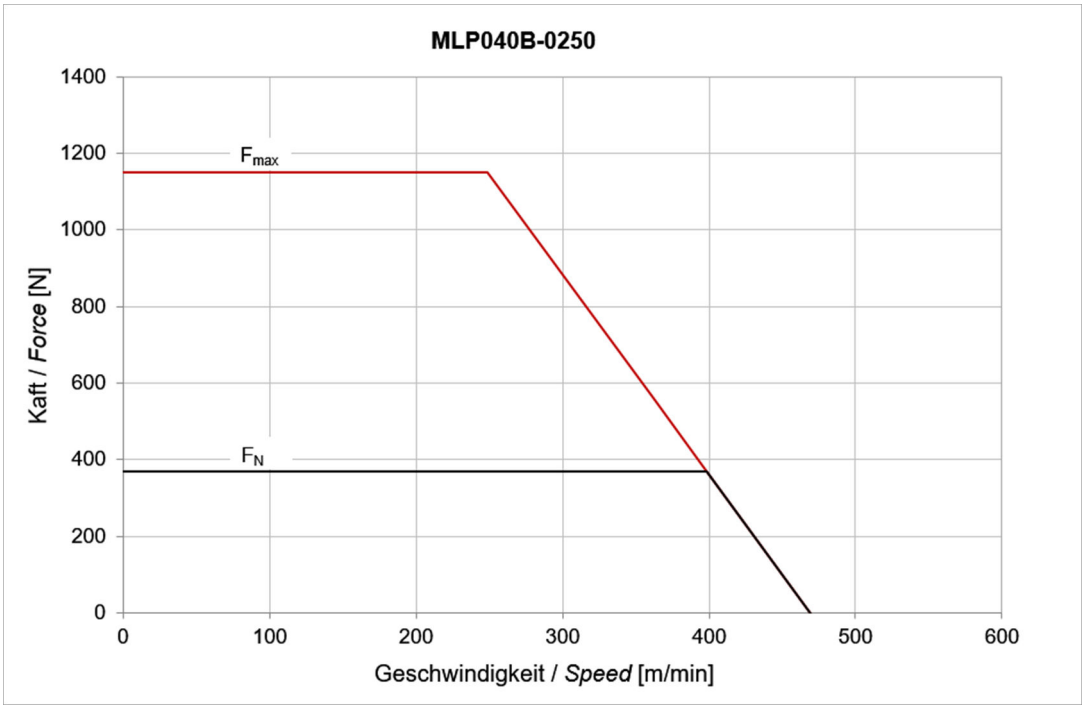


Abb. 4-6: Motorkennlinie MLP040B-0250

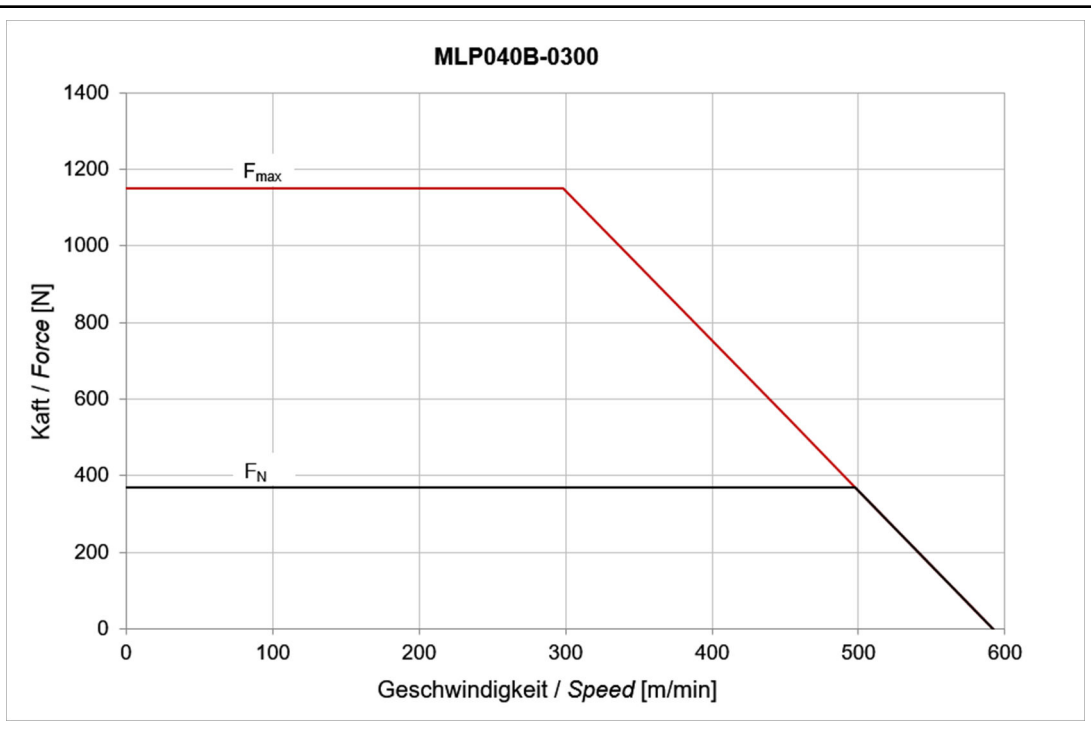


Abb. 4-7: Motorkennlinie MLP040B-0300

4.3.3 Daten MLS040

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS040_-_A-0150-NNNN	MLS040_-_A-0450-NNNN	MLS040_-_A-0600-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	0,8	2,4	3,2
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	5,4		
					Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-3: MLS040 -Technische Daten

4.4 Baugröße 052

4.4.1 Daten MLP052

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP052	
Baulänge			**A**	**B**
Wicklung			**0300**	**0300**
Maximalkraft	F_{max}	N	650	1300
Dauernennkraft	F_N	N	300	630
Maximalstrom	I_{max}	A	13,8	28,0
Bemessungsstrom	I_N	A	5,0	10,6
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	300	
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	350	450
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	60,0	59,4
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	37,6	39,3
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	5,0	2,67
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	56,0	34,0
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0	
Polweite	τ_p	mm	30,0	
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	1300	2600
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	3,7	4,2
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	5,0	8,5
Daten Flüssigkeitskühlung				
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	300	600
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,0	
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,9	
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,9	
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,04	0,069
				Letzte Änderung: 2019-02-07

Tab. 4-4: MLP052 - Technische Daten

4.4.2 Motorkennlinien MLP052

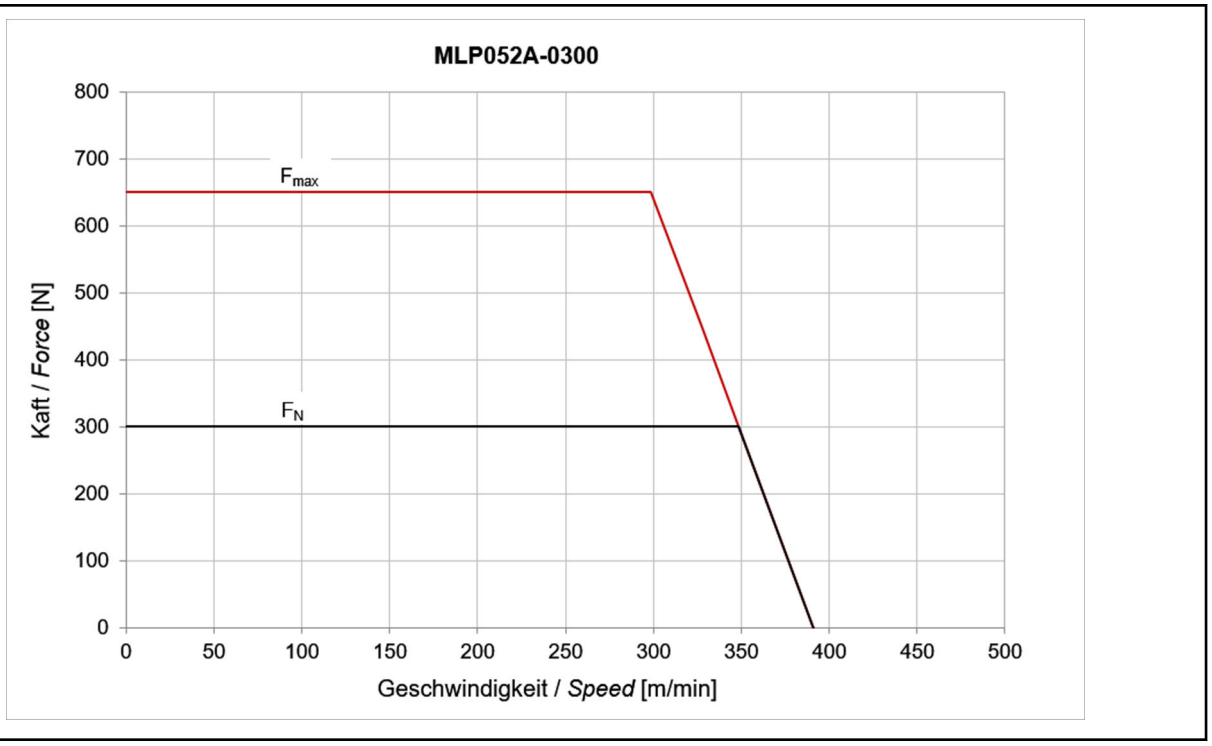


Abb. 4-8: Motorkennlinie MLP052A-0300

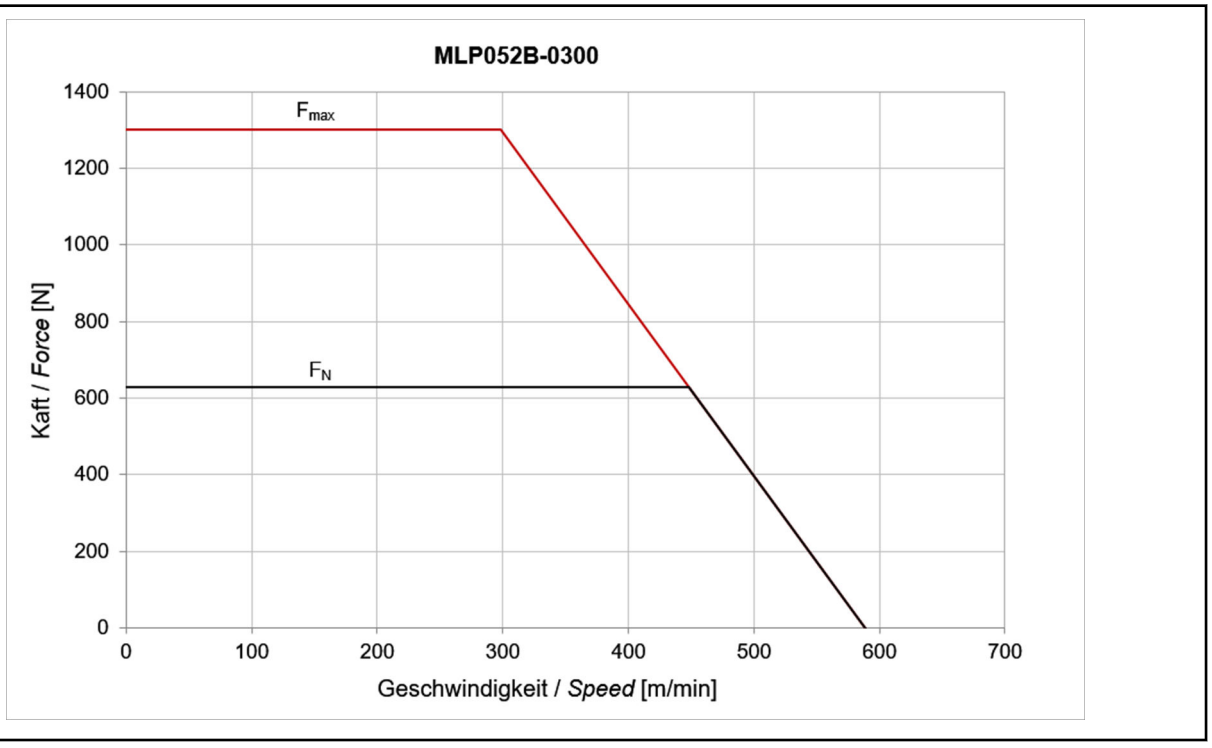


Abb. 4-9: Motorkennlinie MLP052B-0300

4.4.3 Daten MLS052

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS052_-_A-0180-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	1,5
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	8,5
			Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-5: MLS052 -Technische Daten

4.5 Baugröße 070

4.5.1 Daten MLP070A

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP070		
Baulänge			A		
Wicklung			0150	0220	0300
Maximalkraft	F_{max}	N	2000		
Dauernennkraft	F_N	N	550		
Maximalstrom	I_{max}	A	29,6	40,5	42,0
Bemessungsstrom	I_N	A	4,5	6,1	8,0
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	150	220	300
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	200	360	450
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	121,7	90,7	68,7
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	70,2	52,3	39,6
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	9,0	4,7	2,9
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	47,9	26,9	17,1
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0		
Polweite	τ_p	mm	37,5		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	2900		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4		
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	8,4		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	10,9		
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	780		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,1		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,2		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,18		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,042		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,06		
Letzte Änderung: 2019-02-07					

Tab. 4-6: MLP070A - Technische Daten

4.5.2 Motorkennlinien MLP070A

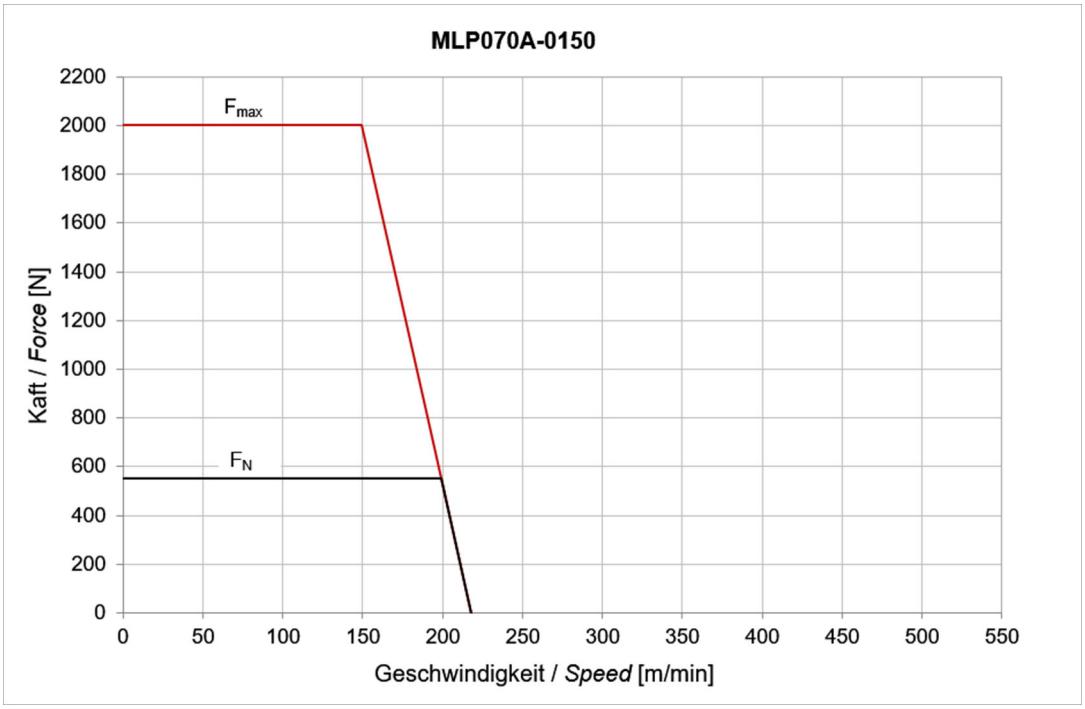


Abb. 4-10: Motorkennlinie MLP070A-0150

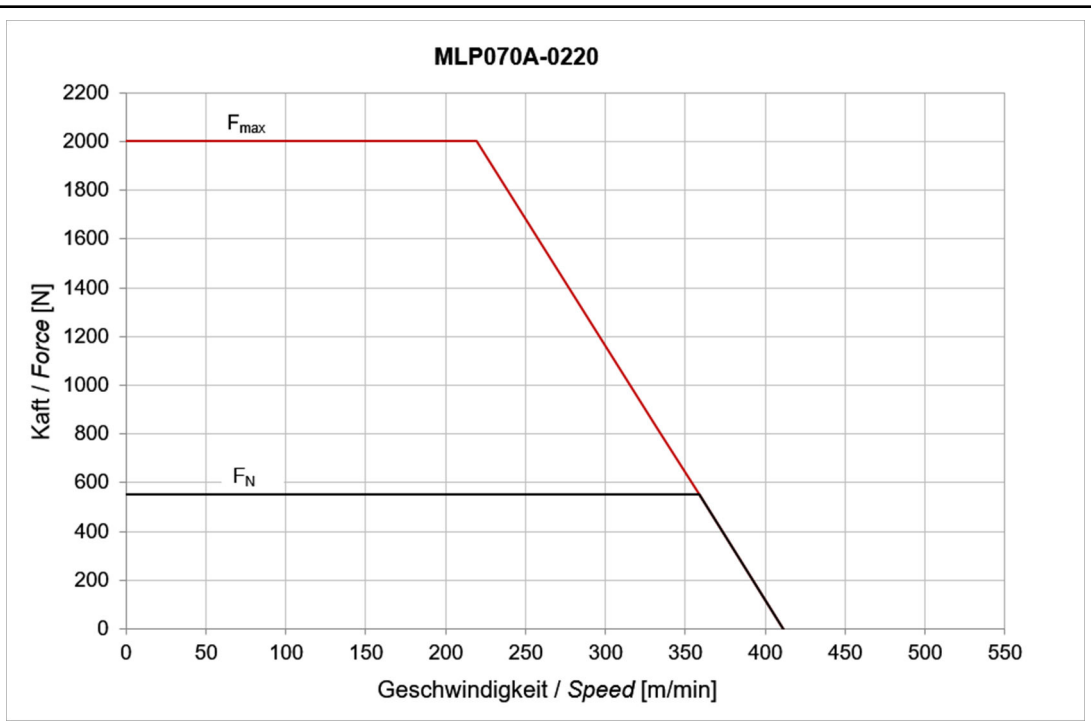


Abb. 4-11: Motorkennlinie MLP070A-0220

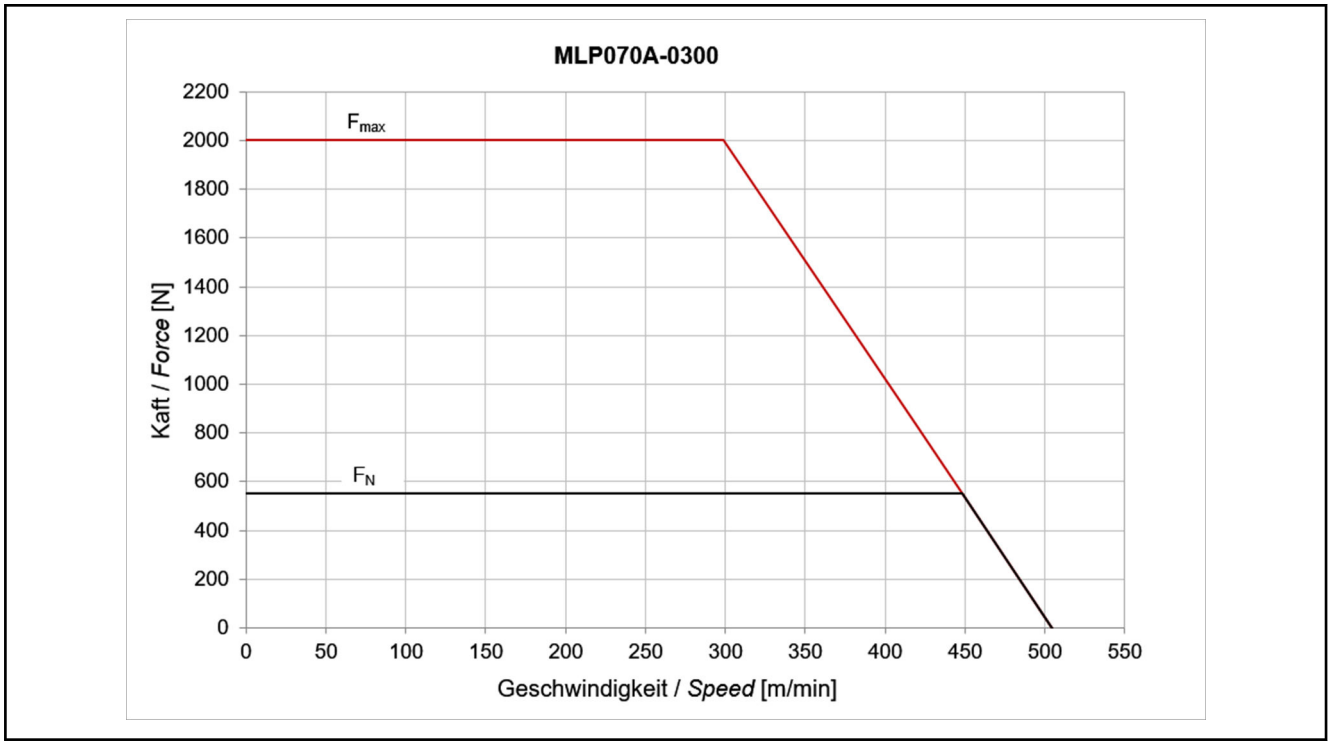


Abb. 4-12: Motorkennlinie MLP070A-0300

4.5.3 Daten MLP070B

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP070				
Baulänge			B				
Wicklung			0100	0120	0150	0250	0300
Maximalkraft	F_{max}	N	2600				
Dauernennkraft	F_N	N	820				
Maximalstrom	I_{max}	A	23,6	42,8	56,8	57,1	67,7
Bemessungsstrom	I_N	A	4,6	5,9	7,3	10,4	11,6
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	100	120	150	250	300
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	200	220	260	400	450
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	176,7	138,8	111,9	79,1	70,7
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	101,9	80,1	64,6	45,6	40,8
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	14,9	9,2	6,1	3,0	5,7
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	89,0	47,558	30,1	17,0	36,2
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0				
Polweite	τ_p	mm	37,5				
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	3750				
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4				
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	10,4				
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	13,4				
Daten Flüssigkeitskühlung							
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	900				
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,3				
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,3				
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,186				
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,059				
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,082				
Letzte Änderung: 2019-02-07							

Tab. 4-7: MLP070B - Technische Daten

4.5.4 Motorkennlinien MLP070B

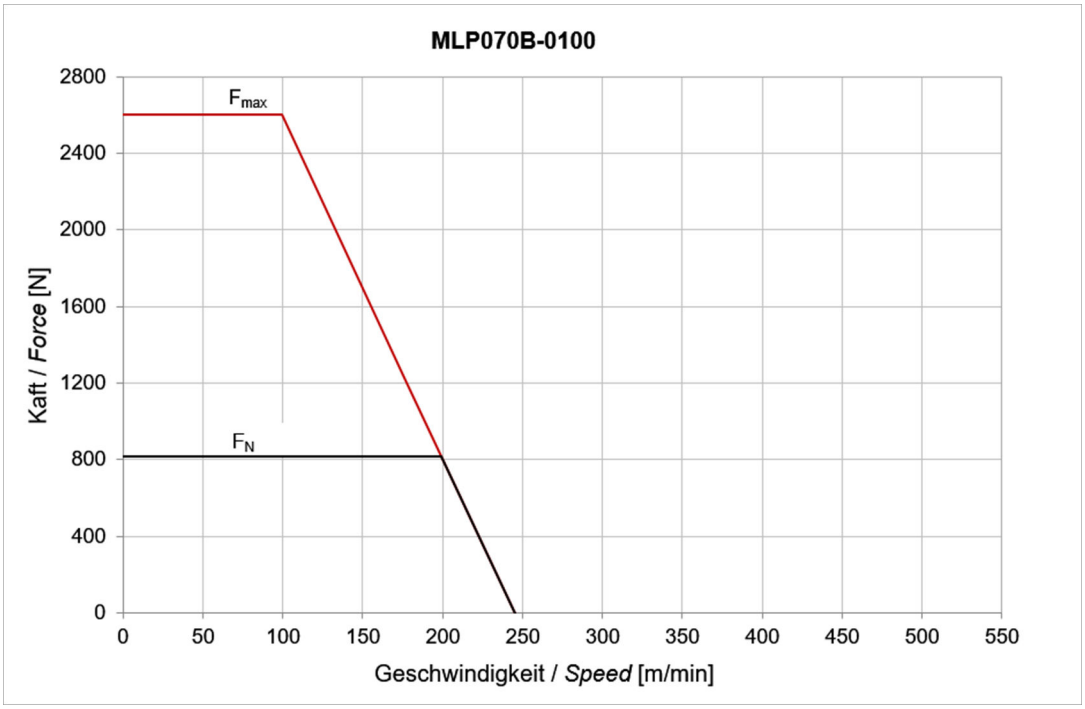


Abb. 4-13: Motorkennlinie MLP070B-0100

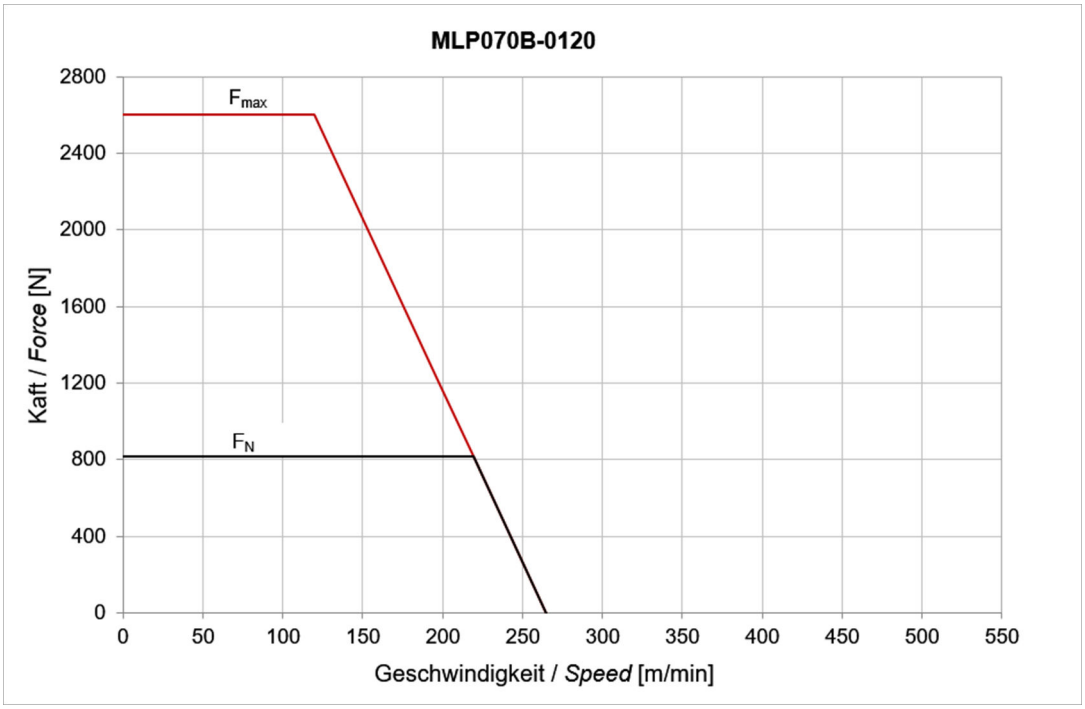


Abb. 4-14: Motorkennlinie MLP070B-0120

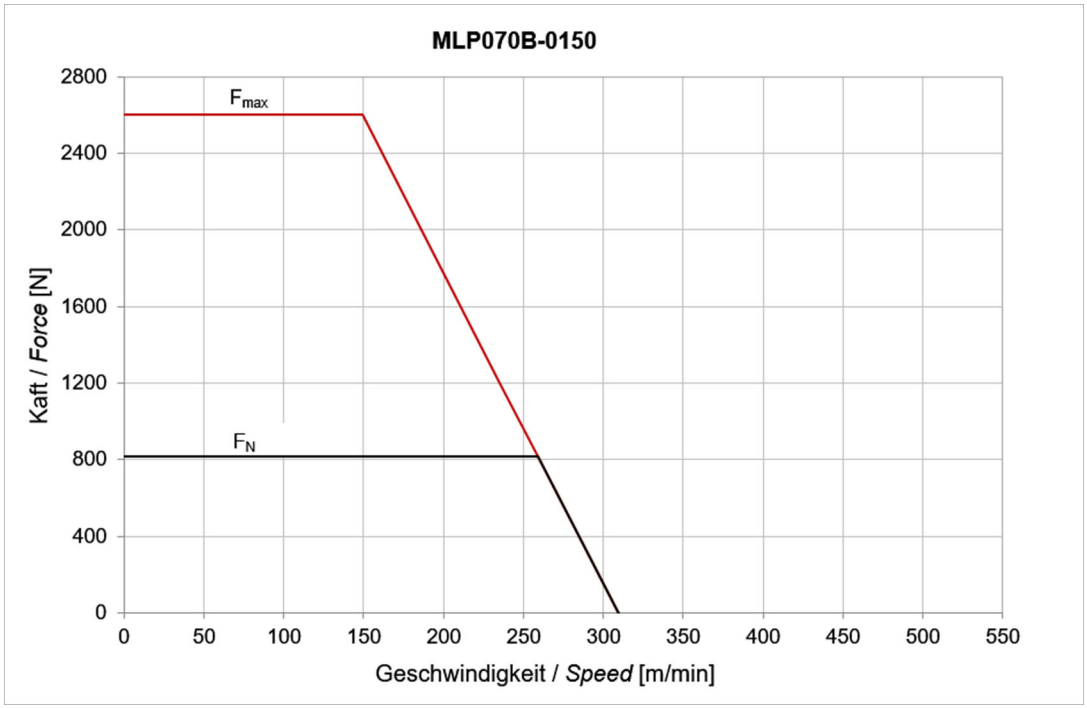


Abb. 4-15: Motorkennlinie MLP070B-0150

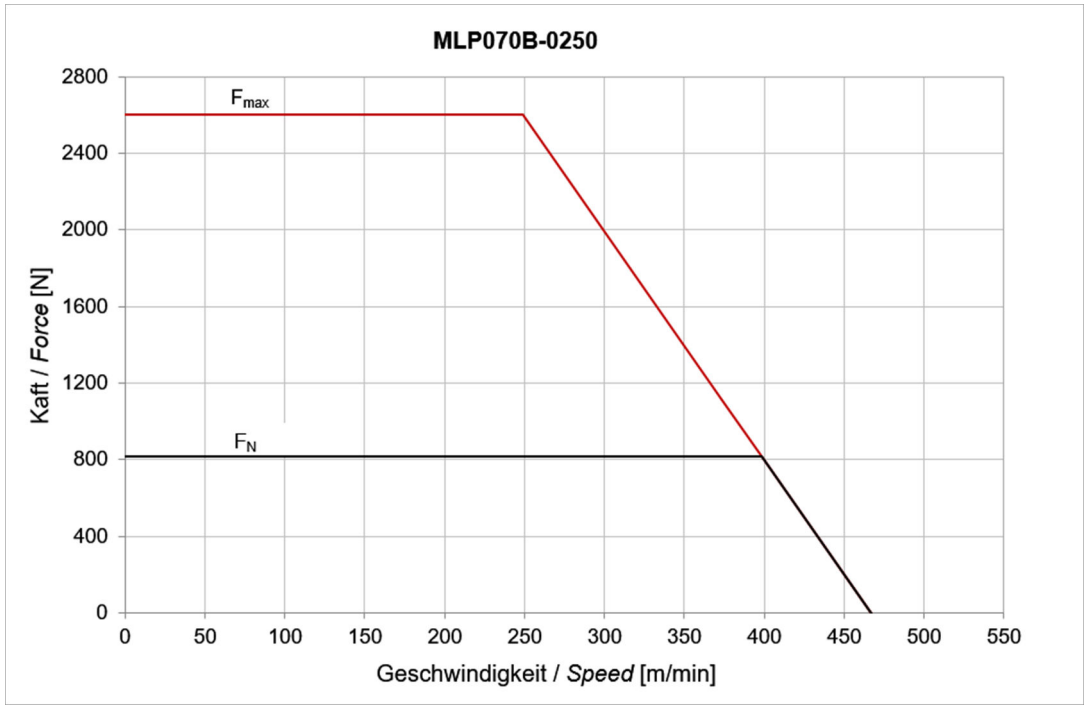


Abb. 4-16: Motorkennlinie MLP070B-0250

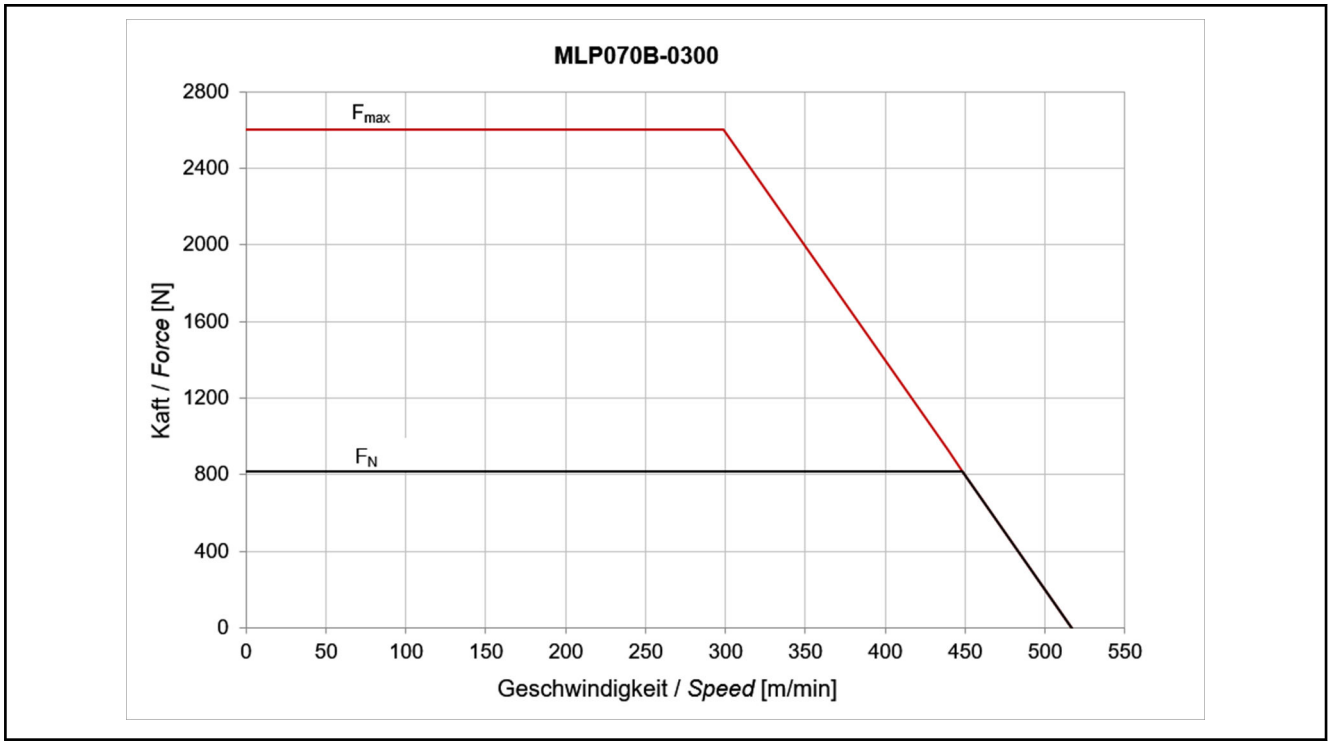


Abb. 4-17: Motorkennlinie MLP070B-0300

4.5.5 Daten MLP070C

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP070				
Baulänge			C				
Wicklung			0030	0120	0150	0240	0300
Maximalkraft	F_{max}	N	1900	3800			
Dauernennkraft	F_N	N	1200				
Maximalstrom	I_{max}	A	6,5	56,9	65,9	107,9	106,7
Bemessungsstrom	I_N	A	3,7	9,2	11,0	15,6	18,4
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	30	120	150	240	300
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	70	180	250	350	450
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	326,1	130,4	109,1	77,1	65,2
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	188,7	75,2	62,9	44,5	37,6
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	38,6	5,7	4,05	2,0	1,46
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	22,6	31,132	21,07	11,6	10,2
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0				2,5
Polweite	τ_p	mm	37,5				
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	5500				
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4				
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	14,3				
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	18,4				
Daten Flüssigkeitskühlung							
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1100				
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,6				
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,4				
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,193				
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,078				
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,111				
Letzte Änderung: 2019-02-07							

Tab. 4-8: MLP070C - Technische Daten

4.5.6 Motorkennlinien MLP070C

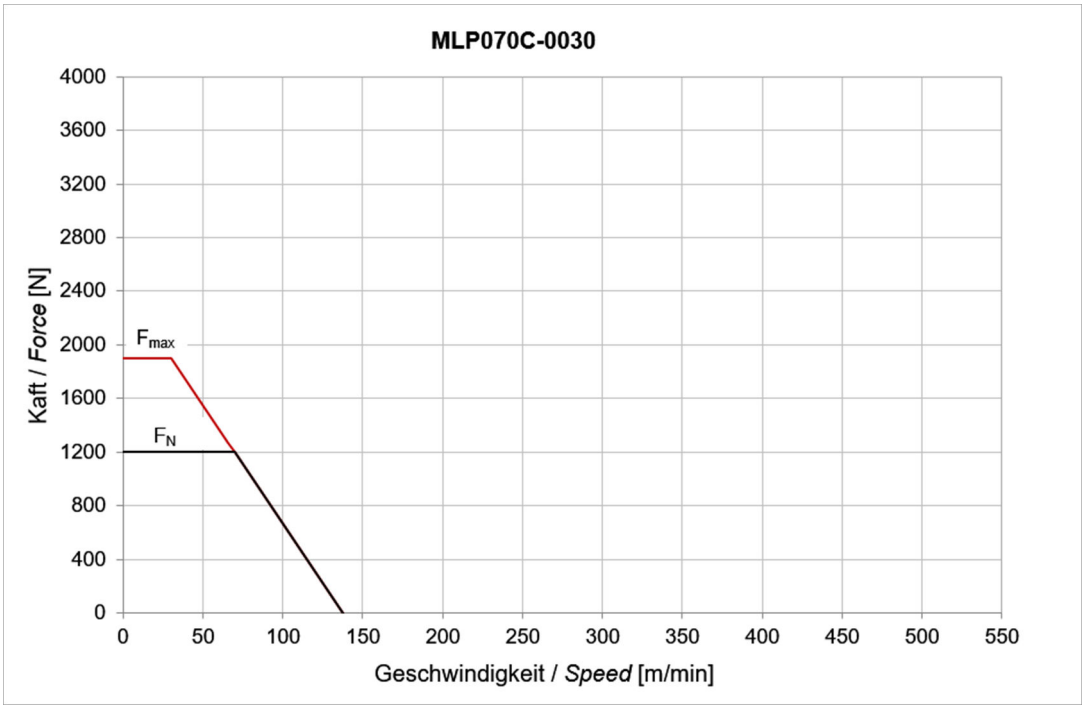


Abb. 4-18: Motorkennlinie MLP070C-0030

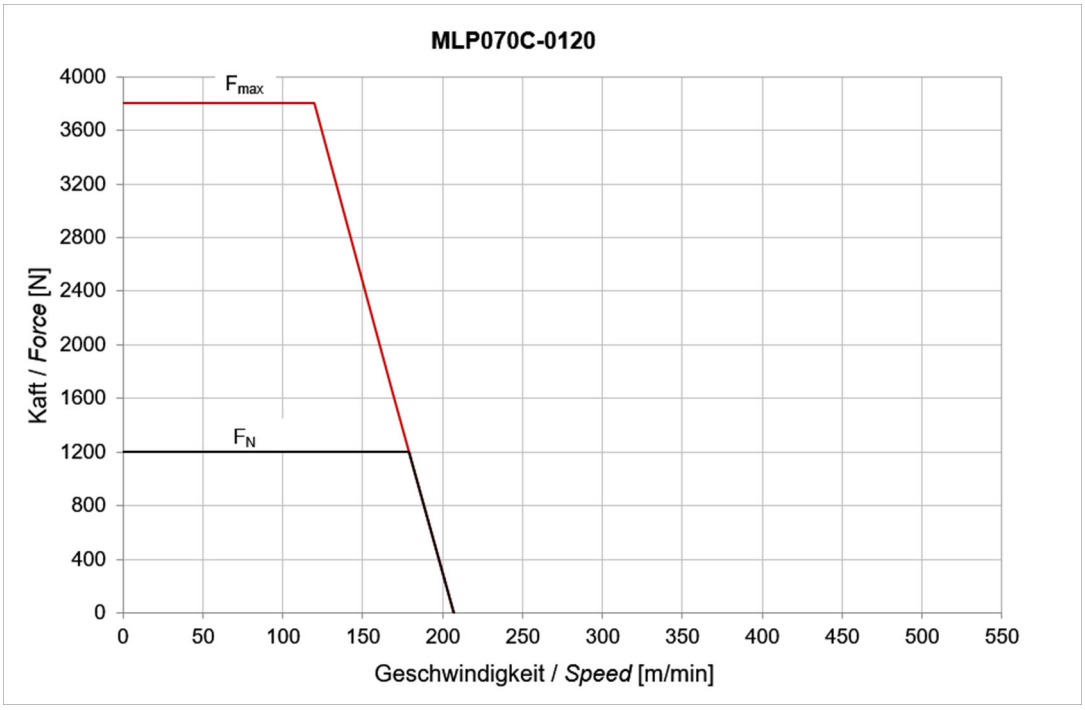


Abb. 4-19: Motorkennlinie MLP070C-0120

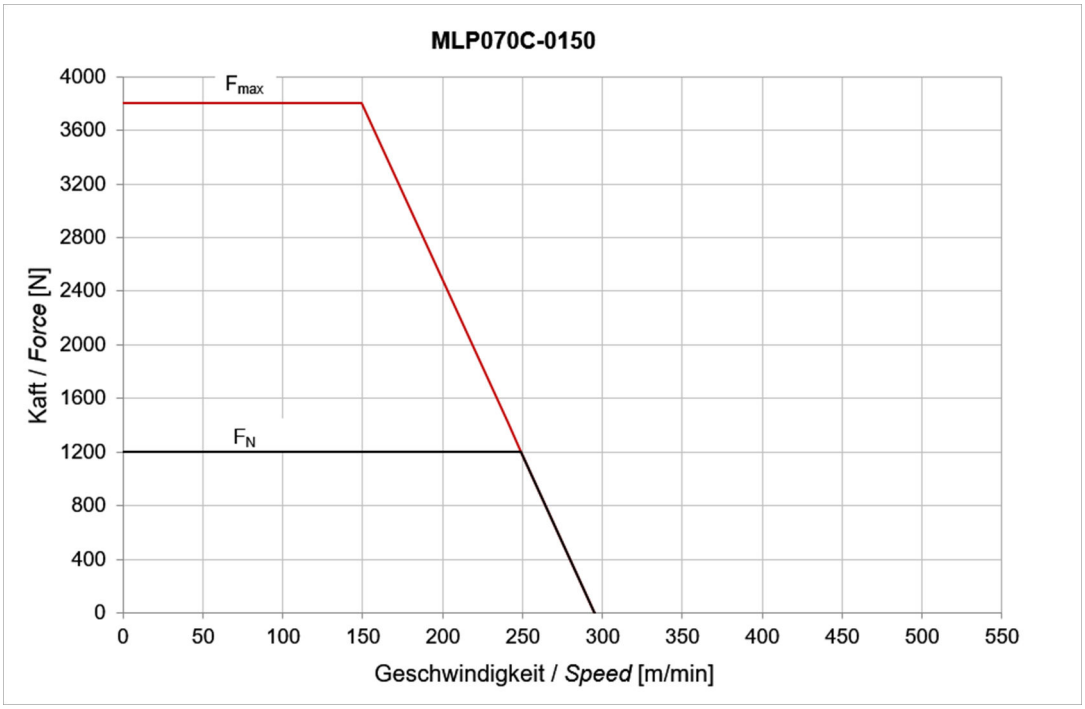


Abb. 4-20: Motorkennlinie MLP070C-0150

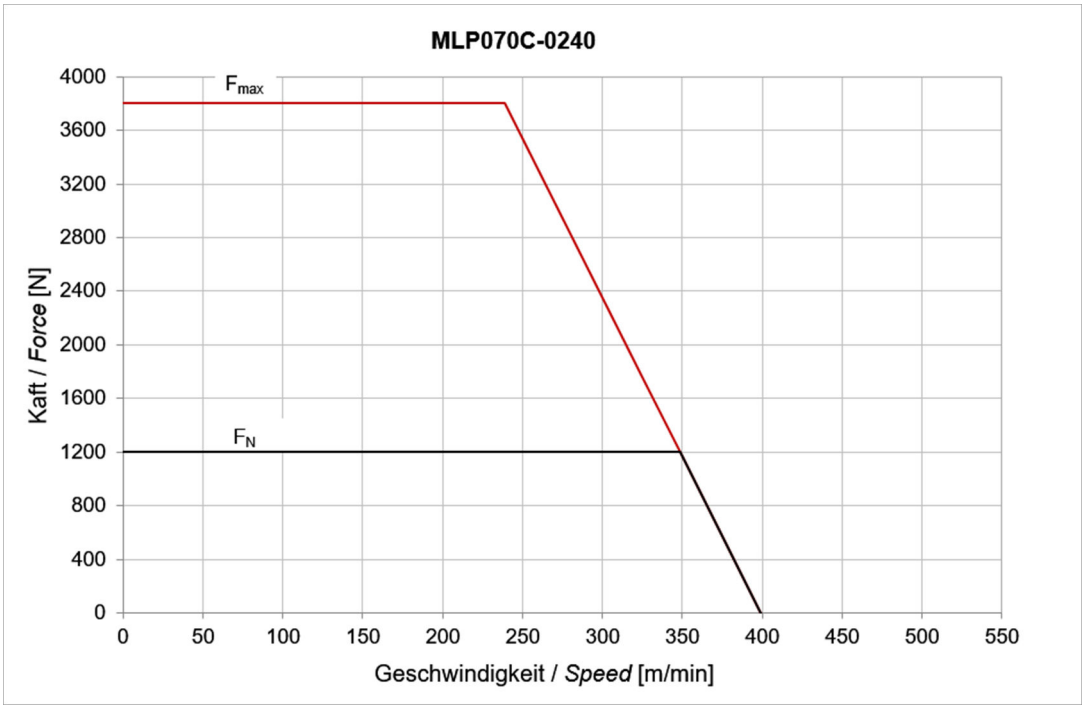


Abb. 4-21: Motorkennlinie MLP070C-0240

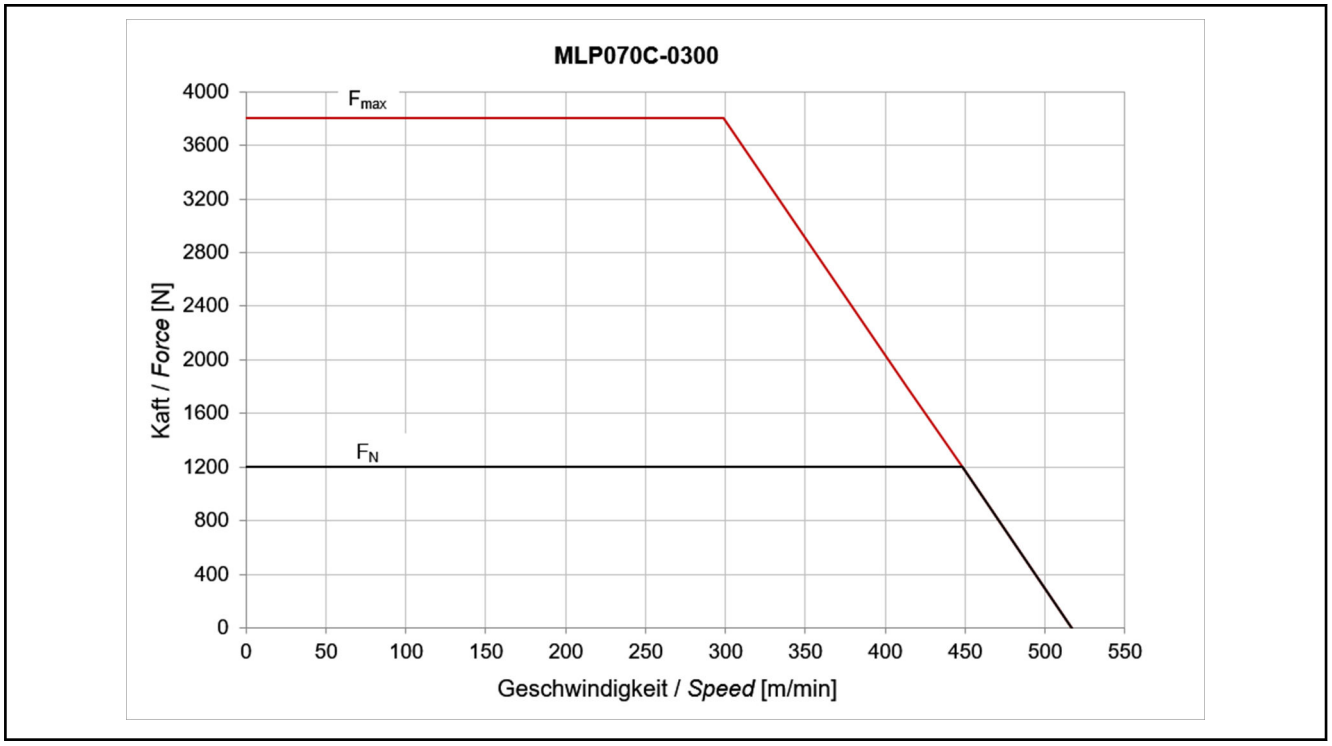


Abb. 4-22: Motorkennlinie MLP070C-0300

4.5.7 Daten MLS070

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS070_-_A-0150-NNNN	MLS070_-_A-0450-NNNN	MLS070_-_A-0600-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	1,4	4,2	5,6
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	9,4		
Letzte Änderung: 2019-07-22					

Tab. 4-9: MLS070 -Technische Daten

4.6 Baugröße 100

4.6.1 Daten MLP100A

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP100			
Baulänge			A			
Wicklung			0090	0120	0150	0190
Maximalkraft	F_{max}	N	3750			
Dauernennkraft	F_N	N	1180			
Maximalstrom	I_{max}	A	34,2	40,5	50,8	69,2
Bemessungsstrom	I_N	A	5,9	7,4	9,2	11,9
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	90	120	150	190
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	150	190	220	290
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	198,9	160,4	127,8	99,5
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	114,8	92,5	73,8	57,4
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	12,0	7,9	4,9	3,0
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	66,9	43,8	27,3	16,5
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0			
Polweite	τ_p	mm	37,5			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	5400			
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4			
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	13,5			
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	17,0			
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	900			
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,2			
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,3			
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,089			
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,071			
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,114			
Letzte Änderung: 2019-02-07						

Tab. 4-10: MLP100A - Technische Daten

4.6.2 Motorkennlinien MLP100A

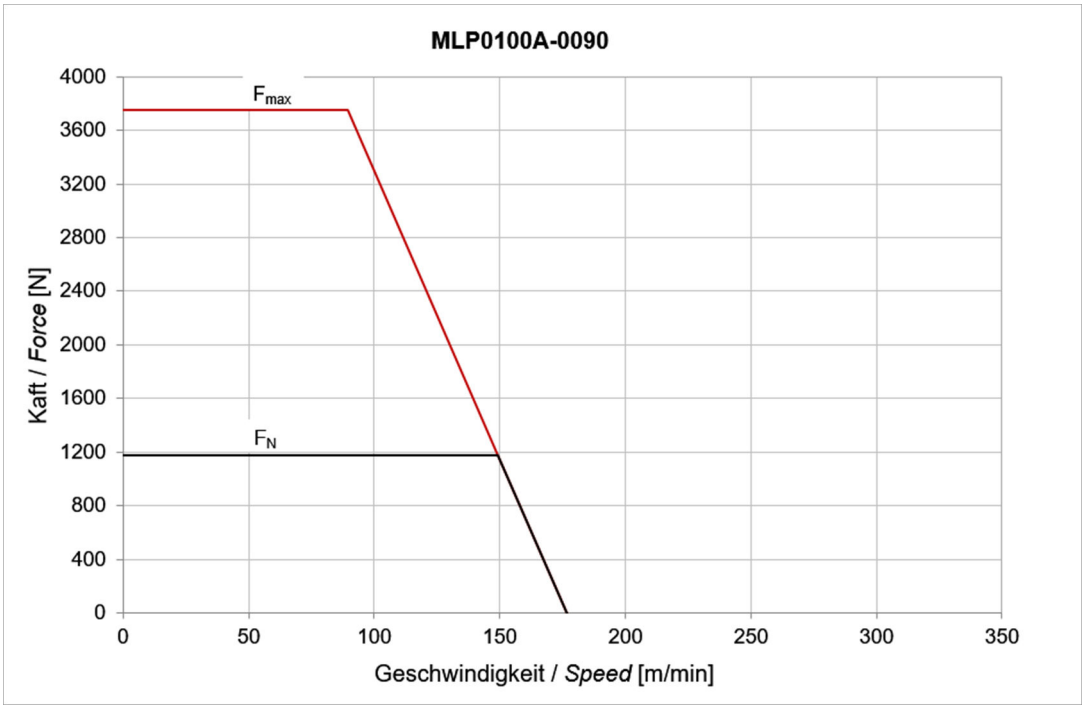


Abb. 4-23: Motorkennlinie MLP100A-0090

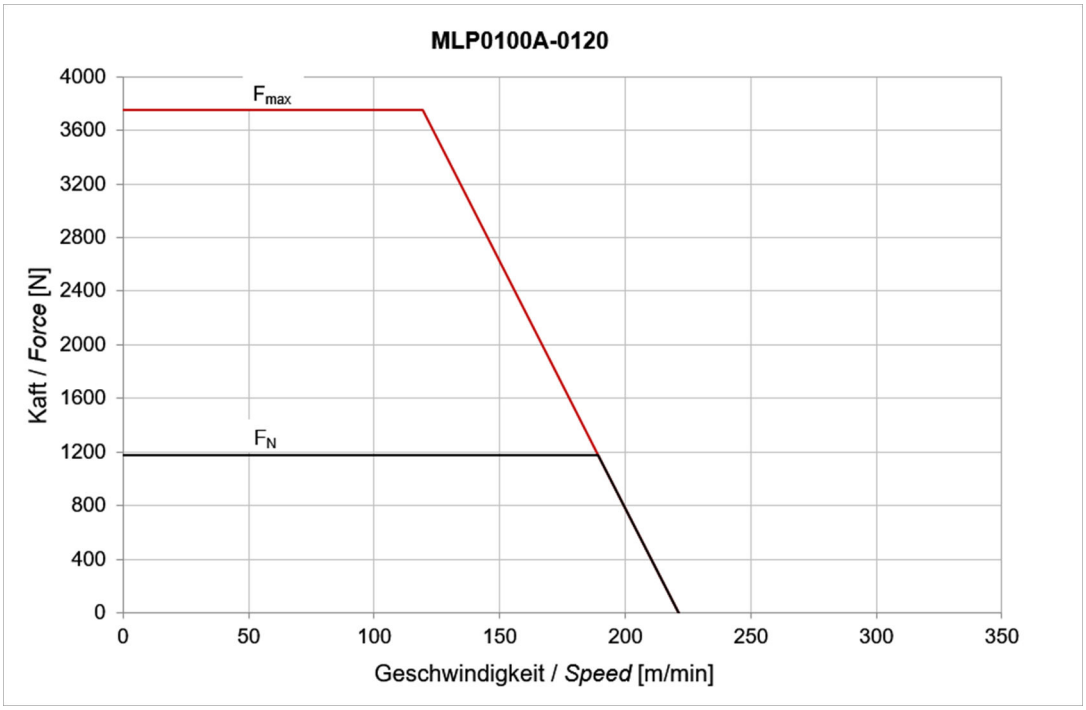


Abb. 4-24: Motorkennlinie MLP100A-0120

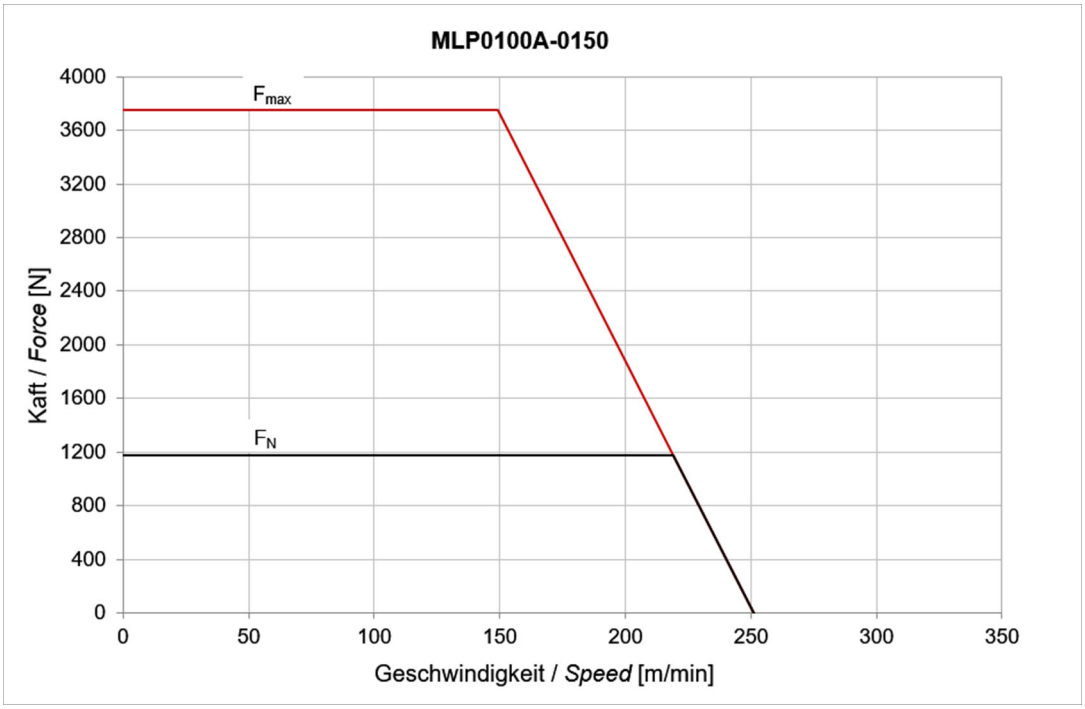


Abb. 4-25: Motorkennlinie MLP100A-0150

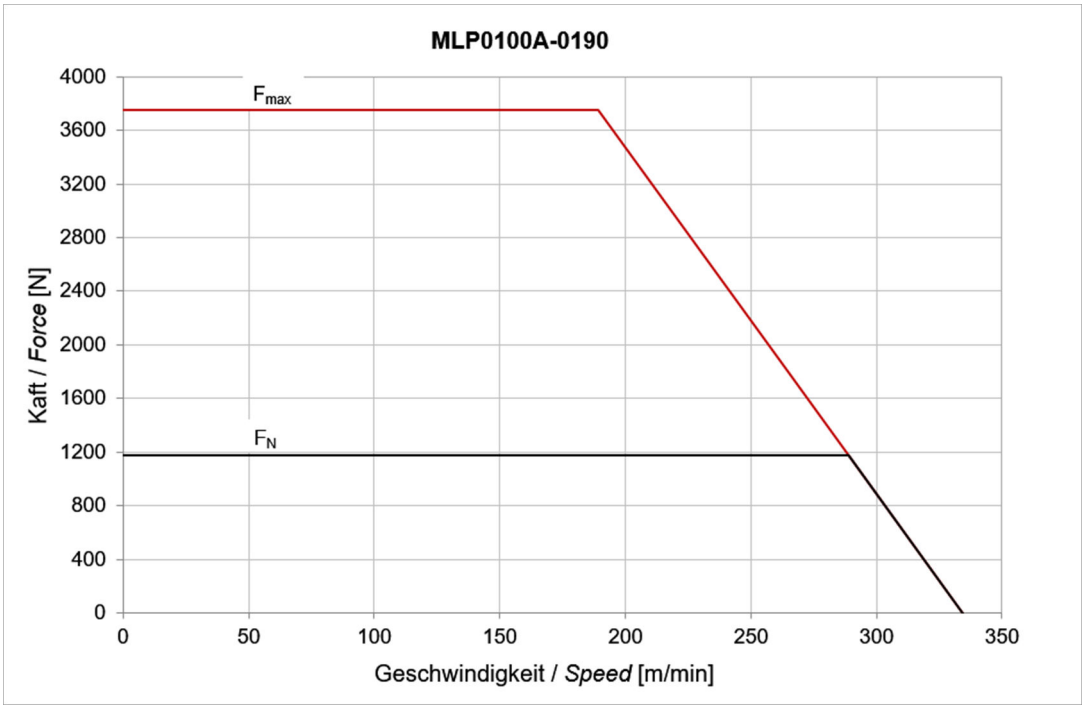


Abb. 4-26: Motorkennlinie MLP100A-0190

4.6.3 Daten MLP100K

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP100
Baulänge			**K**
Wicklung			**0040**
Maximalkraft	F_{max}	N	4675
Dauernennkraft	F_N	N	1480
Maximalstrom	I_{max}	A	33,6
Bemessungsstrom	I_N	A	6,3
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	40
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	135
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	235,0
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	136,0
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	12,1
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	63,6
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0
Polweite	τ_p	mm	37,5
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	6413
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	17,1
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	20,3
Daten Flüssigkeitskühlung			
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1150
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,6
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,42
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,135
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,086
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,138
			Letzte Änderung: 2019-07-18

Tab. 4-11: MLP100K - Technische Daten

4.6.4 Motorkennlinie MLP100K

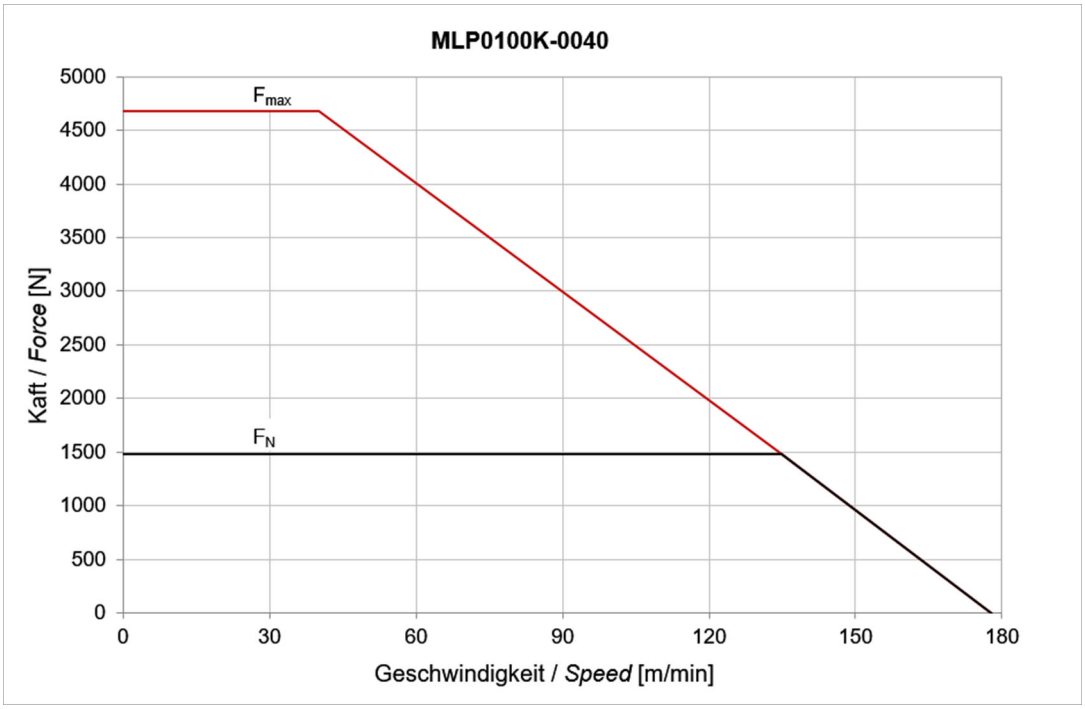


Abb. 4-27: Motorkennlinie MLP100K-0040

4.6.5 Daten MLP100B

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP100		
Baulänge			**B**		
Wicklung			**0030**	**0120**	**0250**
Maximalkraft	F_{max}	N	3000	5600	
Dauernennkraft	F_N	N	1785		
Maximalstrom	I_{max}	A	9,7	71,2	142,6
Bemessungsstrom	I_N	A	5,1	12,2	24,1
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	30	120	250
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	70	190	350
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	352,4	146,3	74,1
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	203,4	84,4	42,7
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	26,4	4,5	1,2
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	137,0	25,6	6,5
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0		2,5
Polweite	τ_p	mm	37,5		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	8000		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4		
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	18,7		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	23,3		
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1300		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,9		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,5		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,181		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,1		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,164		
Letzte Änderung: 2019-02-07					

Tab. 4-12: MLP100B - Technische Daten

4.6.6 Motorkennlinien MLP100B

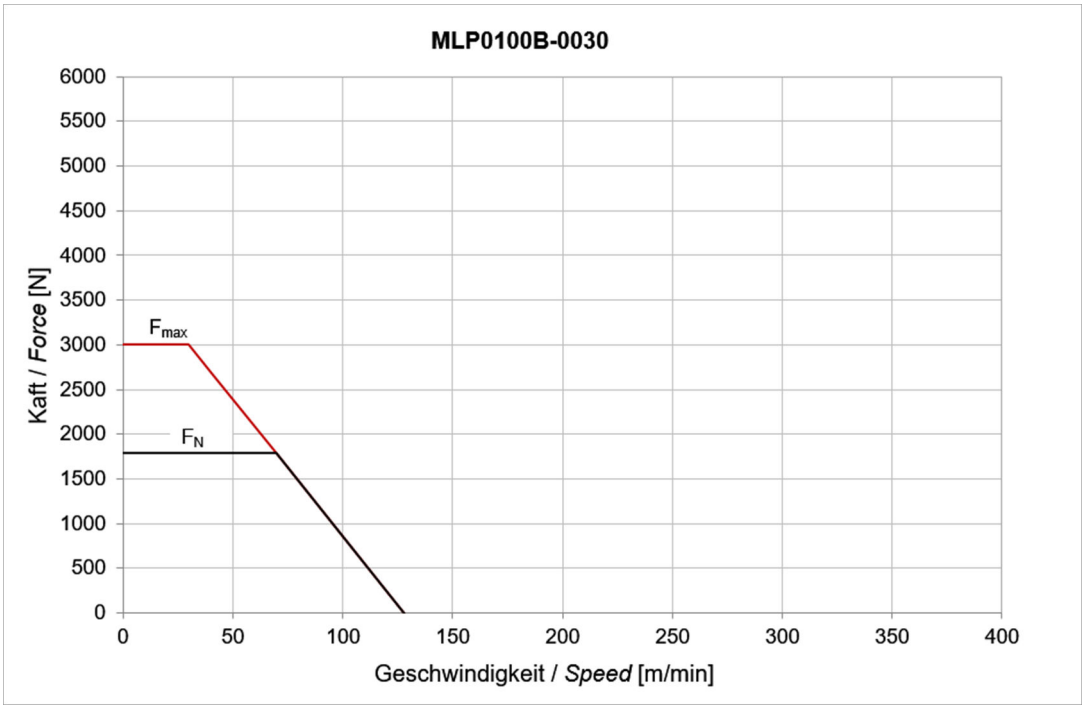


Abb. 4-28: Motorkennlinie MLP100B-0030

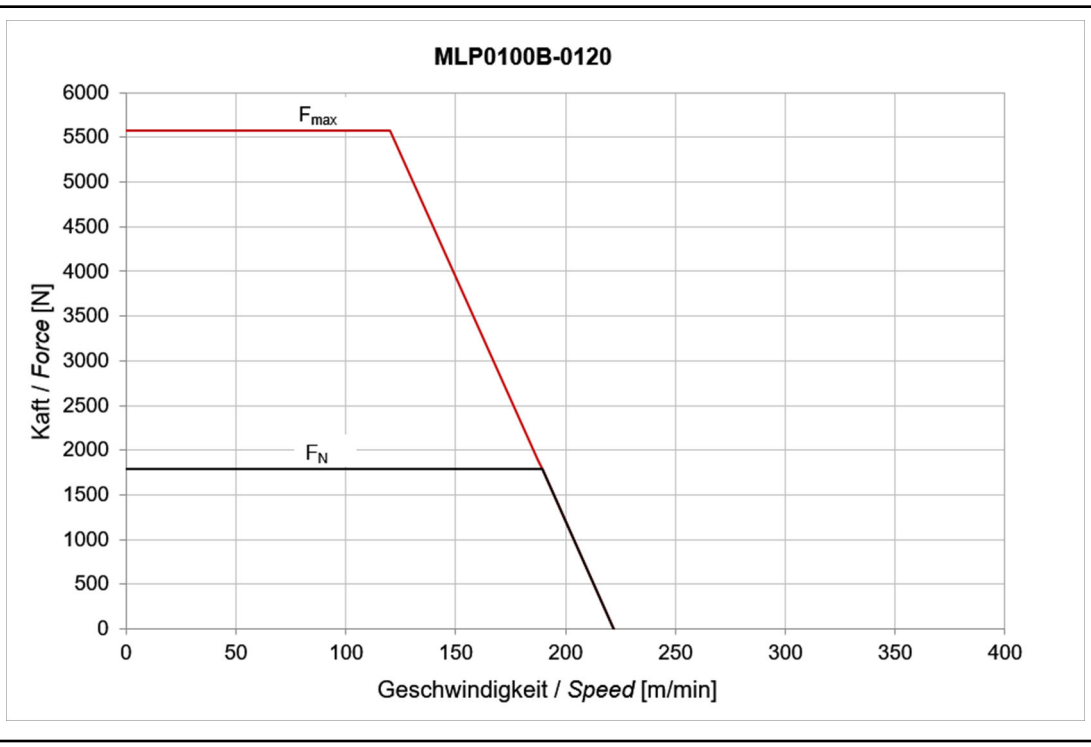


Abb. 4-29: Motorkennlinie MLP100B-0120

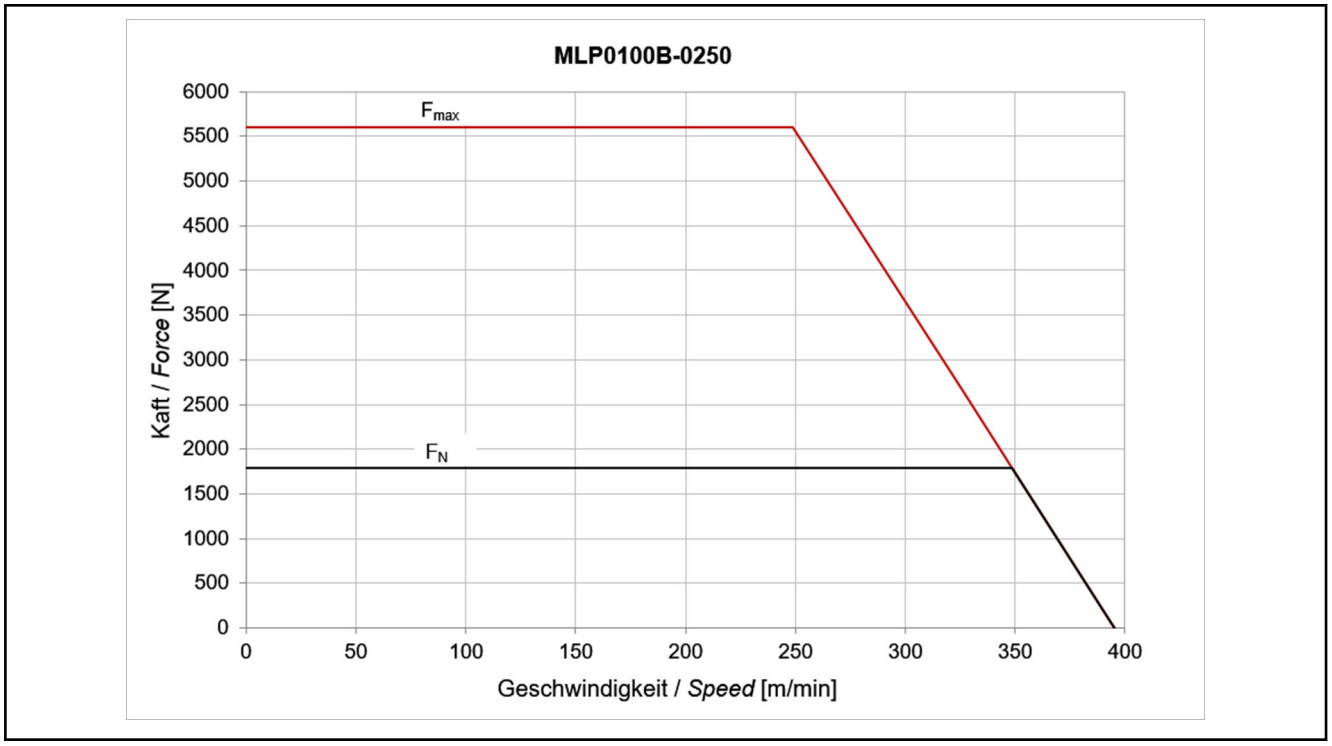


Abb. 4-30: Motorkennlinie MLP100B-0250

4.6.7 Daten MLP100C

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP100		
Baulänge			C		
Wicklung			0090	0120	0190
Maximalkraft	F_{max}	N	7150		
Dauernennkraft	F_N	N	2310		
Maximalstrom	I_{max}	A	83,6	84,9	147,1
Bemessungsstrom	I_N	A	12,1	15,0	24,2
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	90	120	190
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	170	190	290
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	191,3	154,2	95,7
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	110,4	89,0	55,2
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	6,0	4,0	1,5
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	30,358	19,436	8,5
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0	1,5	4,0
Polweite	τ_p	mm	37,5		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	10400		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4		
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	24,0		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	29,7		
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1600		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	2,3		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,8		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,191		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,13		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,212		
					Letzte Änderung: 2019-02-07

Tab. 4-13: MLP100C - Technische Daten

4.6.8 Motorkennlinien MLP100C

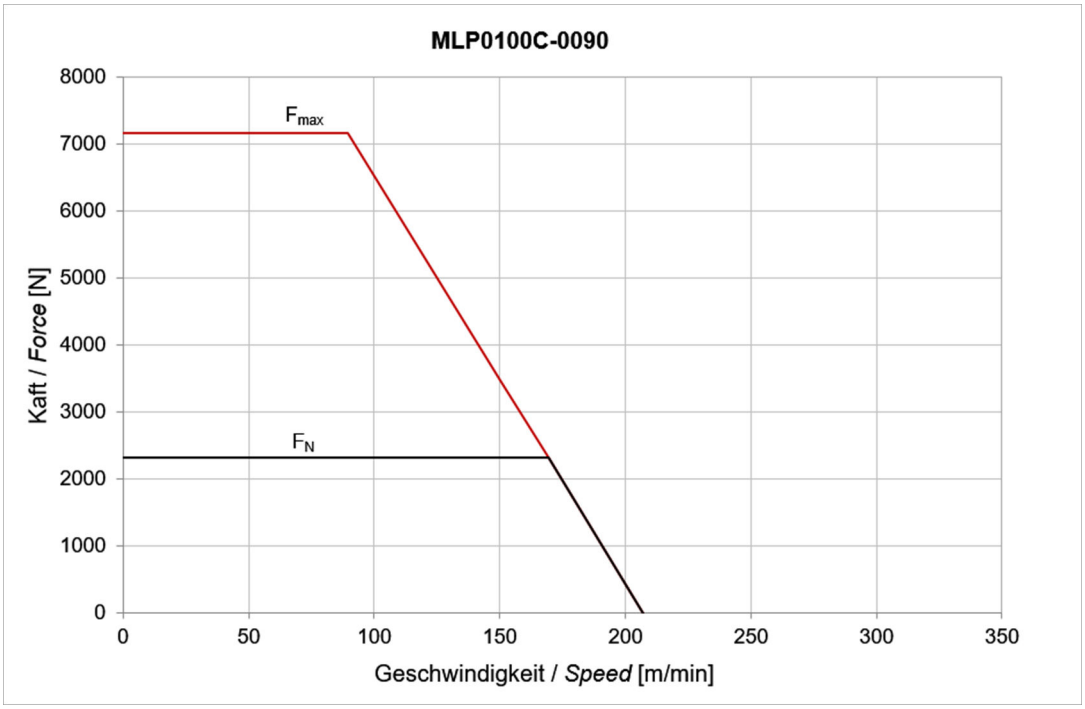


Abb. 4-31: Motorkennlinie MLP100C-0090

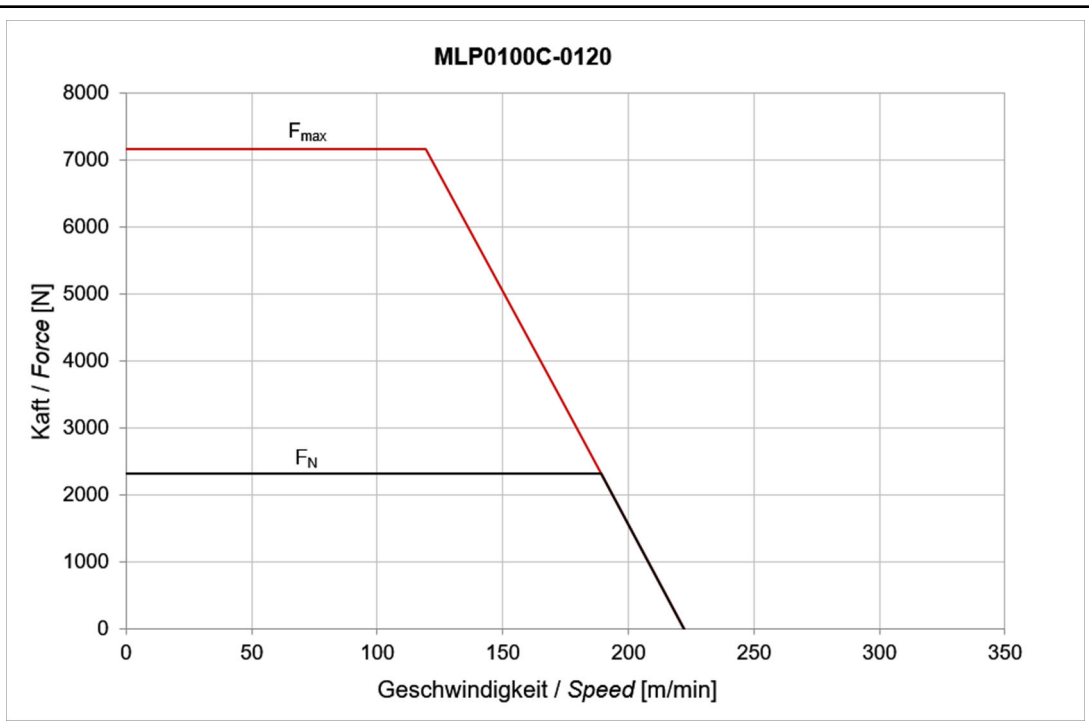


Abb. 4-32: Motorkennlinie MLP100C-0120

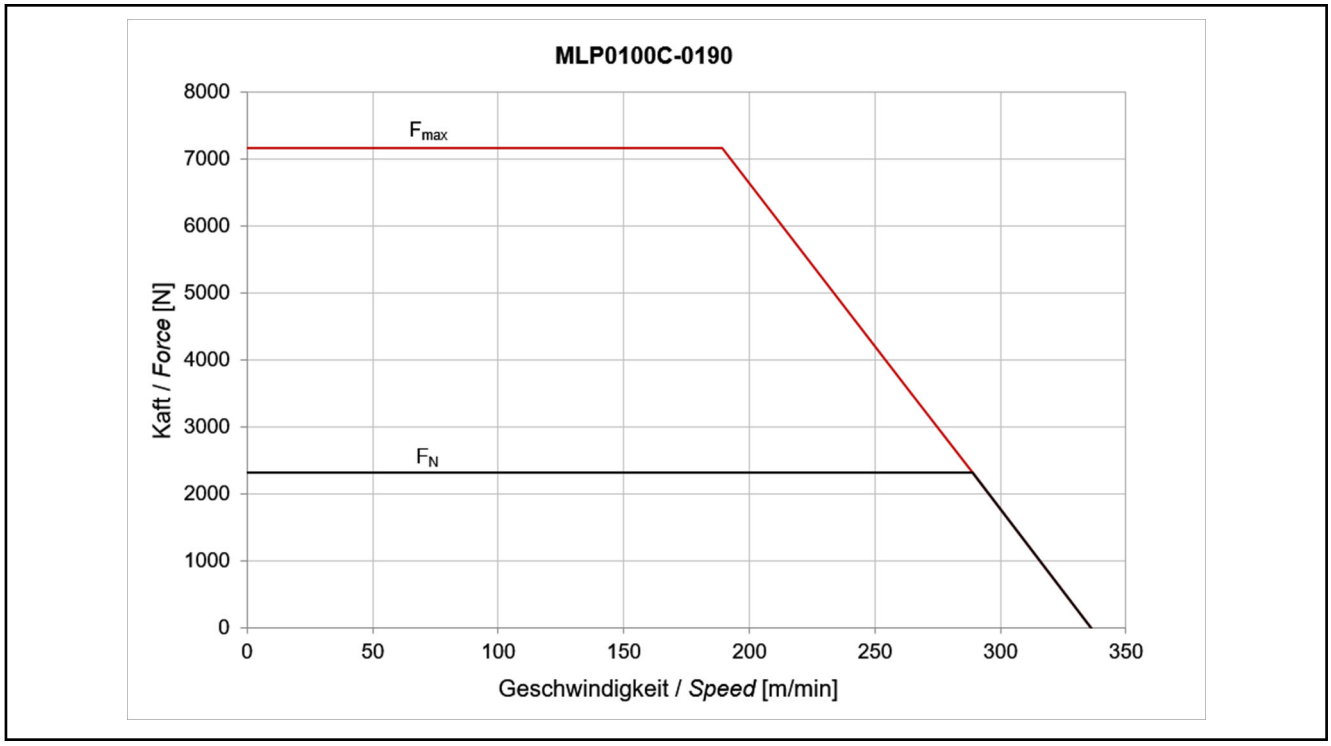


Abb. 4-33: Motorkennlinie MLP100C-0190

4.6.9 Daten MLS100

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS100_-_A-0150-NNNN	MLS100_-_A-0450-NNNN	MLS100_-_A-0600-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	2,0	6,0	8,0
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	13,4		
					Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-14: MLS100 -Technische Daten

4.7 Baugröße 102

4.7.1 Daten MLP102

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP102		
Baulänge			**B**	**C**	**D**
Wicklung			**0060**	**0060**	**0060**
Maximalkraft	F_{max}	N	2730	4100	5500
Dauernennkraft	F_N	N	1300	1950	2600
Maximalstrom	I_{max}	A	19,0	29,0	38,5
Bemessungsstrom	I_N	A	6,5	10,0	14,0
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	60		
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	125	150	140
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	203,0	208,7	185,7
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	117,2	122,8	108,8
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	10,5	6,4	4,9
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	147,0	93,0	69,0
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0		1,5
Polweite	τ_p	mm	30,0		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	5100	7600	10200
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,9	4,4	
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	16,0	20,5	25,0
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1050	1300	1550
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	2,1		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	1,13	1,7	2,2
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,308	0,464	0,601
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,085	0,122	0,158
Letzte Änderung: 2019-02-07					

Tab. 4-15: MLP102 - Technische Daten

4.7.2 Motorkennlinien MLP102

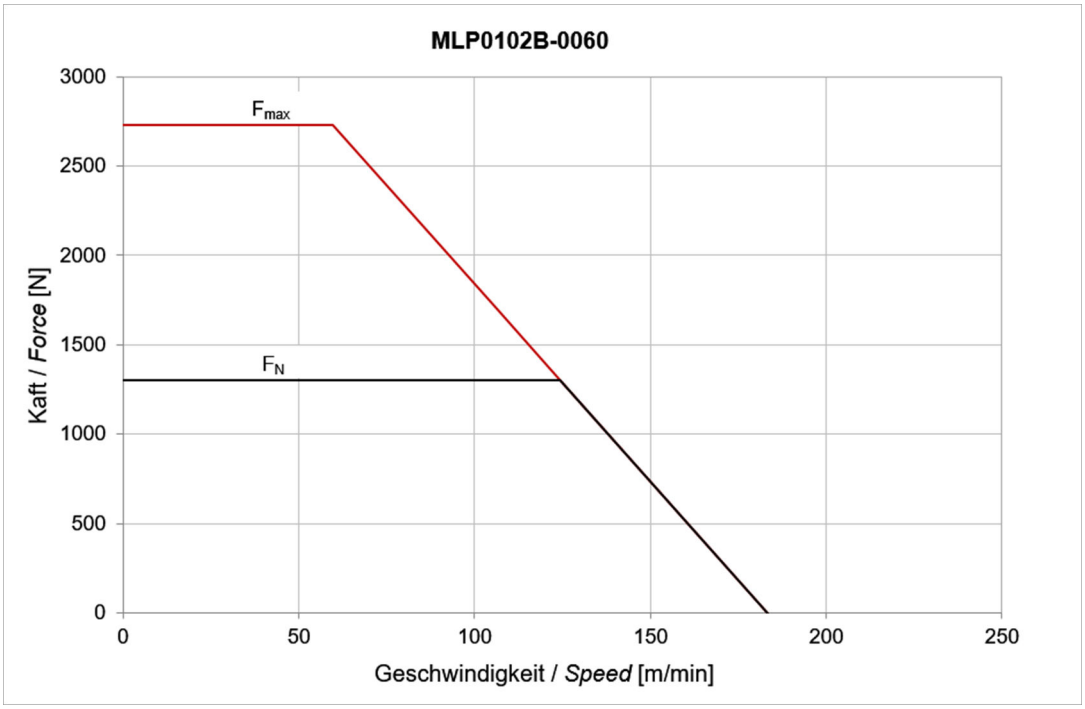


Abb. 4-34: Motorkennlinie MLP102B-0060-...

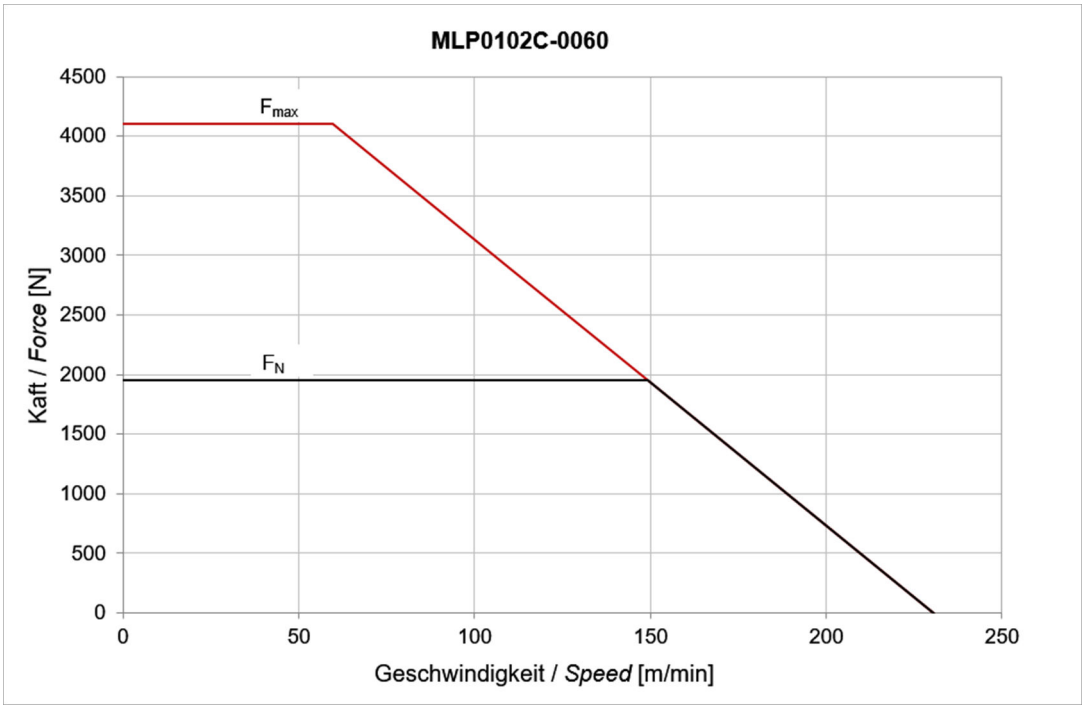


Abb. 4-35: Motorkennlinie MLP102C-0060-...

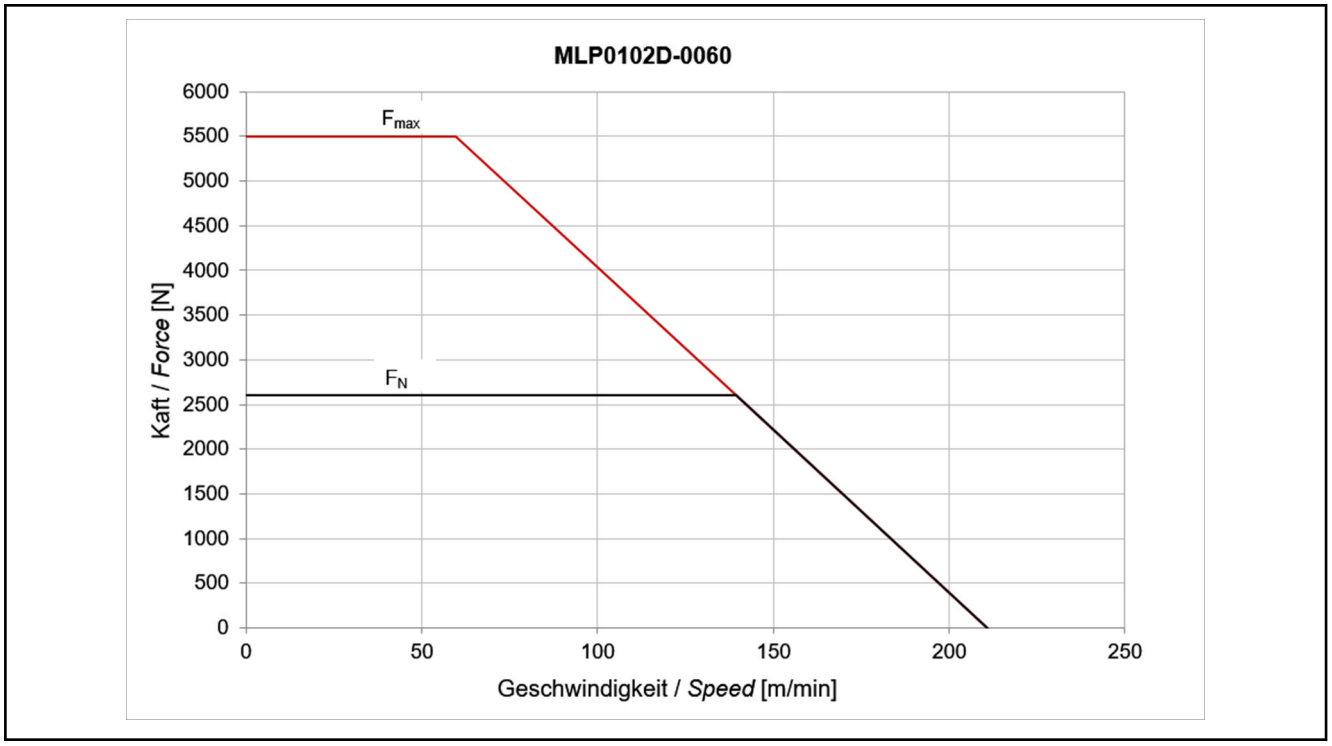


Abb. 4-36: Motorkennlinie MLP102D-0060-...

4.7.3 Daten MLS102

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS102_-_A-0180-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	2,6
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	14,2
			Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-16: MLS102 -Technische Daten

4.8 Baugröße 140

4.8.1 Daten MLP140Z

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP140
Baulänge			**Z**
Wicklung			**0060**
Maximalkraft	F_{max}	N	2140
Dauernennkraft	F_N	N	790
Maximalstrom	I_{max}	A	25,3
Bemessungsstrom	I_N	A	4,2
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	60
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	120
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	186,2
Spannungskonstante bei 20 °C	K_{EMK}	Vs/m	107,5
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	13,6
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	75,4
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0
Polweite	τ_p	mm	37,5
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	3750
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4
Masse Primärteil mit Standardkapselung	m_{PS}	kg	8,9
Daten Flüssigkeitskühlung			
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	550
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,2
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,4
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls mit Standardkapselung	$K_{\Delta p}$	--	8,9
Maximal zulässiger Eingangsdruck	p_{max}	bar	10,0
			Letzte Änderung: 2020-01-20

Tab. 4-17: MLP140Z - Technische Daten

4.8.2 Motorkennlinie MLP140Z

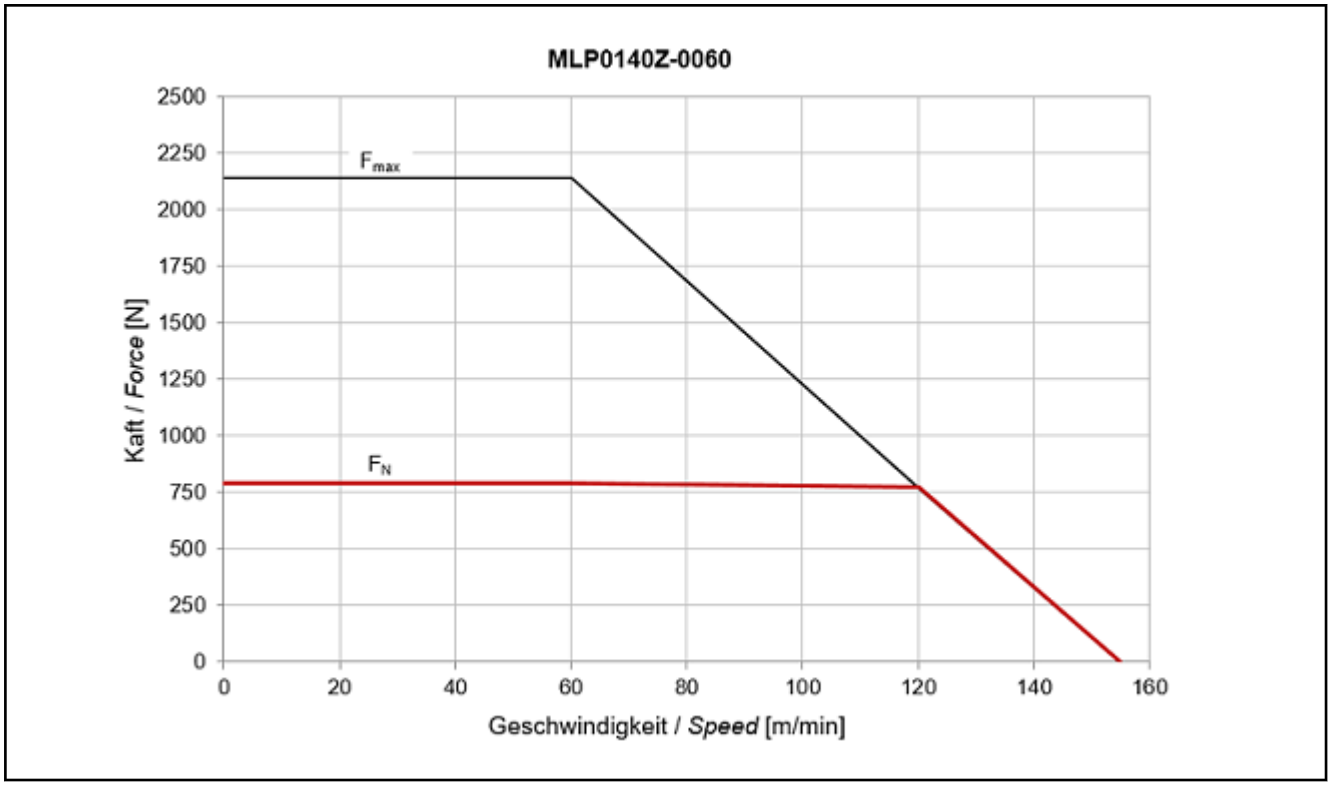


Abb. 4-37: Motorkennlinie MLP140Z-0060

4.8.3 Daten MLP140A

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP140	
Baulänge			**A**	
Wicklung			**0030**	**0120**
Maximalkraft	F_{max}	N	3000	5200
Dauernennkraft	F_N	N	1680	
Maximalstrom	I_{max}	A	10,5	70,8
Bemessungsstrom	I_N	A	5,0	12,1
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	30	120
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	75	190
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	337,6	138,5
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	194,9	79,9
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	3,6	
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	20,2	
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0	
Polweite	τ_p	mm	37,5	
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	7500	
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4	
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	17,0	
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	21,2	
Daten Flüssigkeitskühlung				
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1300	
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	1,9	
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,6	
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,187	
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,087	
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,145	
				Letzte Änderung: 2019-02-07

Tab. 4-18: MLP140A - Technische Daten

4.8.4 Motorkennlinien MLP140A

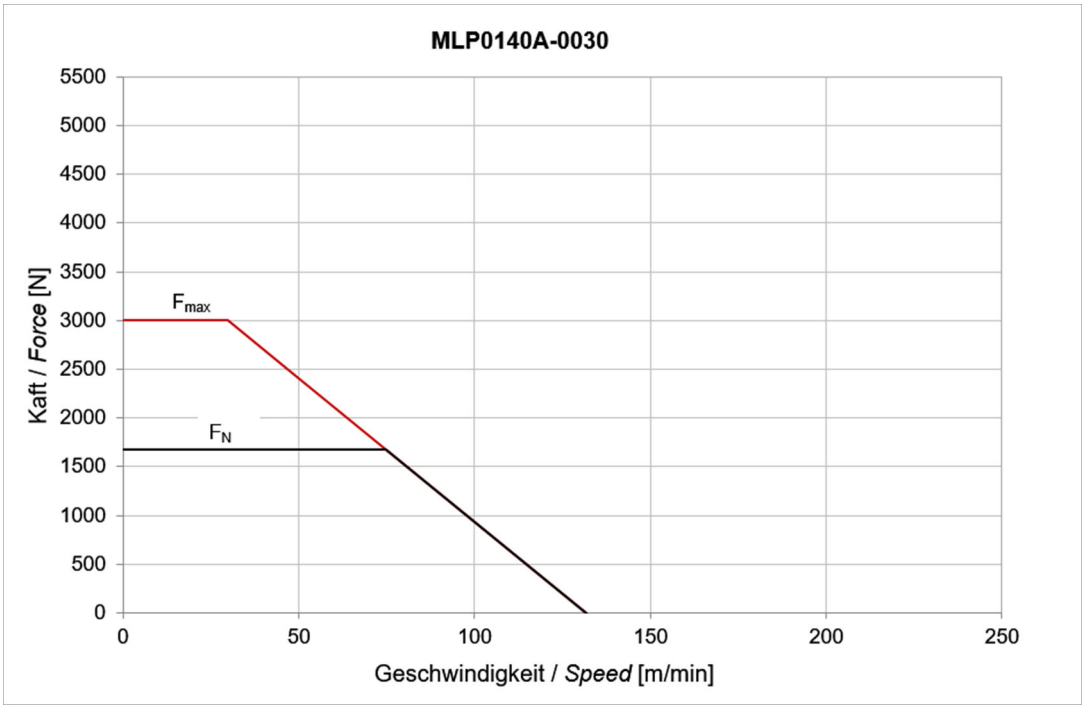


Abb. 4-38: Motorkennlinie MLP140A-0030

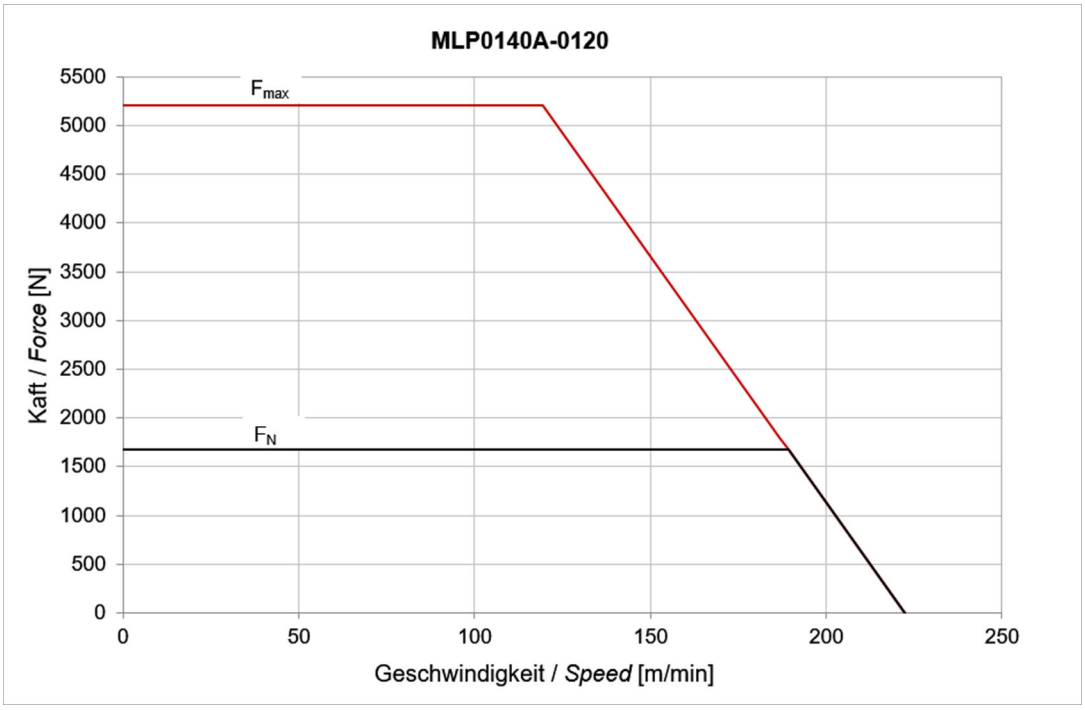


Abb. 4-39: Motorkennlinie MLP140A-0120

4.8.5 Daten MLP140B

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP140		
Baulänge			**B**		
Wicklung			**0035**	**0090**	**0120**
Maximalkraft	F_{max}	N	7650		
Dauernennkraft	F_N	N	2415		
Maximalstrom	I_{max}	A	41,3	79,3	103,8
Bemessungsstrom	I_N	A	7,7	14,0	17,8
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	35	90	120
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	85	160	190
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	313,6	172,8	135,8
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	66,5	99,7	78,3
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	15,9	4,3	2,6
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	80,0	23,1	14,2
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0		2,5
Polweite	τ_p	mm	37,5		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	11000		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4		
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	24,5		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	30,1		
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	2512		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	3,6		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,9		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,095		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,123		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,214		
					Letzte Änderung: 2019-02-07

Tab. 4-19: MLP140B - Technische Daten

4.8.6 Motorkennlinien MLP140B

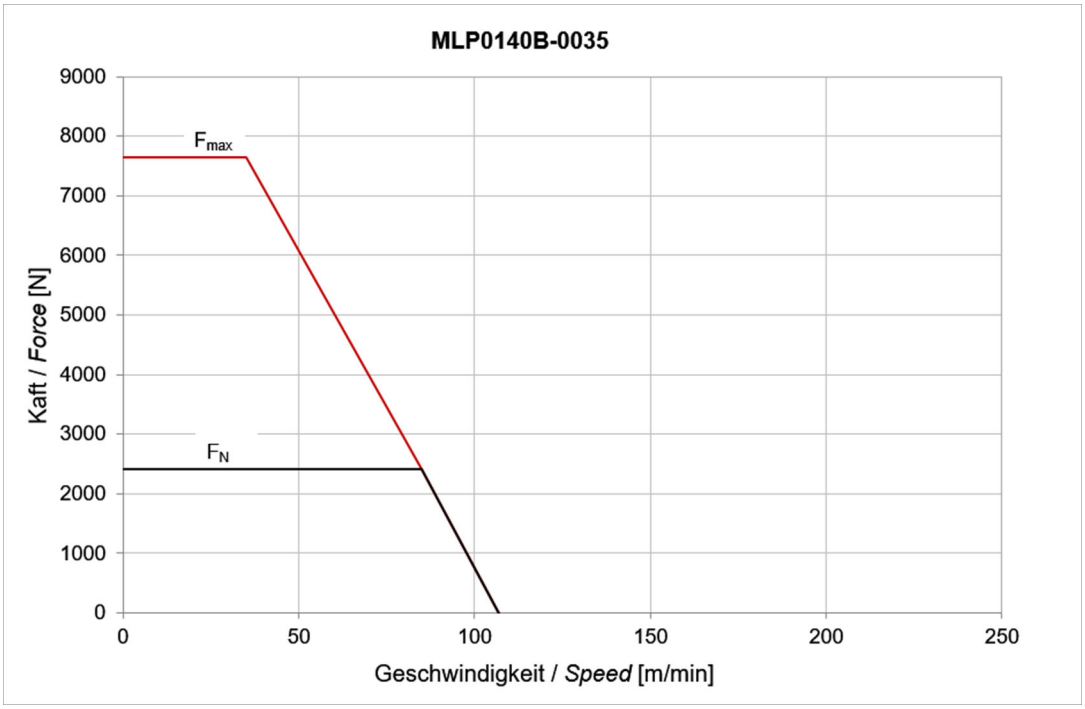


Abb. 4-40: Motorkennlinie MLP140B-0035

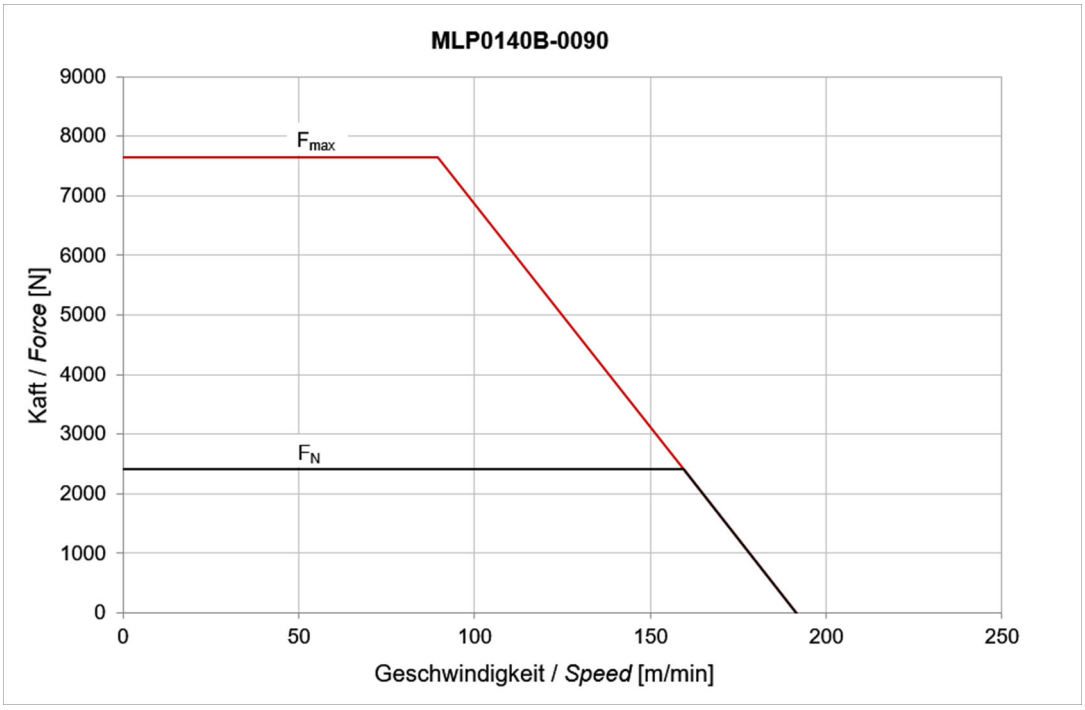


Abb. 4-41: Motorkennlinie MLP140B-0090

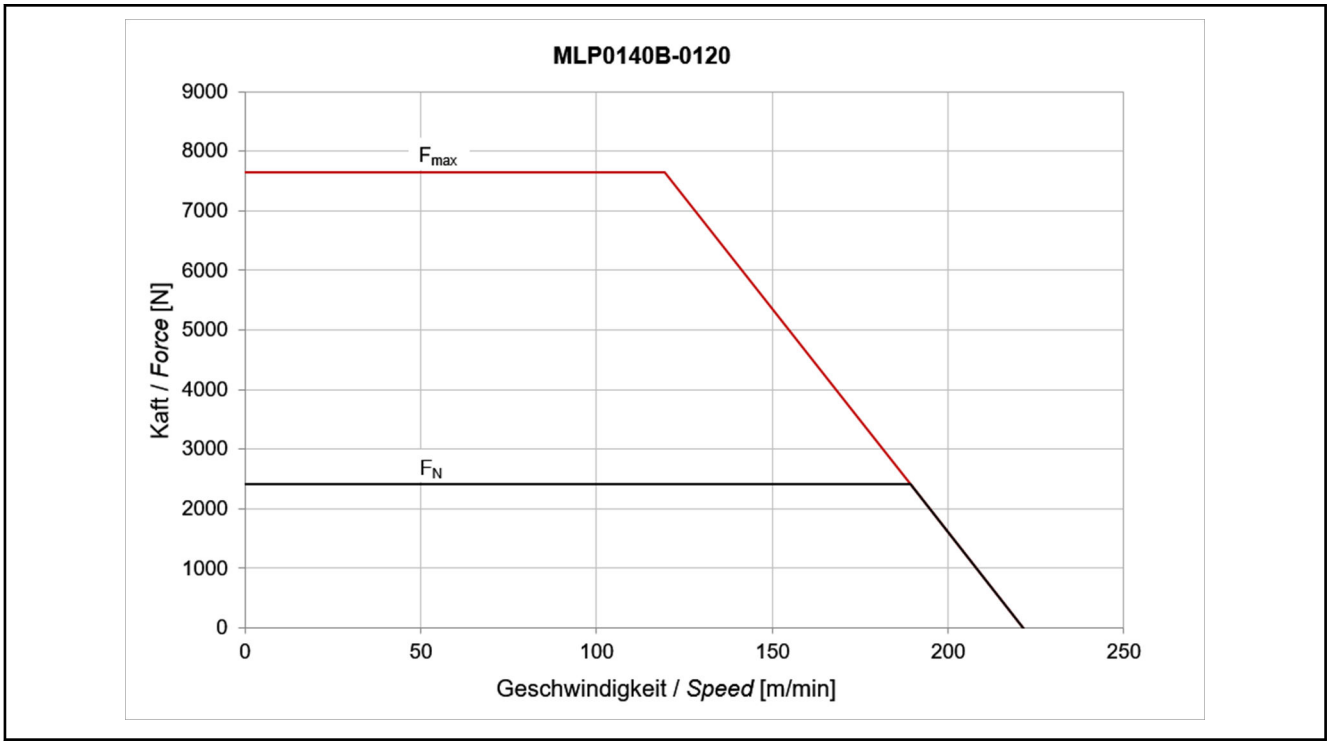


Abb. 4-42: Motorkennlinie MLP140B-0120

4.8.7 Daten MLP140C

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP140			
Baulänge			C			
Wicklung			**0050**	**0120**	**0170**	**0350**
Maximalkraft	F_{max}	N	10000			
Dauernennkraft	F_N	N	3150			
Maximalstrom	I_{max}	A	78,6	122,9	137,8	231,1
Bemessungsstrom	I_N	A	14,6	20,7	28,5	47,1
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	50	120	170	350
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	110	190	250	400
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	215,9	152,6	110,4	66,9
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	124,6	88,1	63,7	38,6
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	5,2	2,55	1,34	0,49
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	28,5	14,3	7,48	2,6
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0	2,5	4,0	10,0
Polweite	τ_p	mm	37,5			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	14400			
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4			
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	32,0			
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	38,9			
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	2000			
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	2,9			
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	1,2			
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,186			
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,159			
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,277			
Letzte Änderung: 2019-02-07						

Tab. 4-20: MLP140C - Technische Daten

4.8.8 Motorkennlinien MLP140C

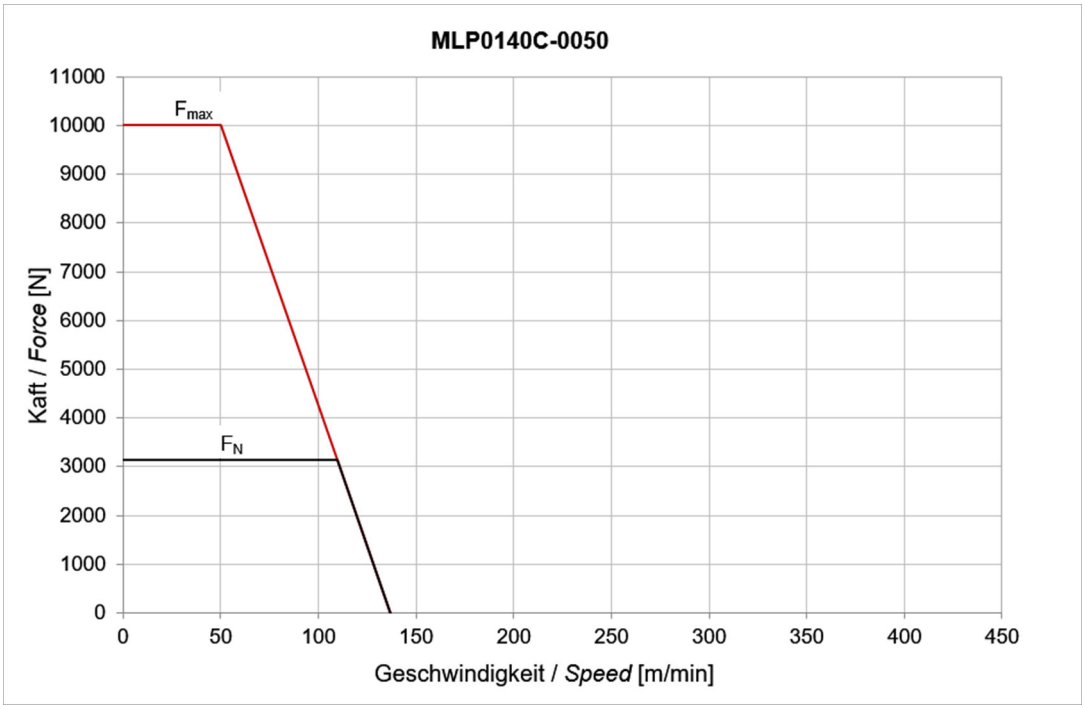


Abb. 4-43: Motorkennlinie MLP140C-0050

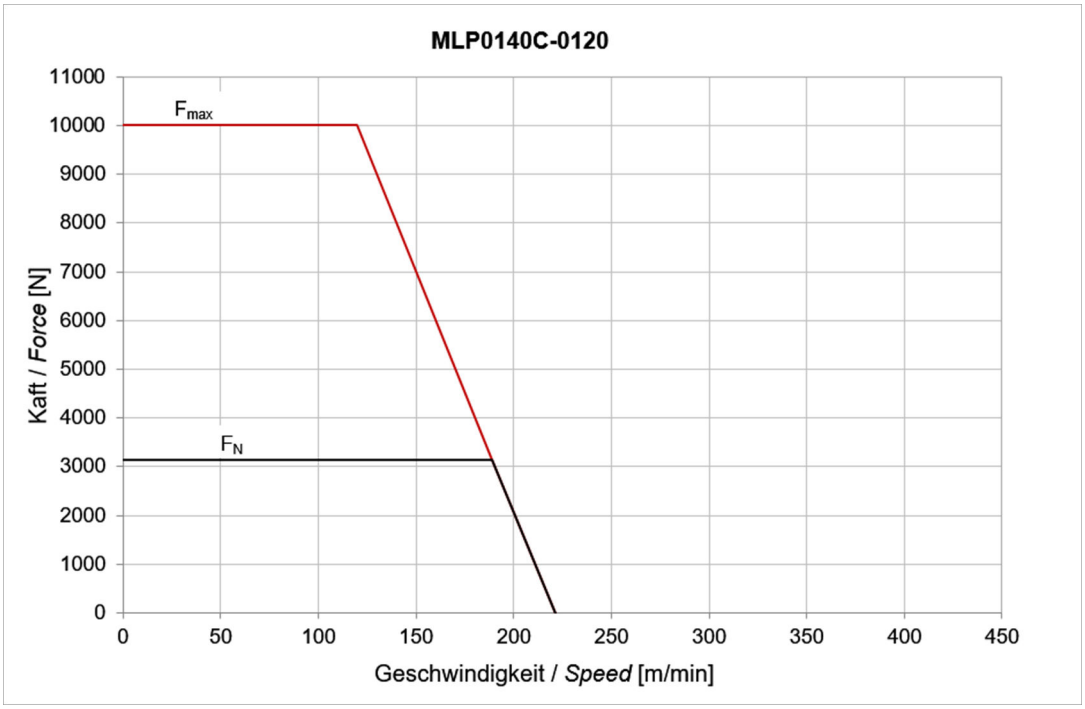


Abb. 4-44: Motorkennlinie MLP140C-0120

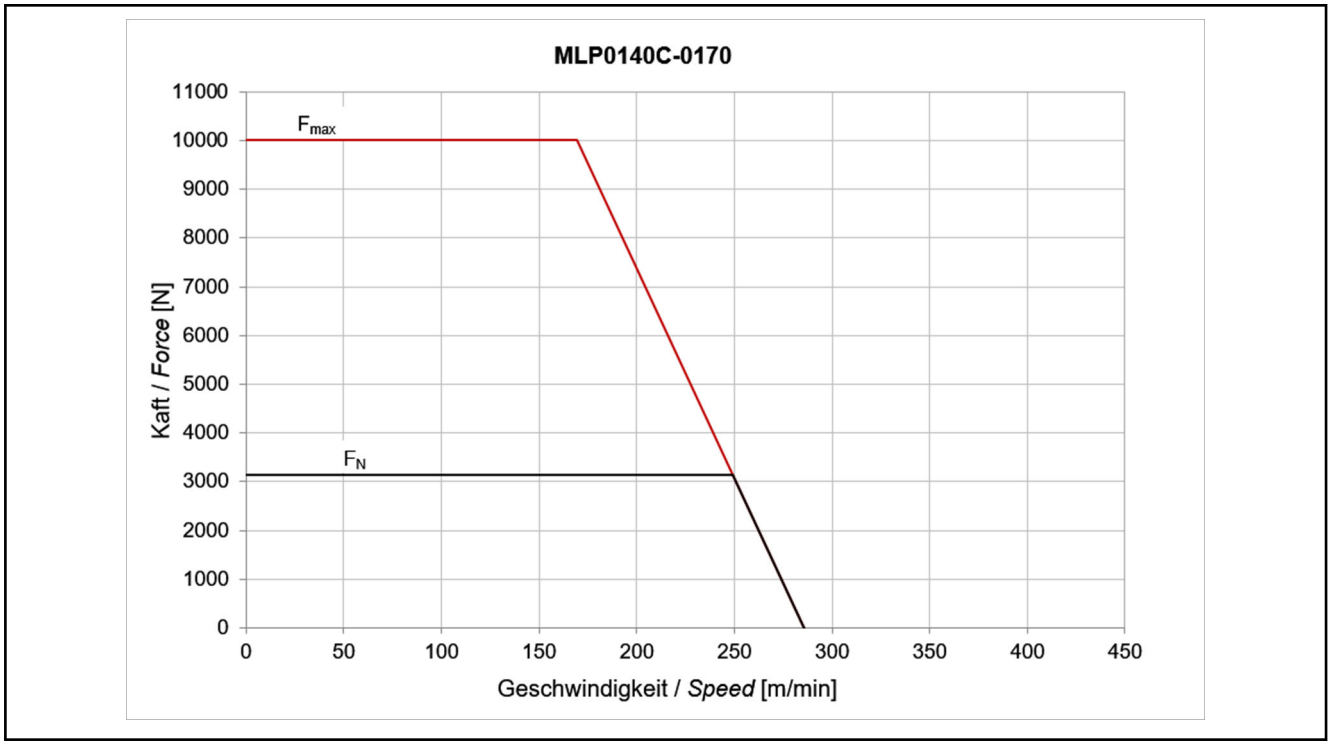


Abb. 4-45: Motorkennlinie MLP140C-0170

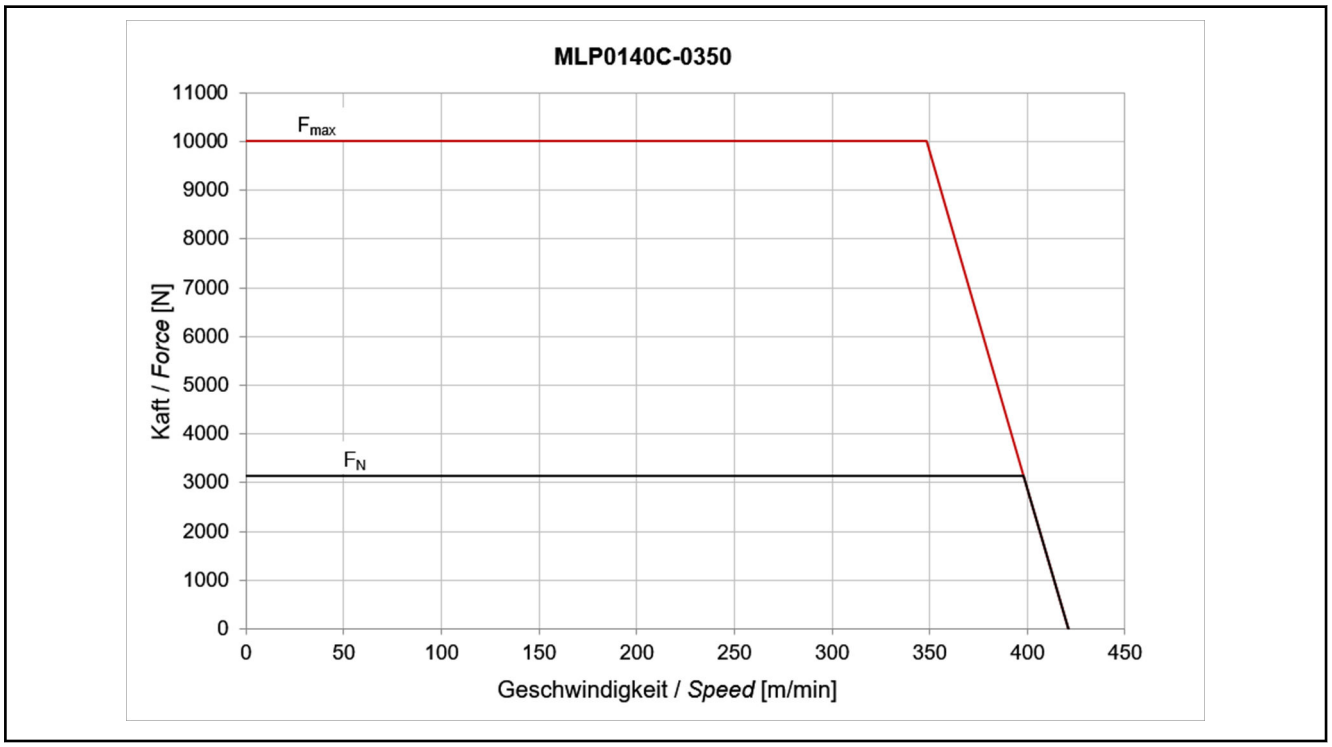


Abb. 4-46: Motorkennlinie MLP140C-0350

4.8.9 Daten MLS140

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS140_-_A-0150-NNNN	MLS140_-_A-0450-NNNN	MLS140_-_A-0600-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	2,5	7,6	10,1
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	18,8		
					Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-21: MLS140 -Technische Daten

4.9 Baugröße 152

4.9.1 Daten MLP152

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP152			
Baulänge			**A**	**B**	**C**	**D**
Wicklung			**0060**	**0060**	**0060**	**0060**
Maximalkraft	F_{max}	N	4200	6100	7800	10000
Dauernennkraft	F_N	N	1950	2925	3900	4750
Maximalstrom	I_{max}	A	30,0	44,5	58,3	93,2
Bemessungsstrom	I_N	A	11,0	16,3	22,0	28,0
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	60			
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	150	140	150	
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	177,3	177,9	213,1	200,4
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	122,8			115,6
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	5,5	3,7	2,8	2,24
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	82,0	55,0	42,1	34,0
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0	2,5		4,0
Polweite	τ_p	mm	30,0			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	6300	9500	15200	19000
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,6			
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	17,0	24,0	31,0	38,0
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	940	1660	2480	3100
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	3,4			4,4
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,87	1,24	1,6	1,9
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,102	0,146	0,188	0,142
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,078	0,111	0,143	0,176
Letzte Änderung: 2019-02-07						

Tab. 4-22: MLP152 - Technische Daten

4.9.2 Motorkennlinien MLP152

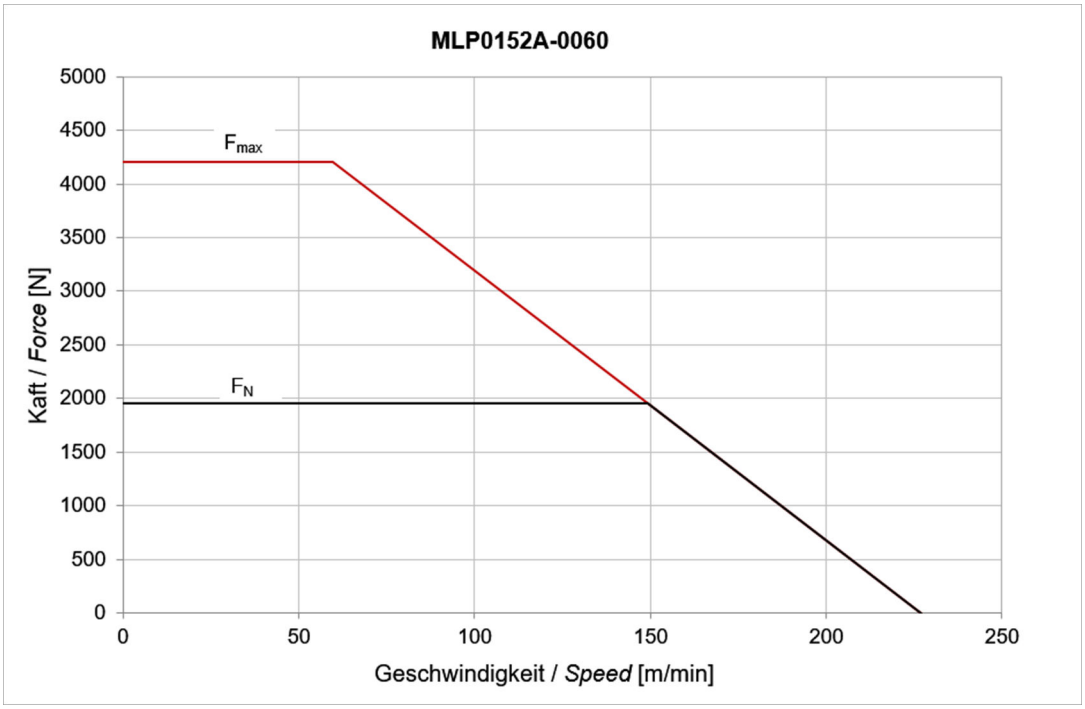


Abb. 4-47: Motorkennlinie MLP152A-0060

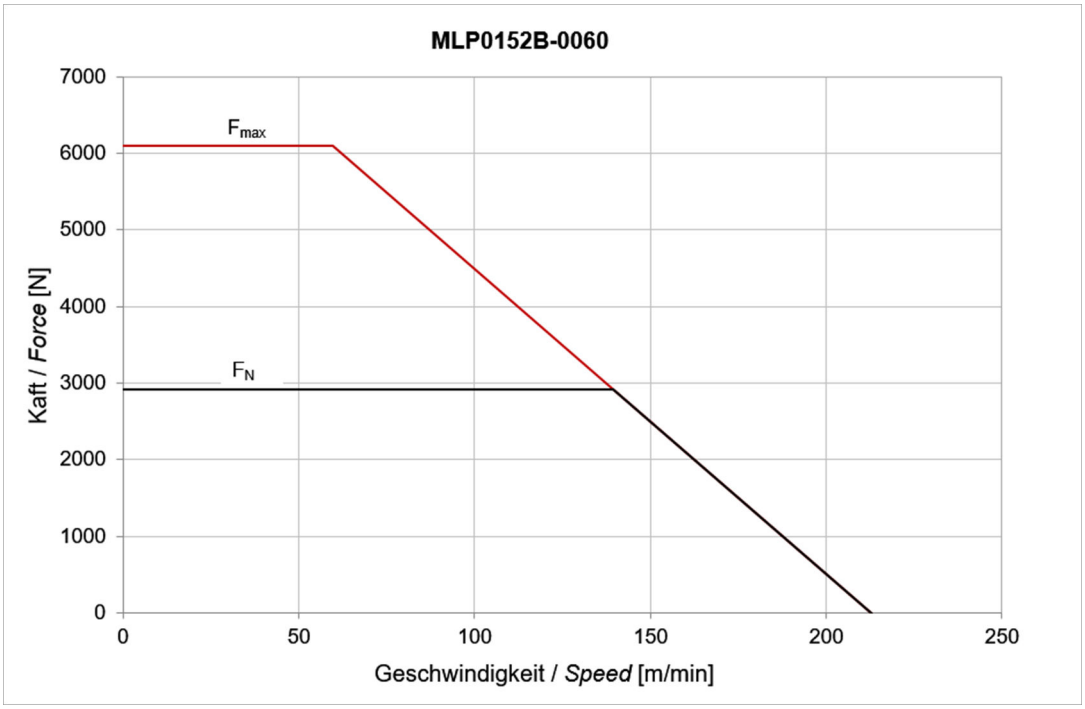


Abb. 4-48: Motorkennlinie MLP152B-0060

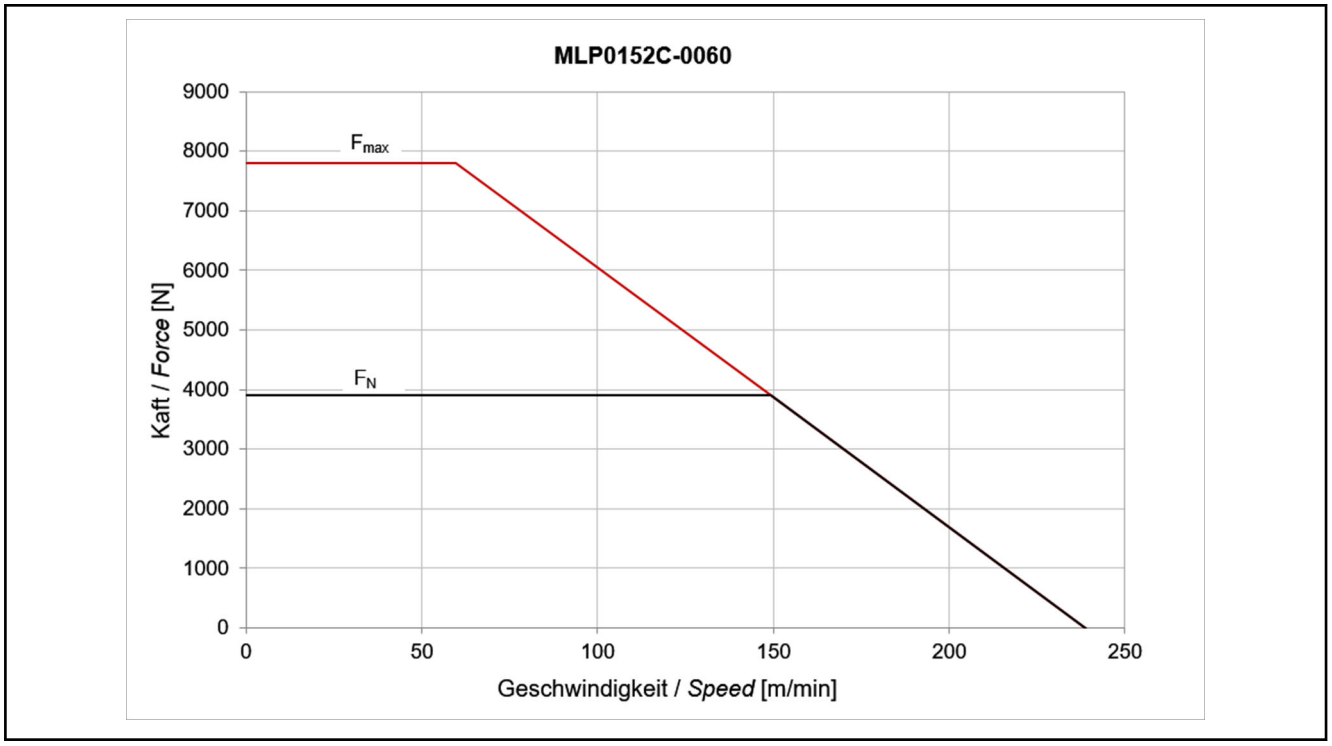


Abb. 4-49: Motorkennlinie MLP152C-0060

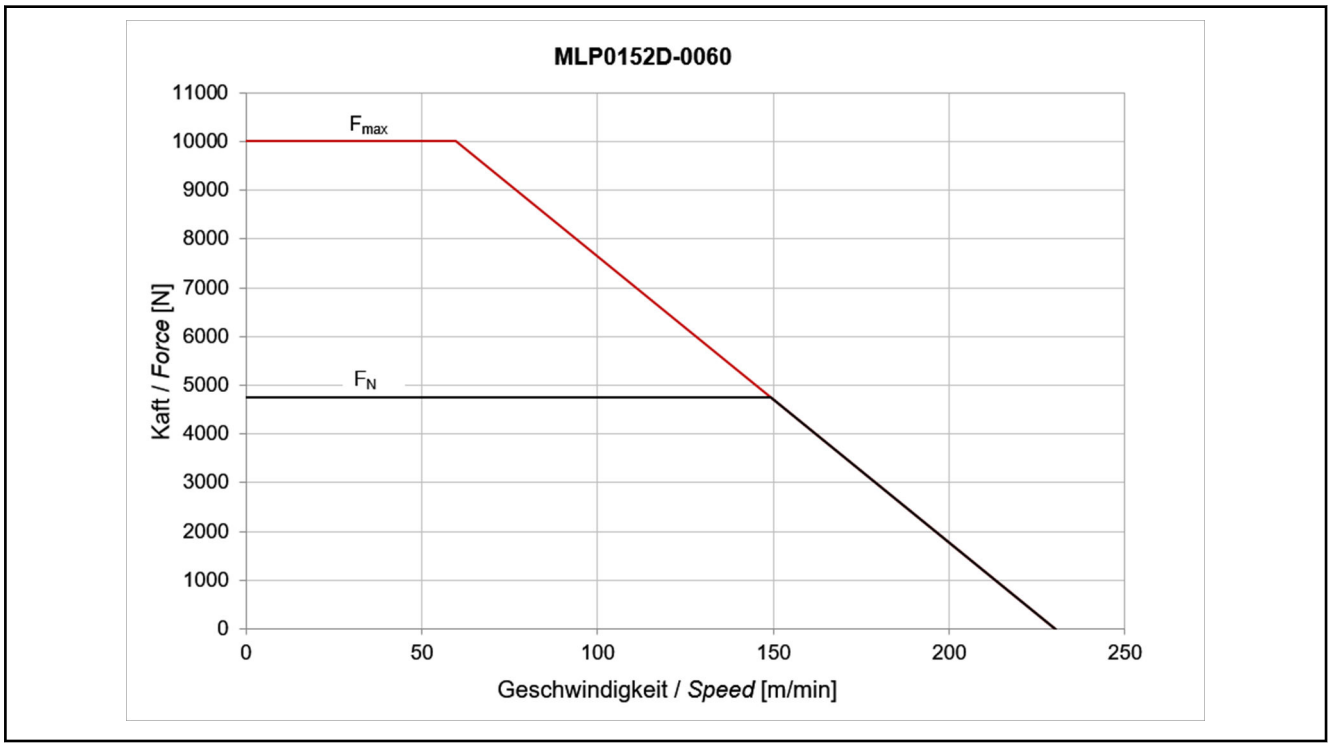


Abb. 4-50: Motorkennlinie MLP152D-0060

4.9.3 Daten MLS152

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS152_-_A-0180-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	3,6
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	20,0
			Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-23: MLS152 -Technische Daten

4.10 Baugröße 200

4.10.1 Daten MLP200A, MLP200B

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP200			
Baulänge			A		B	
Wicklung			0090	0120	0040	0120
Maximalkraft	F_{max}	N	7450		10900	
Dauernennkraft	F_N	N	2415		3465	
Maximalstrom	I_{max}	A	69,6	81,3	74,2	128,6
Bemessungsstrom	I_N	A	12,9	14,8	13,8	21,8
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	90	120	40	120
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	170	190	100	190
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	186,7	163,5	251,4	159,3
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	107,8	94,3	145,1	91,9
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	4,5	2,3	5,7	2,34
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	22,7	14,0	29,7	12,1
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,0	2,5	1,0	2,5
Polweite	τ_p	mm	37,5			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	10700		15600	
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4			
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	23,0		33,0	
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	28,3		40,0	
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1700		2200	
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	2,4		3,2	
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	0,9		1,4	
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,189		0,188	
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,11		0,157	
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,185		0,277	
Letzte Änderung: 2019-02-07						

Tab. 4-24: MLP200 - Technische Daten

4.10.2 Motorkennlinien MLP200A

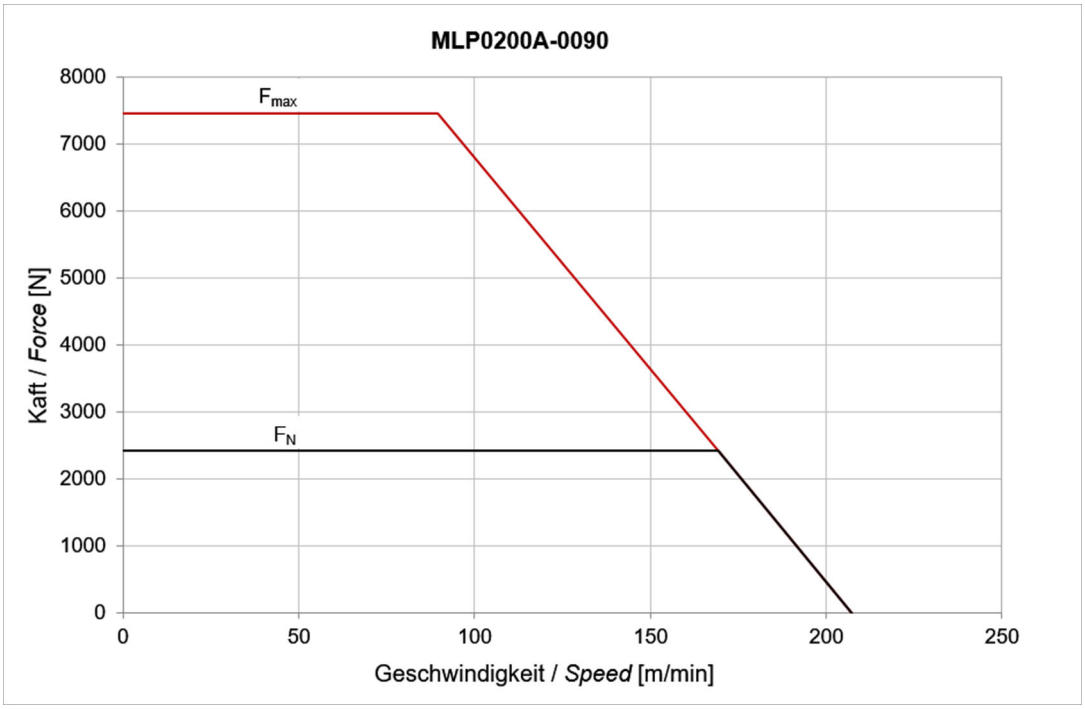


Abb. 4-51: Motorkennlinie MLP200A-0090

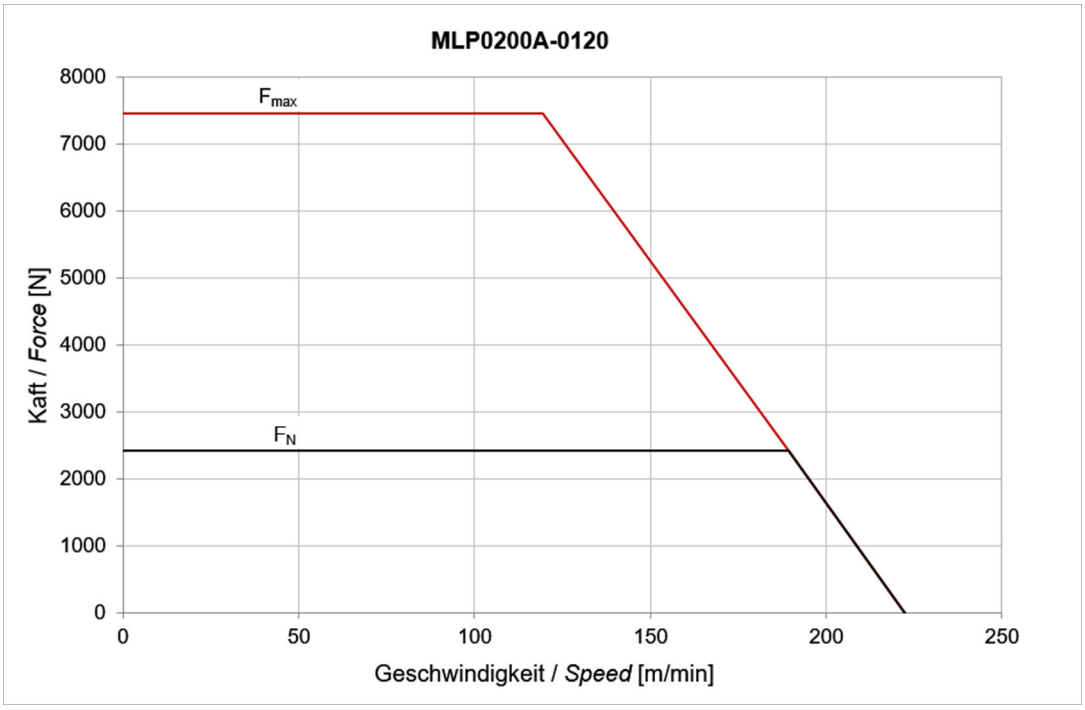


Abb. 4-52: Motorkennlinie MLP200A-0120

4.10.3 Motorkennlinien MLP200B

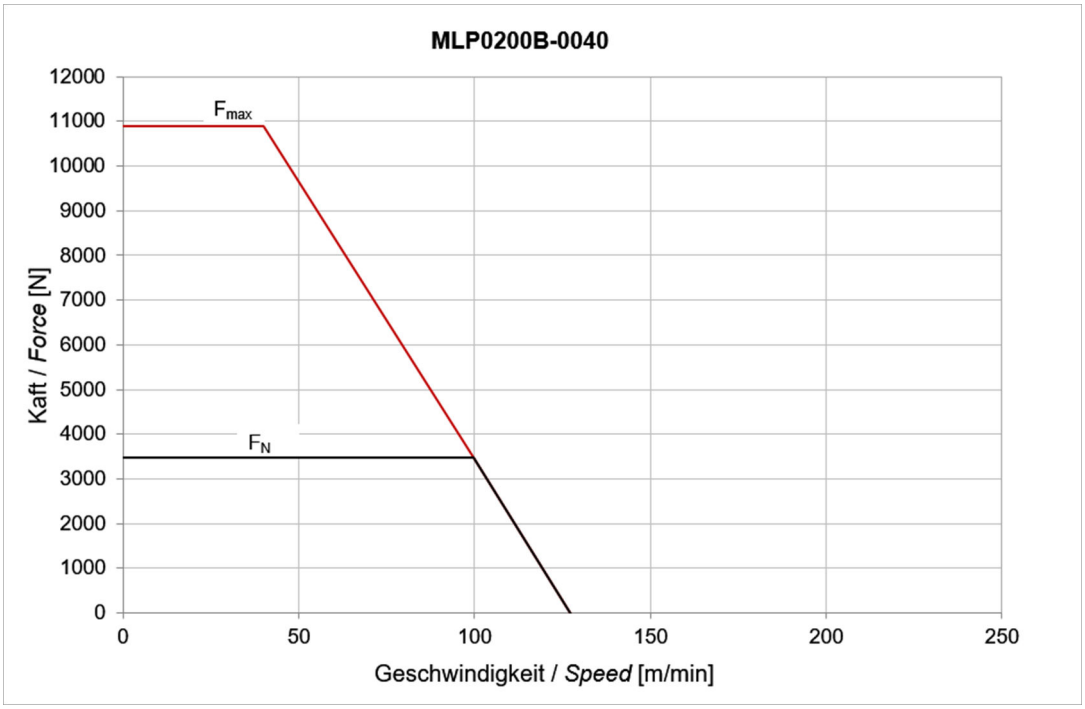


Abb. 4-53: Motorkennlinie MLP200B-0040

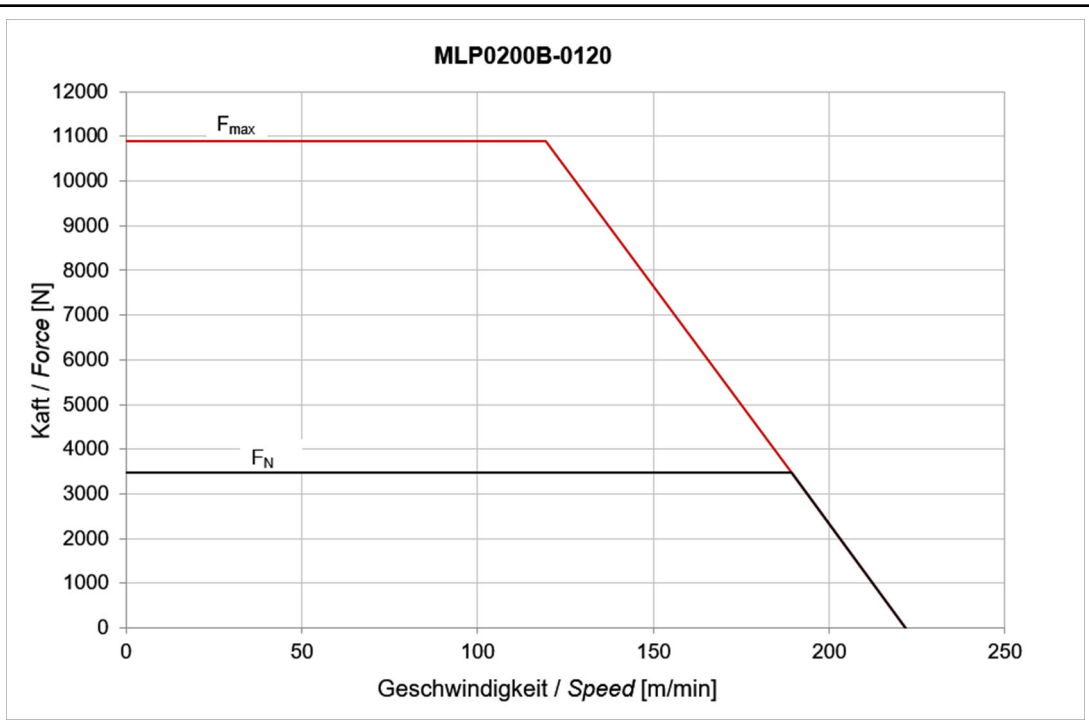


Abb. 4-54: Motorkennlinie MLP200B-0120

4.10.4 Daten MLP200C

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP200		
Baulänge			C		
Wicklung			0090	0120	0170
Maximalkraft	F_{max}	N	14250		
Dauernennkraft	F_N	N	4460		
Maximalstrom	I_{max}	A	117,9	146,2	162,6
Bemessungsstrom	I_N	A	22,9	28,4	35,6
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	90	120	140
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	170	190	220
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	194,1	157,2	125,3
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	112,5	90,7	72,3
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	2,64	1,76	1,08
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	13,6	9,0	5,7
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	4,0	6,0	10,0
Polweite	τ_p	mm	37,5		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	20500		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4		
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	42,0		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	50,7		
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	2900		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	4,2		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	1,6		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,13		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,203		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,358		
					Letzte Änderung: 2019-02-07

Tab. 4-25: MLP200C - Technische Daten

4.10.5 Motorkennlinien MLP200C

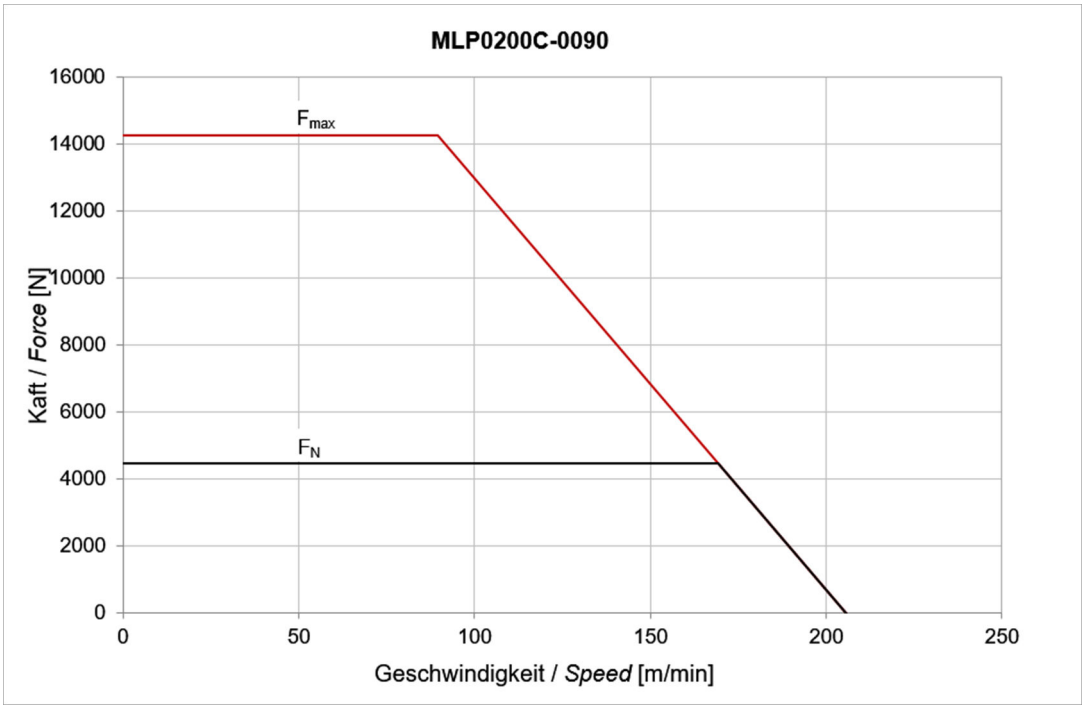


Abb. 4-55: Motorkennlinie MLP200C-0090

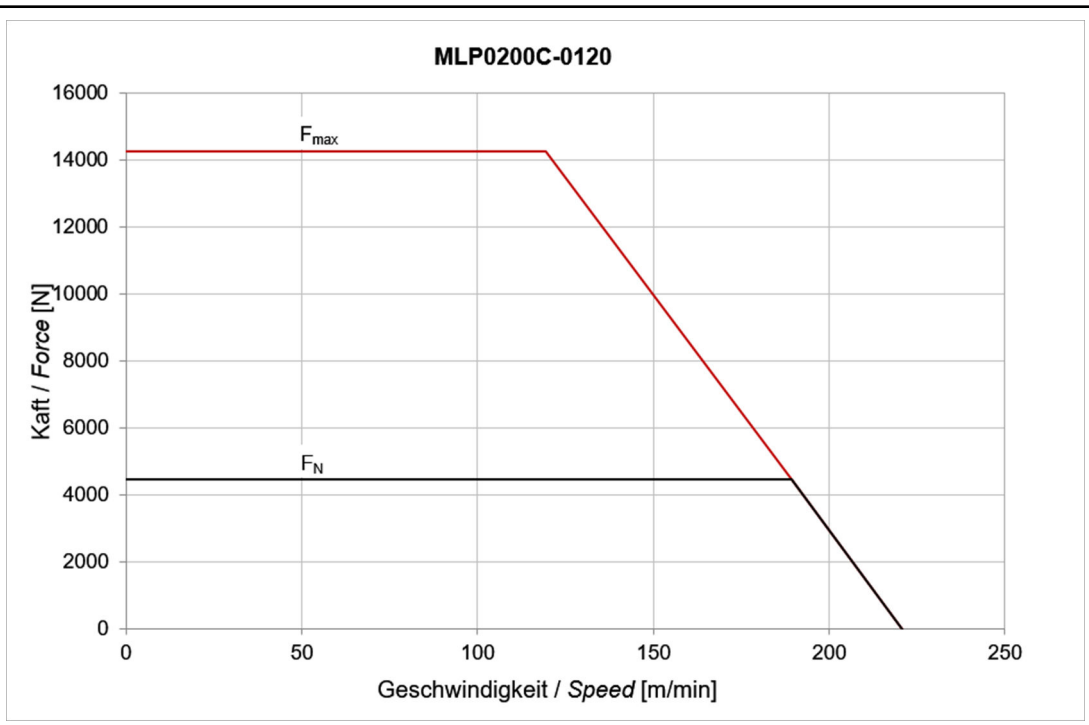


Abb. 4-56: Motorkennlinie MLP200C-0120

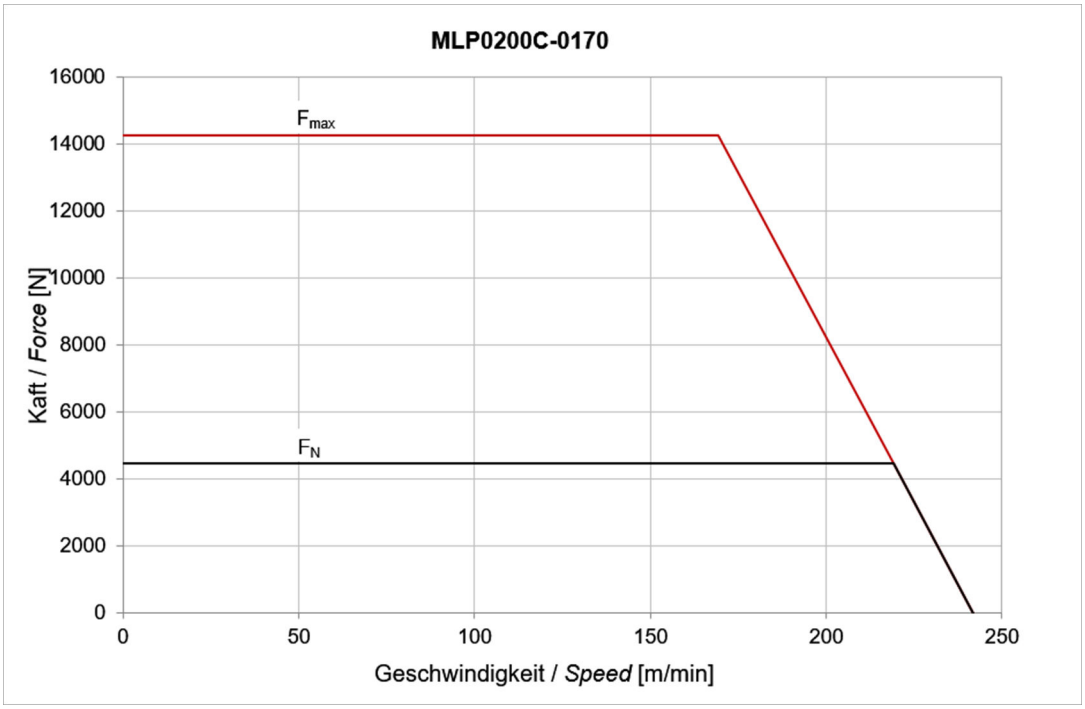


Abb. 4-57: Motorkennlinie MLP200C-0170

4.10.6 Daten MLP200D

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP200			
Baulänge			D			
Wicklung			**0035**	**0060**	**0100**	**0120**
Maximalkraft	F_{max}	N	16500	17750		
Dauernennkraft	F_N	N	5560			
Maximalstrom	I_{max}	A	90,0	126,2	204,4	201,5
Bemessungsstrom	I_N	A	20,2	25,2	44,8	47,5
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	35	60	100	120
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	105	140	180	190
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	275,4	220,4	124,3	117,3
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	159,0	127,2	71,7	67,6
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	4,0	2,74	0,88	0,74
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	23,9	15,07	4,5	4,1
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	4,0		10,0	
Polweite	τ_p	mm	37,5			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	25400			
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4			
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	51,0			
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	61,3			
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	3700			
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	5,2			
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	2,45			
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,137			
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,25			
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,45			
Letzte Änderung: 2019-02-07						

Tab. 4-26: MLP200D - Technische Daten

4.10.7 Motorkennlinien MLP200D

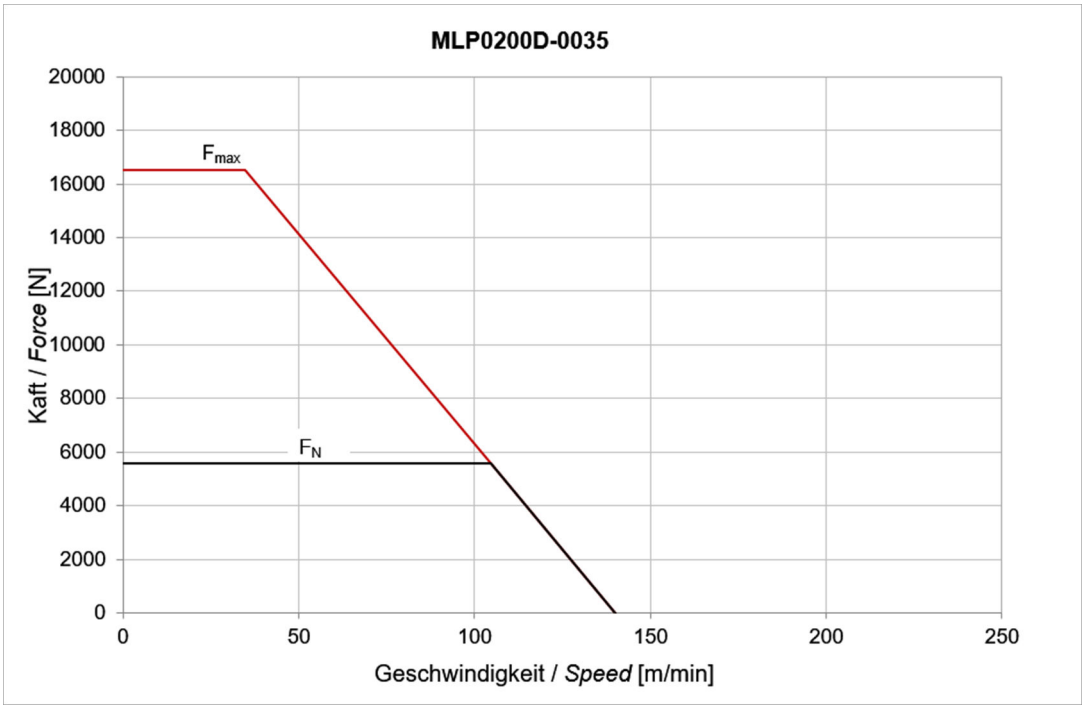


Abb. 4-58: Motorkennlinie MLP200D-0035

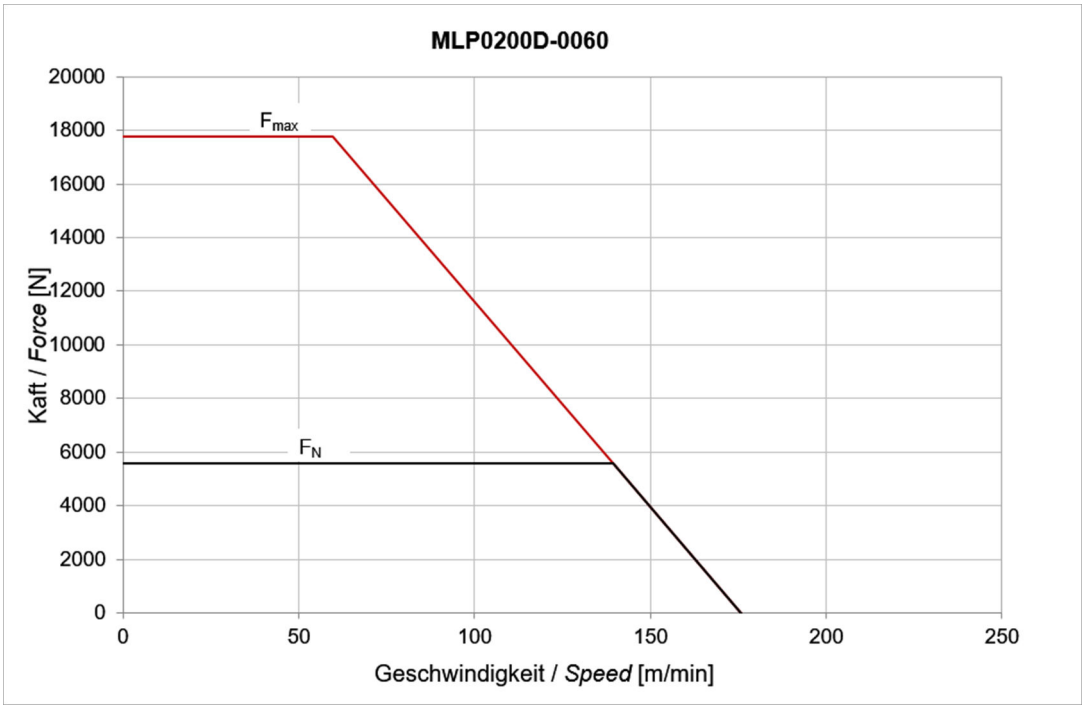


Abb. 4-59: Motorkennlinie MLP200D-0060

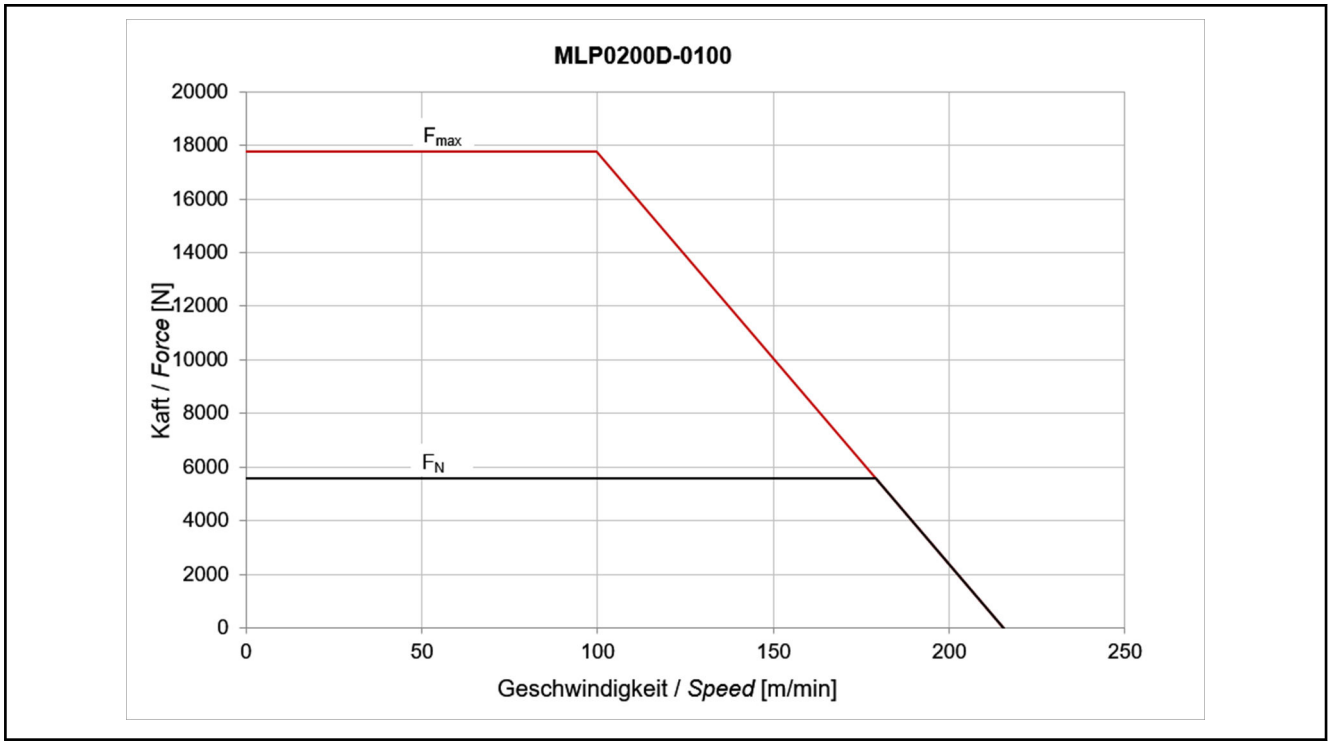


Abb. 4-60: Motorkennlinie MLP200D-0100

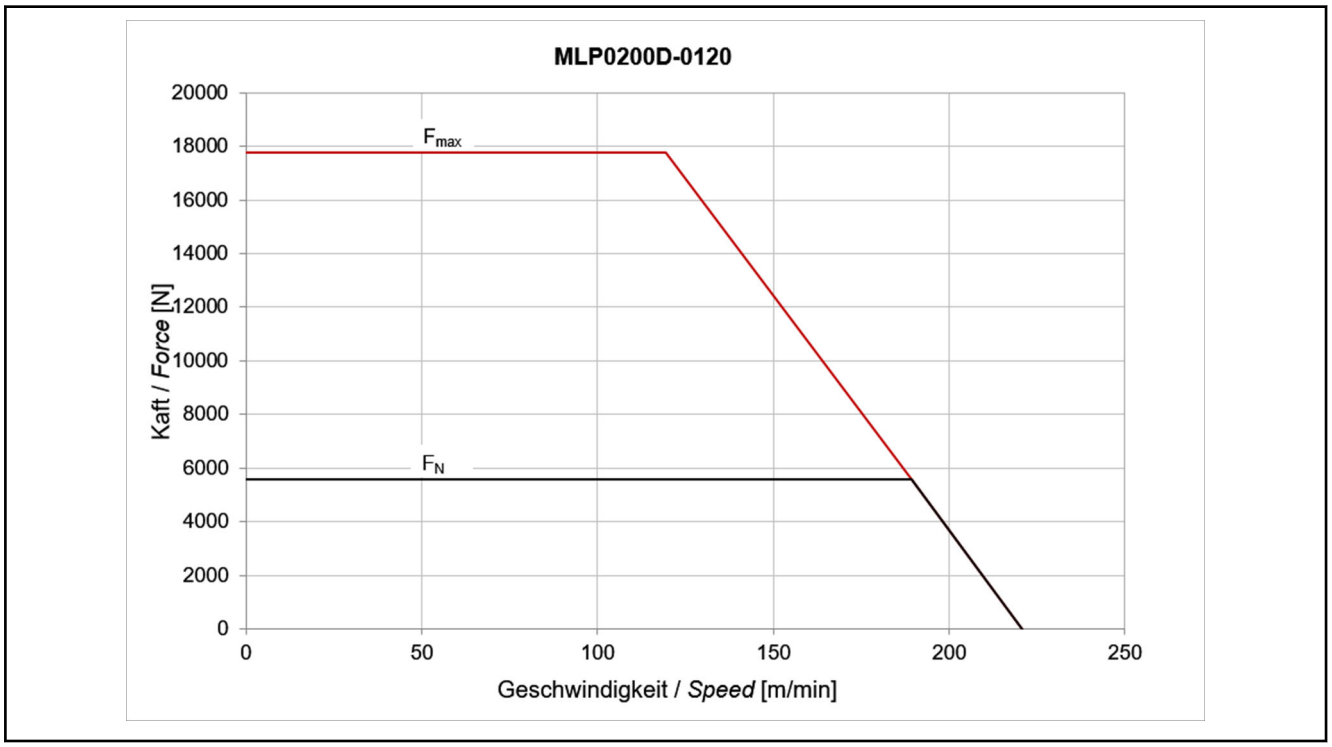


Abb. 4-61: Motorkennlinie MLP200D-0120

4.10.8 Daten MLS200

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS200_-_A-0150-NNNN	MLS200_-_A-0450-NNNN	MLS200_-_A-0600-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	4,0	12,1	16,1
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	26,9		
					Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-27: MLS200 -Technische Daten

4.11 Baugröße 202

4.11.1 Daten MLP202

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP202			
Baulänge			**A**	**B**	**C**	**D**
Wicklung			**0060**	**0060**	**0060**	**0060**
Maximalkraft	F_{max}	N	5800	8500	11600	14400
Dauernennkraft	F_N	N	2600	3800	5050	6400
Maximalstrom	I_{max}	A	40,7	62,9	93,4	117,0
Bemessungsstrom	I_N	A	13,8	20,0	26,0	33,0
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	60			
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	150		140	150
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	188,4	211,5	194,2	194,0
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	107,4	121,9	111,4	112,0
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	4,4	2,9	2,2	1,7
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	62,0	44,5	33,2	26,2
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	1,5	2,5	4,0	
Polweite	τ_p	mm	30,0			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	10200	15200	19760	22350
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	3,4			
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	30,4	35,0	39,7	44,3
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	1410	2500	3720	4650
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	3,7			6,9
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	2,8	4,0	5,2	6,4
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,284	0,405	0,527	0,218
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,095	0,135	0,177	0,219
Letzte Änderung: 2019-07-18						

Tab. 4-28: MLP202 - Technische Daten

4.11.2 Motorkennlinien MLP202

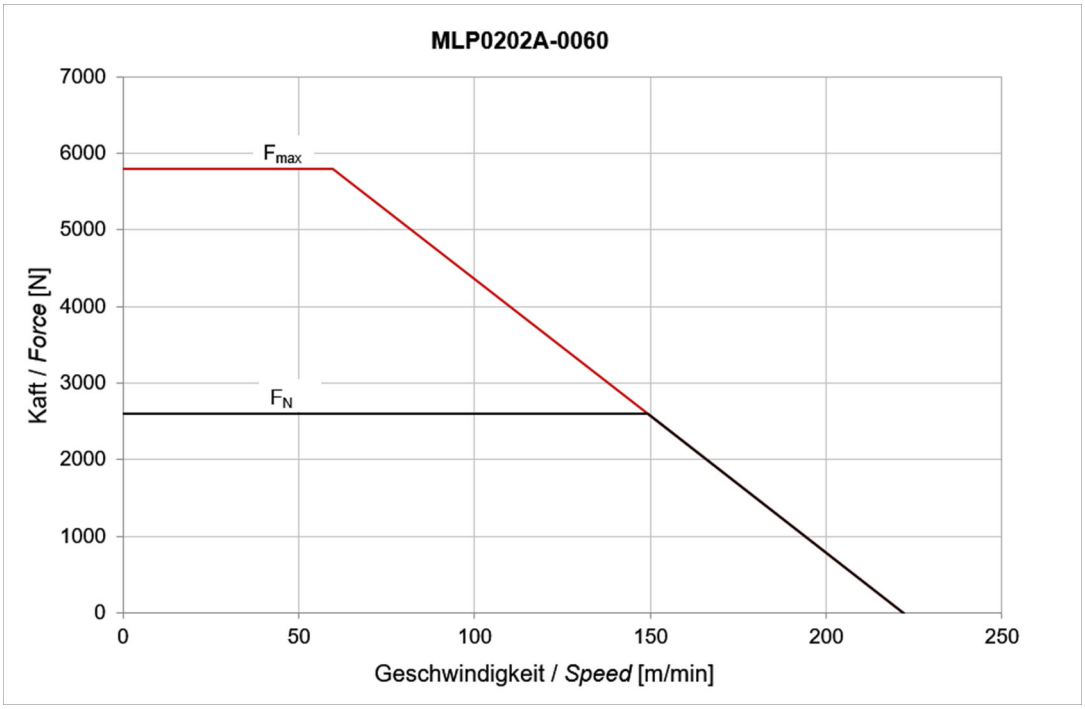


Abb. 4-62: Motorkennlinie MLP202A-0060

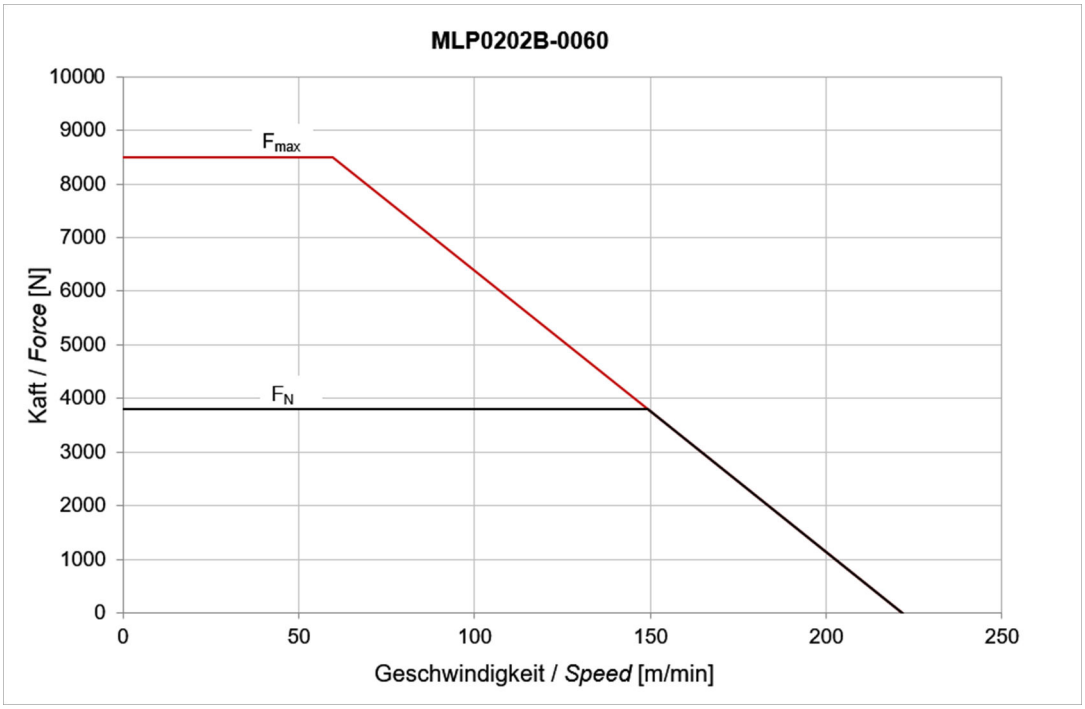


Abb. 4-63: Motorkennlinie MLP202B-0060

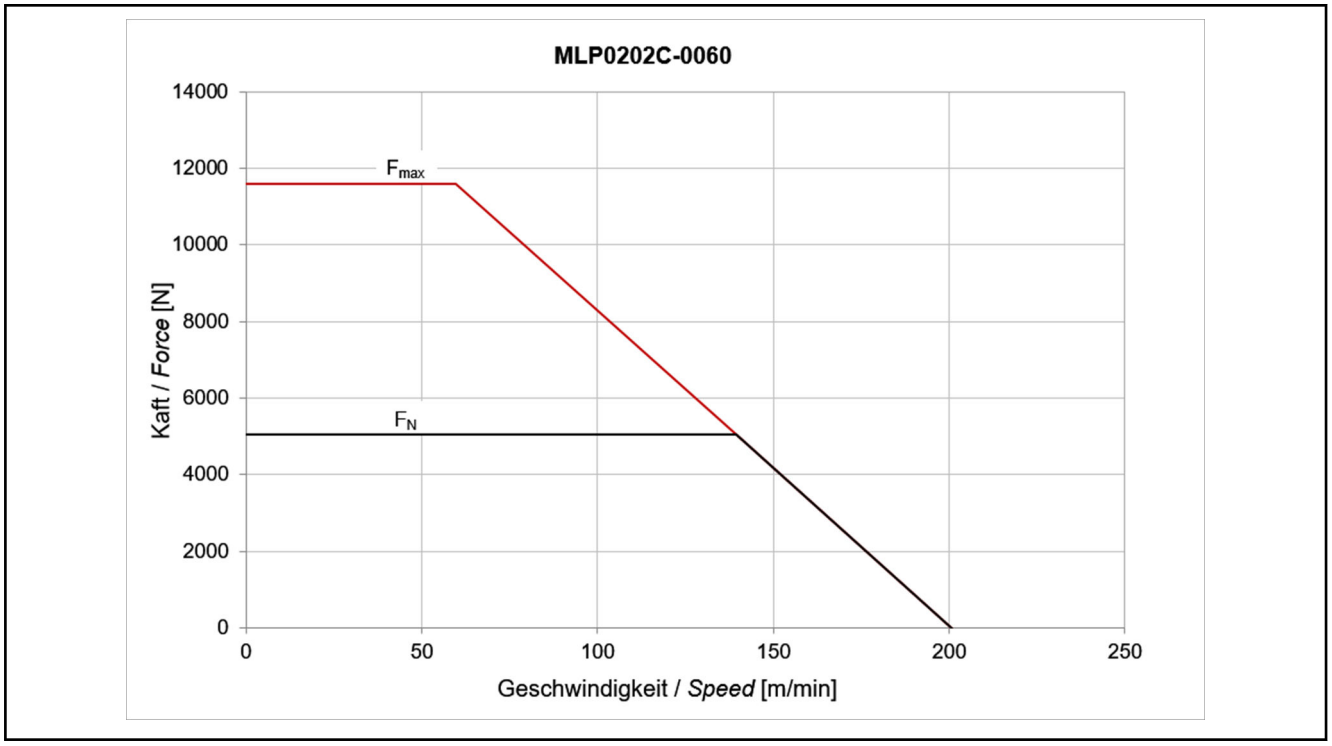


Abb. 4-64: Motorkennlinie MLP202C-0060

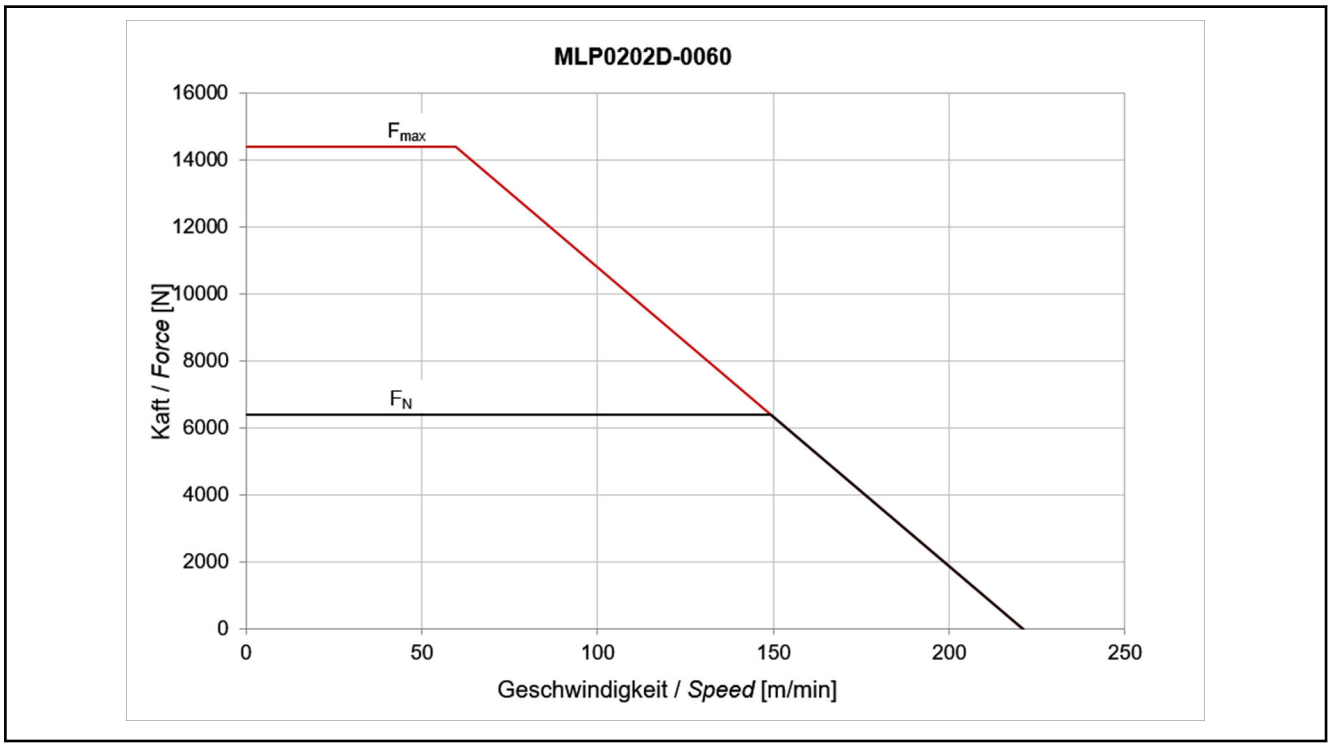


Abb. 4-65: Motorkennlinie MLP202D-0060

4.11.3 Daten MLS202

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS202_-_A-0180-NNNN	MLS202_-_A-0540-NNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	5,8	17,4
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	32,3	
				Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-29: MLS202 -Technische Daten

4.12 Baugröße 300

4.12.1 Daten MLP300A /-B

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP300			
Baulänge			A		B	
Wicklung			0090	0120	0070	0120
Maximalkraft	F_{max}	N	11000		16300	
Dauernennkraft	F_N	N	3350		5150	
Maximalstrom	I_{max}	A	99,3	129,9	141,9	223,5
Bemessungsstrom	I_N	A	17,2	21,6	28,4	38,2
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	90	120	70	120
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	160	190	140	190
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	195,4	154,9	181,6	134,1
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	112,8	89,4	104,8	77,9
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	3,05	2,0	2,2	1,3
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	14,9	9,3	12,0	6,7
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	2,5	4,0		6,0
Polweite	τ_p	mm	37,5			
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	16000		23400	
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4			
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	33,0		48,0	
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	40,8		58,3	
Daten Flüssigkeitskühlung						
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	2200		2900	
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	3,2		4,2	
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	1,4		2,3	
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,19			
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,15		/	
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,245		0,364	
Letzte Änderung: 2019-07-18						

Tab. 4-30: MLP300A /-B - Technische Daten

4.12.2 Motorkennlinien Baugröße MLP300A /-B

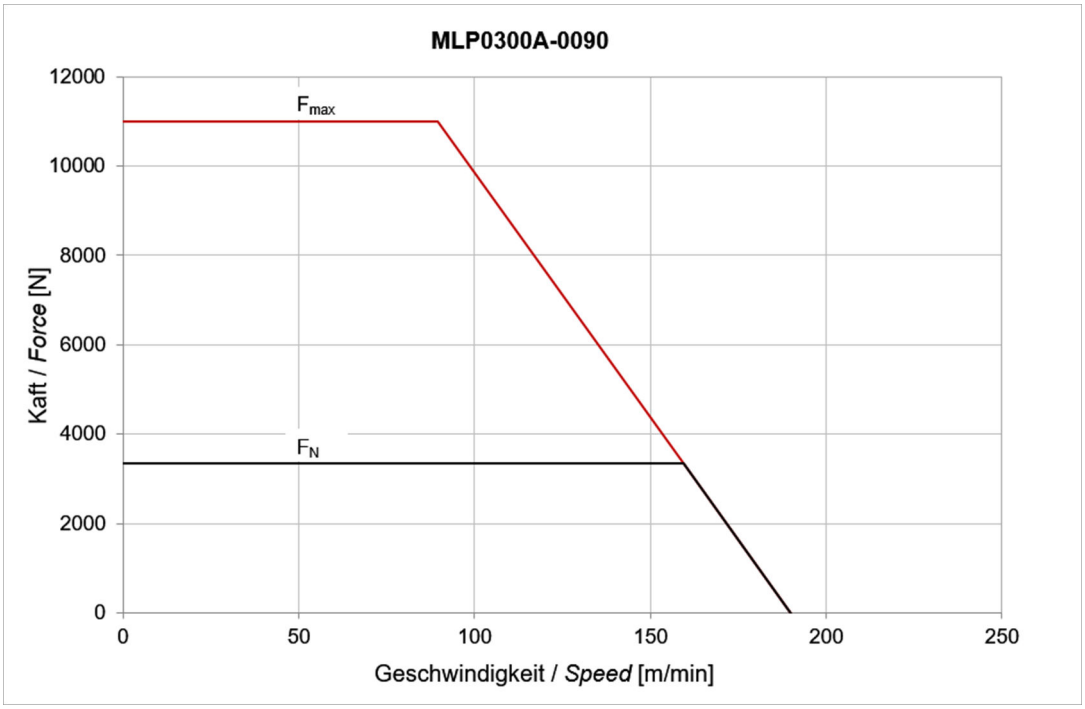


Abb. 4-66: Motorkennlinie MLP300A-0090

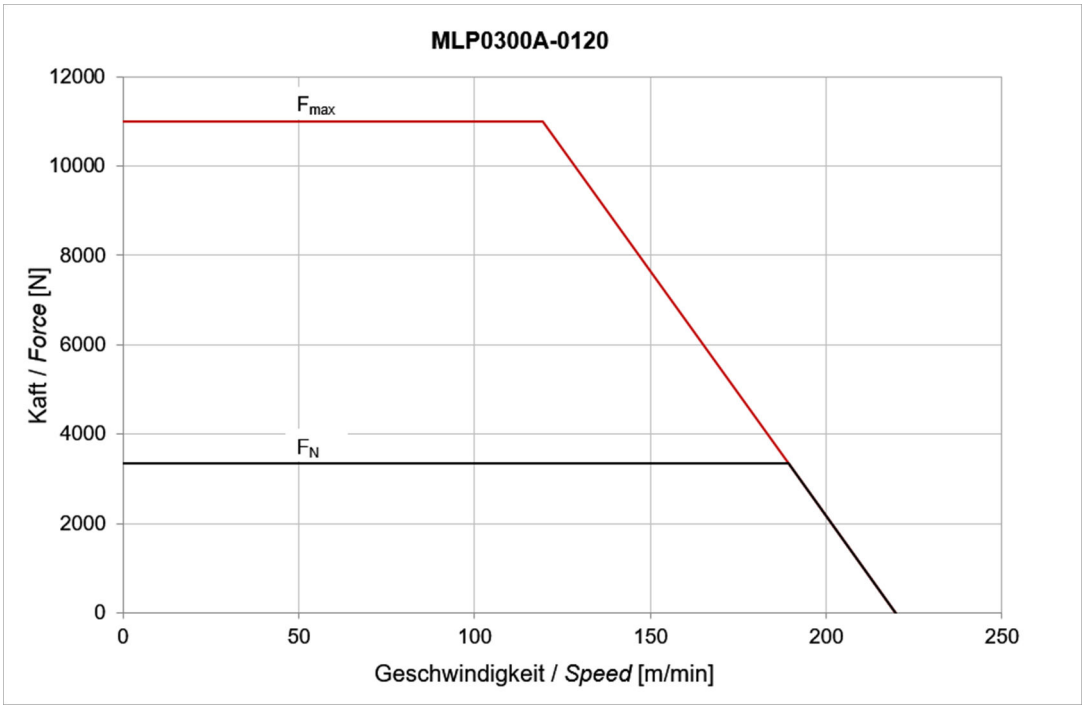


Abb. 4-67: Motorkennlinie MLP300A-0120

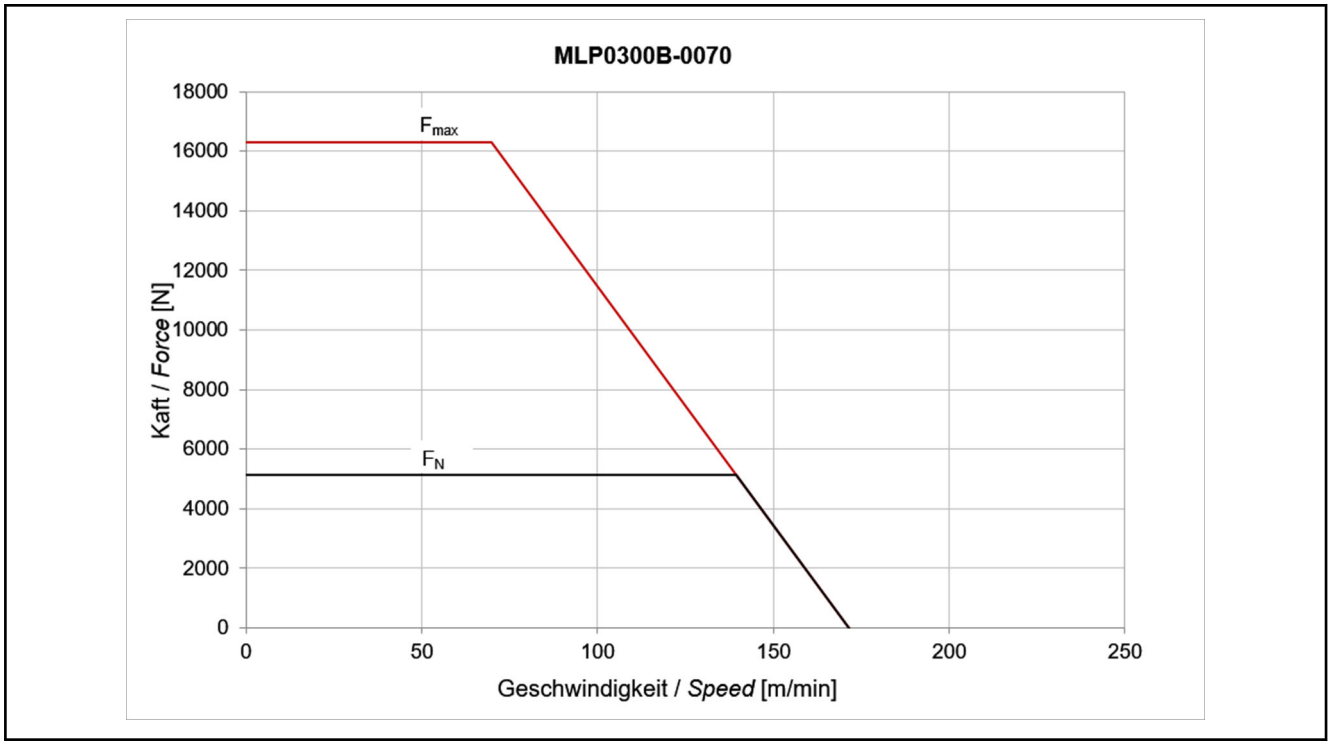


Abb. 4-68: Motorkennlinie MLP300B-0070

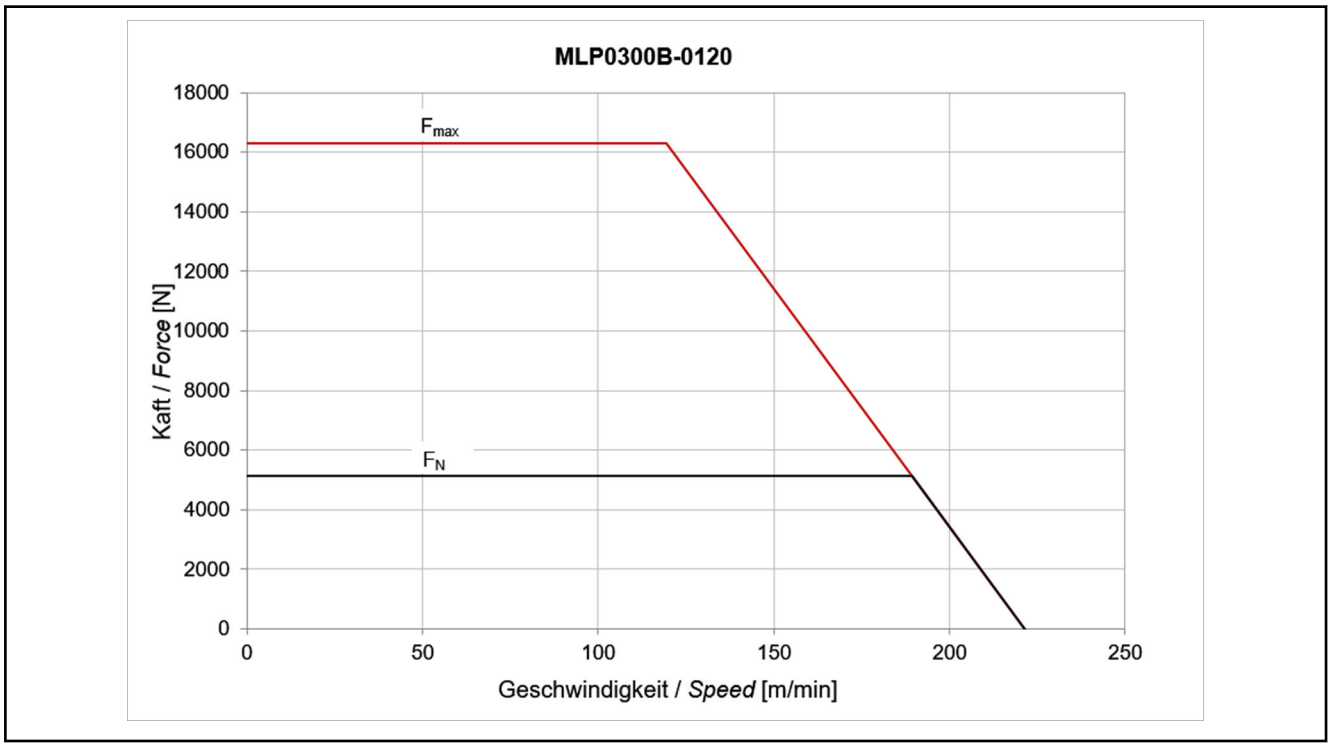


Abb. 4-69: Motorkennlinie MLP300B-0120

4.12.3 Daten MLP300C

Kenngröße	Symbol	Einheit	MLP300		
Baulänge			C		
Wicklung			0060	0090	0120
Maximalkraft	F_{max}	N	21500		
Dauernennkraft	F_N	N	6720		
Maximalstrom	I_{max}	A	143,1	205,0	300,0
Bemessungsstrom	I_N	A	29,6	35,8	45,2
Maximalgeschwindigkeit bei F_{max}	v_{Fmax}	m/min	60	90	120
Nenngeschwindigkeit	v_N	m/min	110	150	180
Kraftkonstante	K_{FN}	N/A	226,9	187,9	148,9
Spannungskonstante	K_{EMK}	Vs/m	130,9	108,4	85,9
Wicklungswiderstand bei 20 °C	R_{12}	Ohm	2,4	1,56	1,02
Wicklungsinduktivität	L_{12}	mH	11,4	7,6	4,9
Leistungsaderquerschnitt	A	mm^2	4,0	6,0	10,0
Polweite	τ_p	mm	37,5		
Anziehungskraft	F_{ATT}	N	30700		
Thermische Zeitkonstante	T_{th}	min	2,4		
Masse Standardkapselung	m_{PS}	kg	62,0		
Masse Thermokapselung	m_{PT}	kg	74,9		
Daten Flüssigkeitskühlung					
abzuführende Verlustleistung	P_V	W	3200		
Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss bei P_V	Q_{min}	l/min	4,6		
Druckabfall bei Q_{min}	Δp	bar	2,8		
Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls	$K_{\Delta p}$	-	0,19		
Volumen Kühlmittelkanal Standardkapselung	V_{kuehl_S}	l	0,277		
Volumen Kühlmittelkanal Thermokapselung	V_{kuehl_T}	l	0,471		
					Letzte Änderung: 2019-07-18

Tab. 4-31: MLP300C - Technische Daten

4.12.4 Motorkennlinien MLP300C

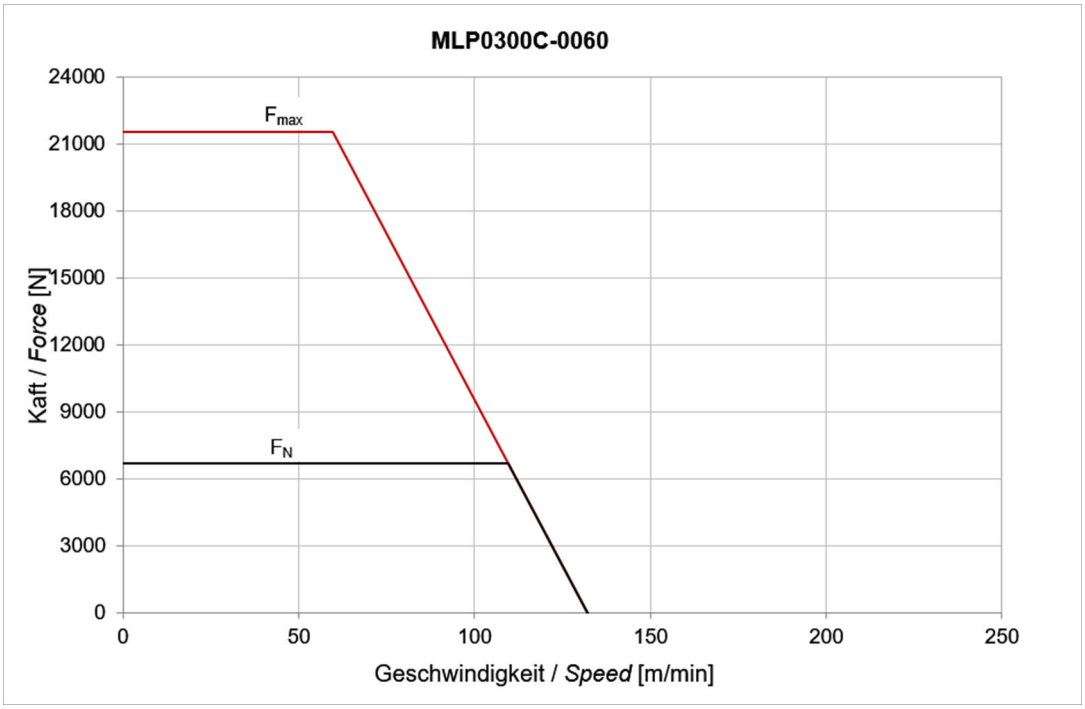


Abb. 4-70: Motorkennlinie MLP300C-0060

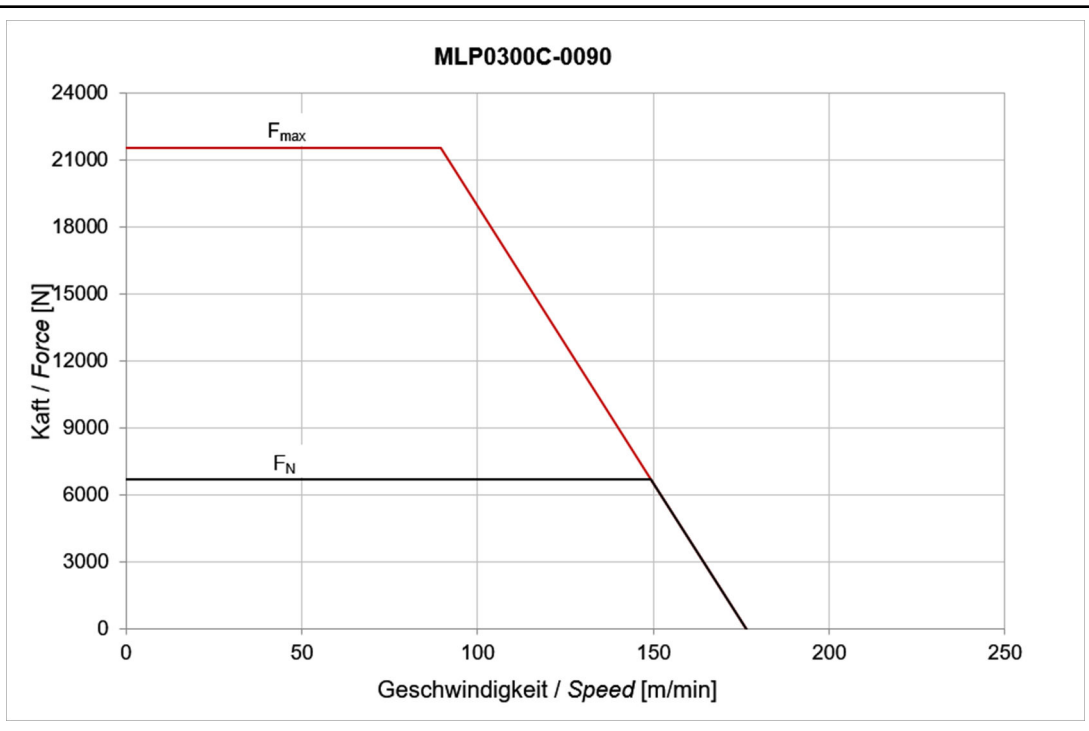


Abb. 4-71: Motorkennlinie MLP300C-0090

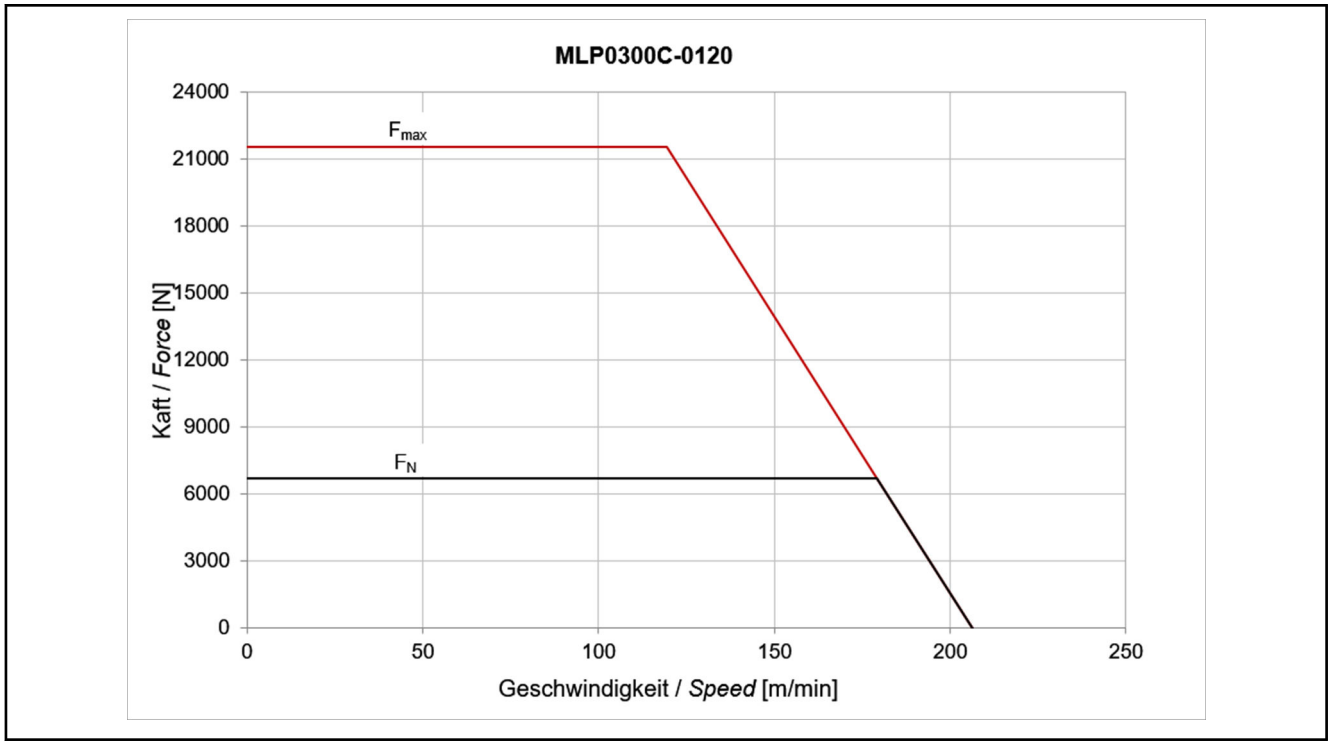


Abb. 4-72: Motorkennlinie MLP300C-0120

4.12.5 Daten MLS300

Bezeichnung	Symbol	Einheit	MLS300_-_A-0150-HNNN	MLS300_-_A-0450-HNNN	MLS300_-_A-0600-HNNN
Masse Sekundärteil	m_S	kg	10,5	31,5	42,0
Masse Sekundärteil, relativ	m_{S_rel}	kg/m	70,0		
					Letzte Änderung: 2019-07-22

Tab. 4-32: MLS300 -Technische Daten

5 Maßangaben, Einbaumaße und -toleranzen

5.1 Allgemeine Hinweise

☞ Bei der Zusammensetzung und Verwendung der einzelnen von Bosch Rexroth gelieferten Komponenten, sind vom Kunden die Schutzrechte Dritter zu beachten. Für eine etwaige Verletzung solcher Rechte haftet allein der Kunde für den hierdurch entstandenen Schaden.

5.2 Maßangaben

5.2.1 Einbaumaße und Toleranzen

Um über dem gesamten Verfahrbereich eine konstante Kraft sicherzustellen, muss eine definierte Luftspalthöhe gewährleistet werden. Hierzu sind die Einzelteile des Motors (Primär- und Sekundärteil) entsprechend toleriert. Der Abstand der Montagefläche, die Parallelität sowie die symmetrische Ausrichtung von Primär- und Sekundärteil in der Maschine muss innerhalb einer bestimmten Toleranz über dem gesamten Verfahrweg liegen. Dabei sind eventuelle Verformungen resultierend aus Gewichts-, Anziehungs- und Prozesskräften zu berücksichtigen.

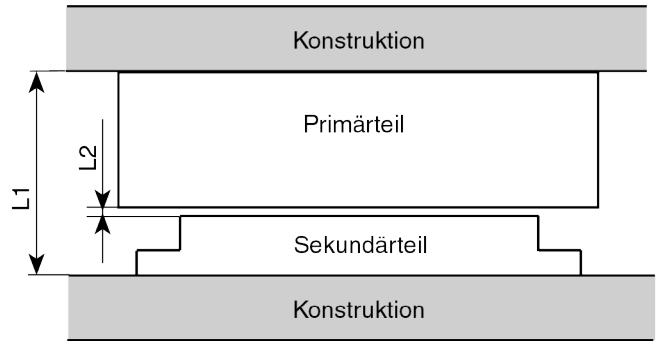
☞ Bei Abweichung vom spezifizierten Nennluftspalt kommt es zu einer Reduzierung bzw. Änderung der spezifizierten Leistungsdaten.

⚠ VORSICHT **Luftspalt zu gering! Möglicher Kontakt zwischen Primär- und Sekundärteil!**

Kommt es durch einen zu klein ausgelegten Luftspalt zwischen dem Primär- und Sekundärteil zum Kontakt dieser Motorkomponenten, können diese beschädigt oder gar zerstört werden. Die definierte Luftspalthöhe ist deshalb unbedingt einzuhalten.

Nach Einbau oder Tausch des Linearmotors (MLP und MLS) muss die in Tab. 5-1 definierte Einbauhöhe L1 eingehalten werden.

☞
- Die vorgegebene Einbauhöhe in den entsprechenden Toleranzen ist vom Anwender unbedingt einzuhalten und zu überprüfen. Entsprechend ist eine mögliche Durchbiegung der Maschinenkonstruktion aufgrund von Gewichts-, Anziehungs- und Prozesskräften zu berücksichtigen.
- Nach Einbau des Linearmotors sollte der Luftspalt mittels Messung überprüft werden. Prüfmaße sind in Tab. 5-1 angegeben (Messbarer Luftspalt L2).
- Bei langen Strecken, kann es erforderlich sein, die Auflageflächen der Motorkomponenten direkt vom montierten Schlitten aus zu bearbeiten.



Baugröße Primärteil	Ausführung Primärteil	Ausführung Sekundärteil	Einbauhöhe L1 [1]	Messbarer Luftspalt L2 [2]
040 ... 200	Standardkapselung	MLSxxxS-*	$61,4^{+0,1}$	$1,0^{+0,55}_{-0,4}$
300	Standardkapselung		$72,5^{+0,1}$	$1,2^{+0,55}_{-0,4}$
040 ... 200	Thermokapselung		$73,9^{+0,1}$	$1,0^{+0,55}_{-0,4}$
202	Thermokapselung		$77,4^{+0,1}$	$1,0^{+0,55}_{-0,4}$
300	Thermokapselung		$87,0^{+0,1}$	$1,2^{+0,55}_{-0,4}$

1) Die Einbauhöhe ist mit +0,1 mm derart toleriert, dass kein signifikanter Einfluss auf das Betriebsverhalten des Motors eintritt. Unter Umständen ist es hilfreich eine größere positive Toleranz vorzusehen. In diesem Fall ist z. B. mit einer Reduktion von Anziehungs- und Vorschubkraft zu rechnen (siehe Kap. 9.14). Alternativ kann auch der Luftspalt eingestellt werden (siehe Kap. 12.6).

2) Nach Einbau der Motorkomponenten stellt sich aufgrund der Bauteiltoleranzen der Luftspalt L2 ein. Um den Luftspalt gezielt zu dimensionieren beachten Sie bitte Kap. 12.6.

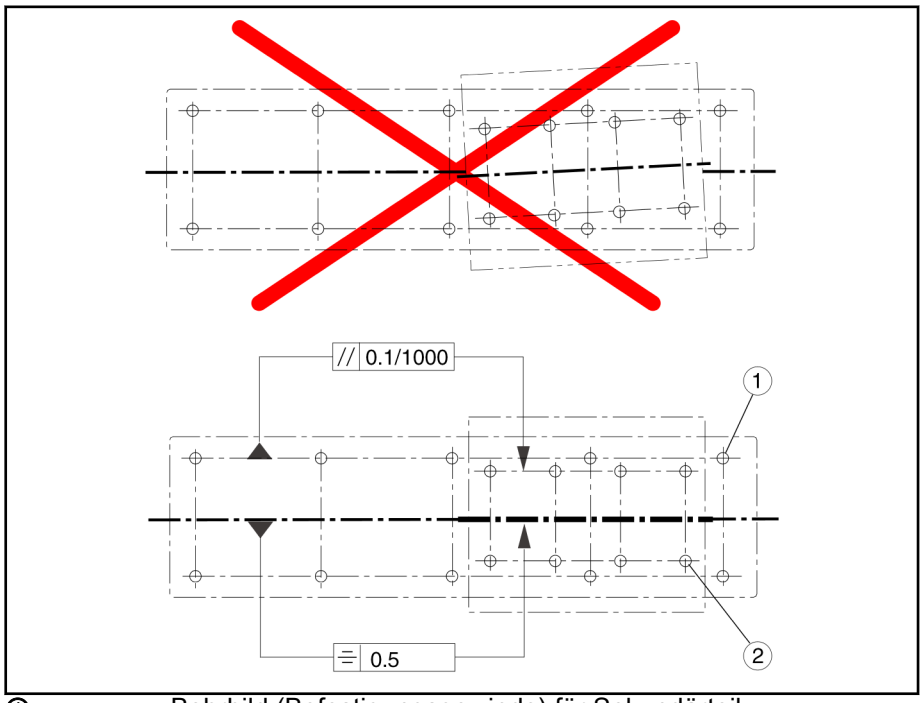
Tab. 5-1: Einbaumaße und Toleranzen

5.2.2 Parallelität und Symmetrie von Maschinenteilen

Bevor das Primär- und Sekundärteil montiert werden kann, müssen Teile der Maschine zueinander ausgerichtet werden. Insbesondere der Maschinenschlitten muss zum Maschinenbett in eine definierte Lage gebracht werden. Beim Ausrichten müssen neben den Einbaumaßen weitere Toleranzen bzgl. Parallelität und Symmetrie nach Abb. 5-1 eingehalten werden.

Voraussetzung für die Einhaltung der Toleranzen ist, dass bereits das Anbringen der Befestigungsbohrungen für das Primärteil und der Gewindebohrungen für das Sekundärteil in der Maschine strikt nach den Maßangaben im jeweiligen Maßblatt durchgeführt wird.

Ist dies erfolgt, können als Bezug zur Ausrichtung der Teile die Mittellinien der angebrachten Befestigungs- bzw. Gewindebohrungen dienen.



① Bohrbild (Befestigungsgewinde) für Sekundärteil
② Bohrbild (Befestigungsbohrungen) für Primärteil

Abb. 5-1: Parallelität und Symmetrie zwischen den Befestigungsbohrungen für das Primärteil und den Befestigungsgewinden für das Sekundärteil

Die Einhaltung der angegebenen Toleranzen bzgl. Parallelität und Symmetrie muss beim Verfahren von Primär- bzw. Sekundärteil über den gesamten Verfahrweg sichergestellt sein.

Weitere Hinweise zur Montage von Primär- und Sekundärteil finden Sie unter Kap. 12 "Montage" auf Seite 277.

5.3 Baugröße 040

5.3.1 Primärteil MLP040 mit Standardkapselung

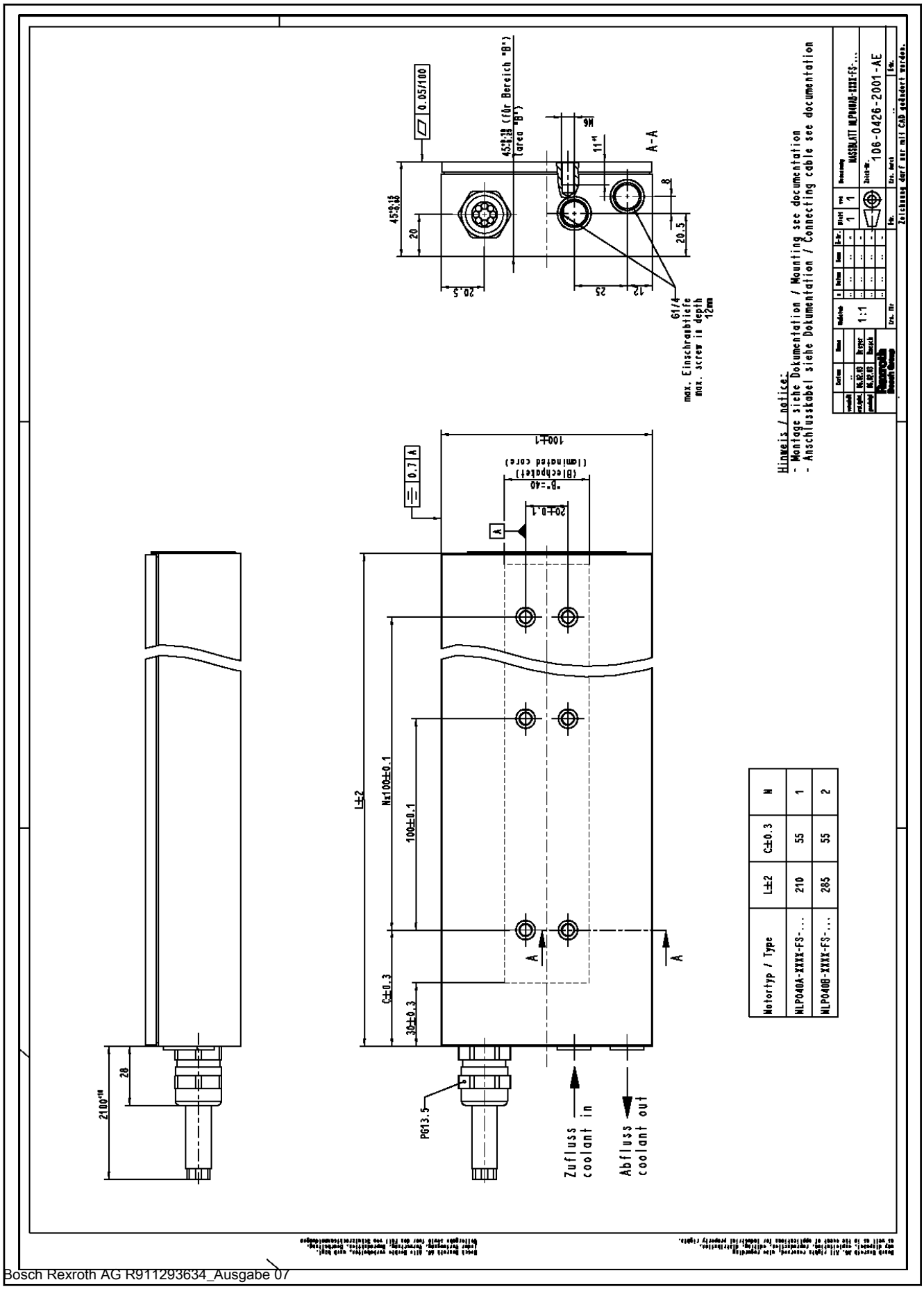


Abb. 5-2: Primärteil MLP040 mit Standardkapselung

5.3.2 Primärteil MLP040 mit Thermokapselung

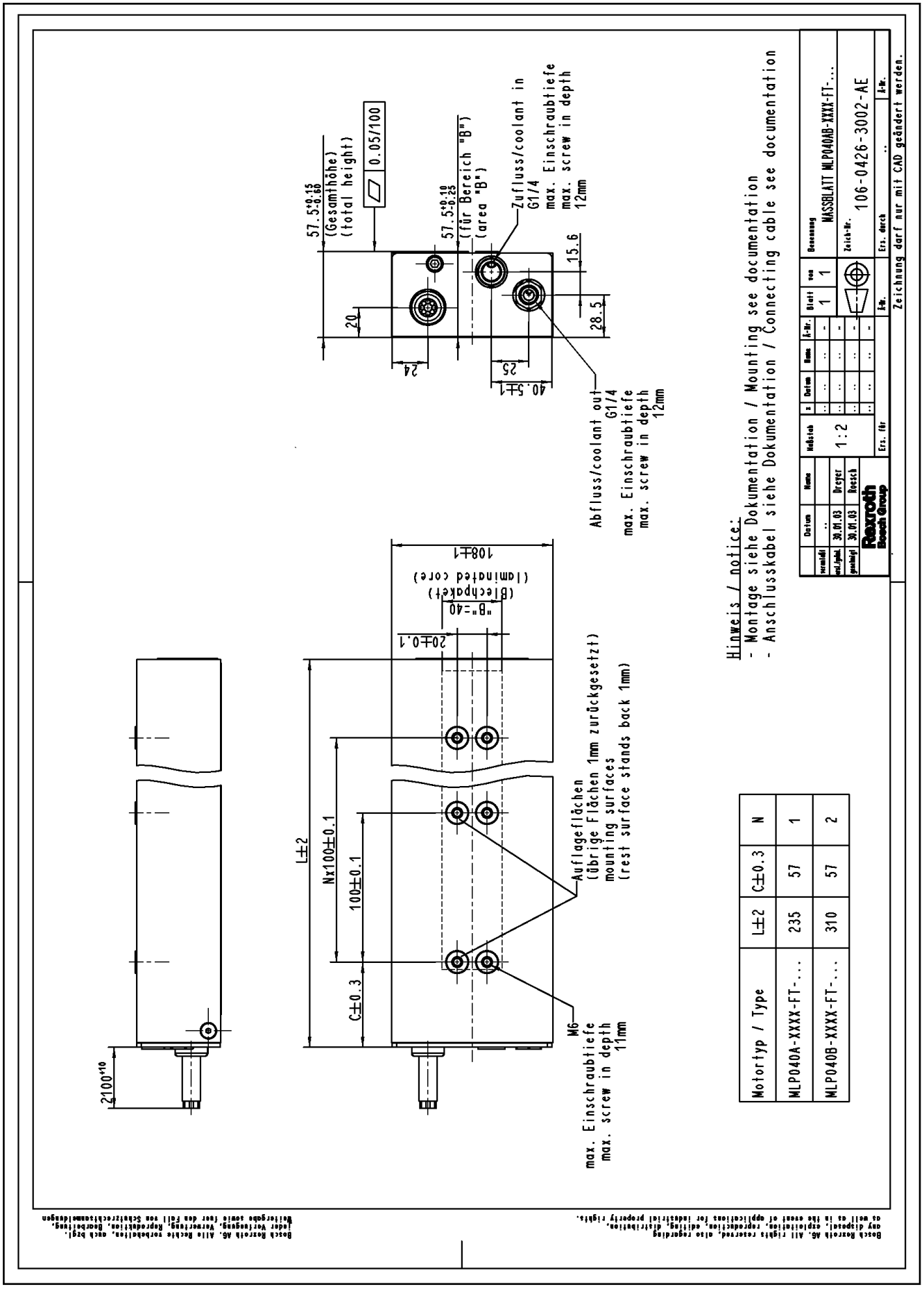


Abb. 5-3: Primärteil MLP040 mit Thermokapselung

5.3.3 Sekundärteil MLS040

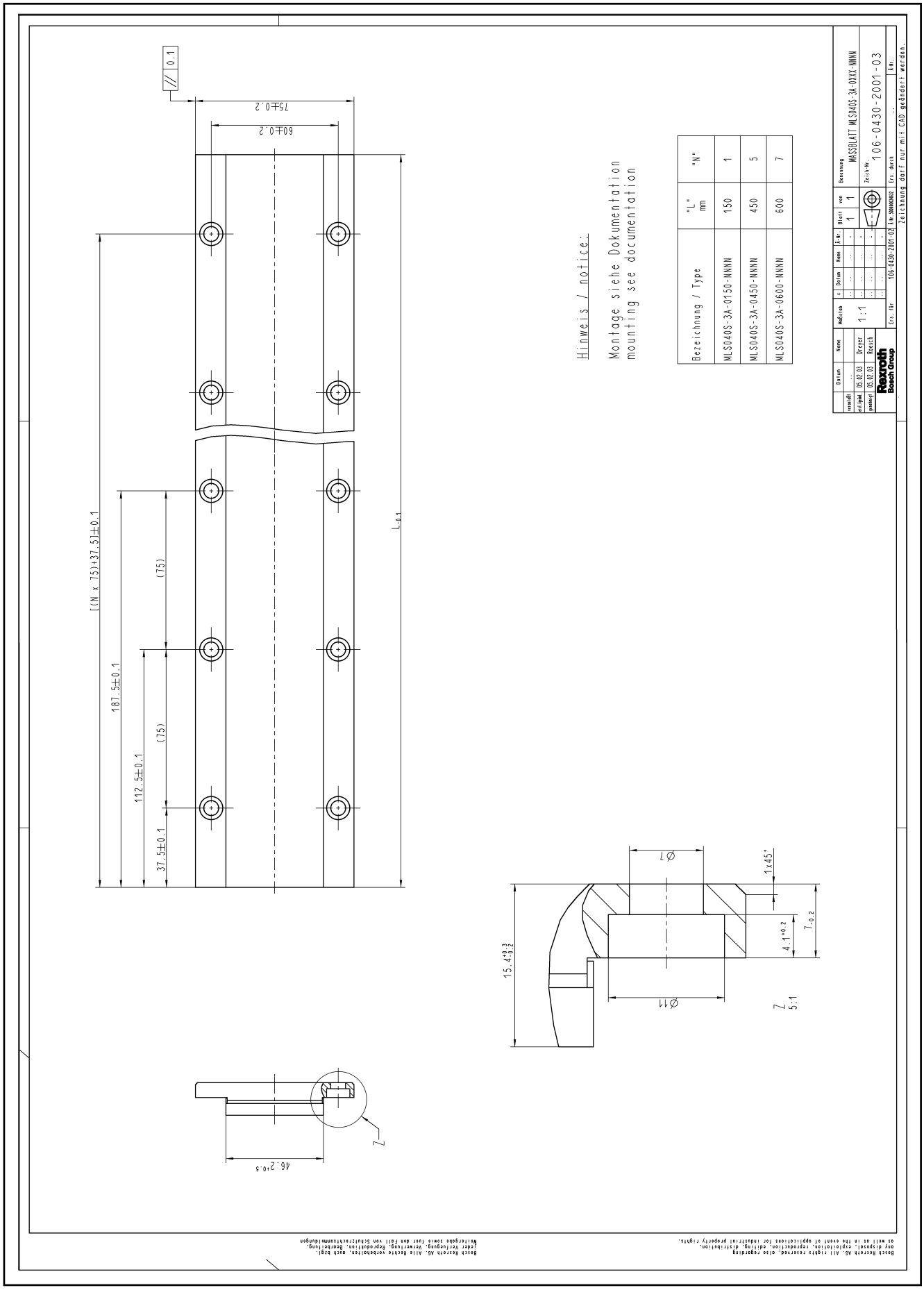
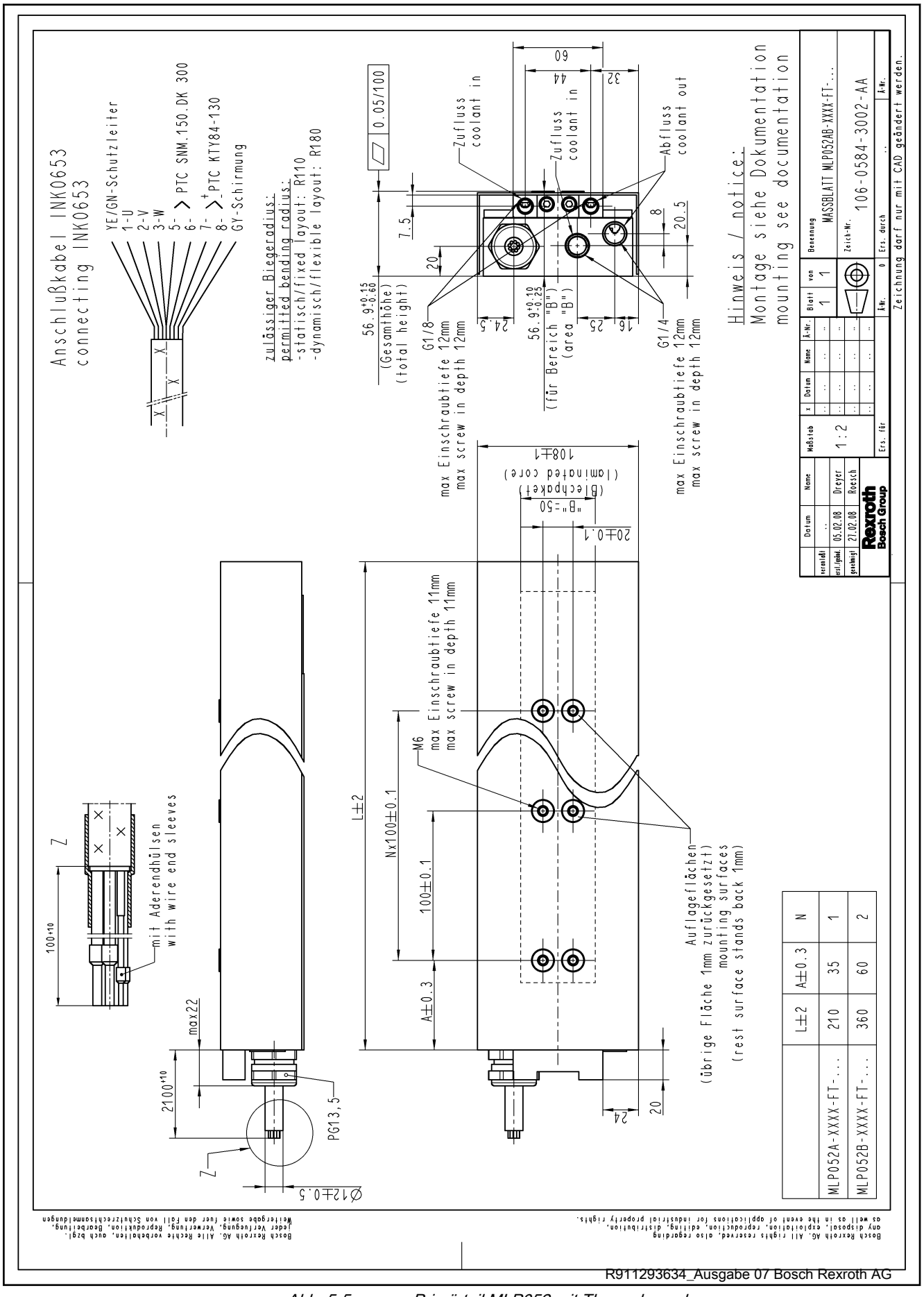


Abb. 5-4: Sekundärteil MLS040

5.4 Baugröße 052

5.4.1 Primärteil MLP052 mit Thermokapselung



Bosch Rexroth AG. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.
Bosch Rexroth AG. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen

Abb. 5-5: Primärteil MLP052 mit Thermokapselung

5.4.2 Sekundärteil MLS052

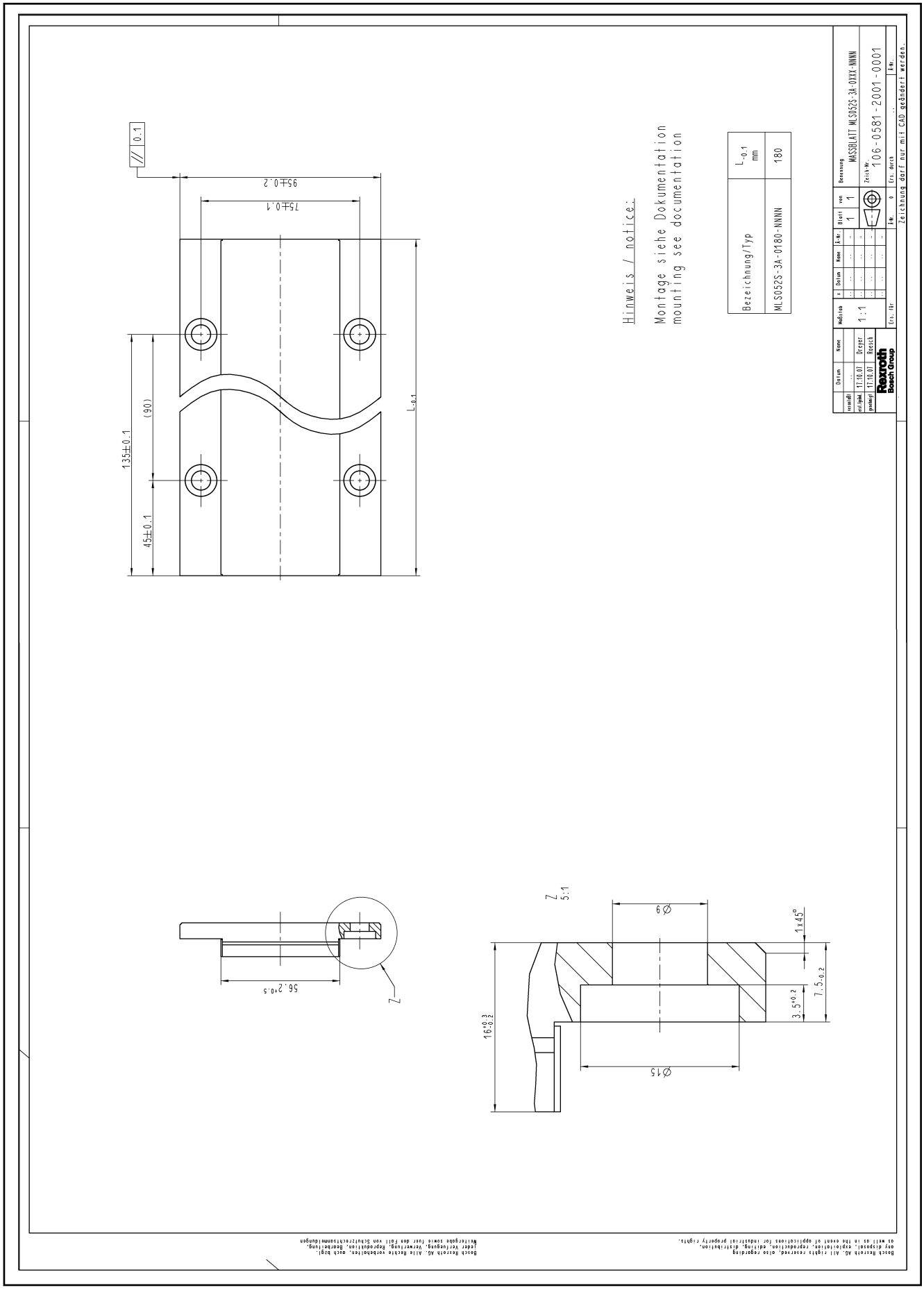


Abb. 5-6: Sekundärteil MLS052

5.5 Baugröße 070

5.5.1 Primärteil MLP070 mit Standardkapselung

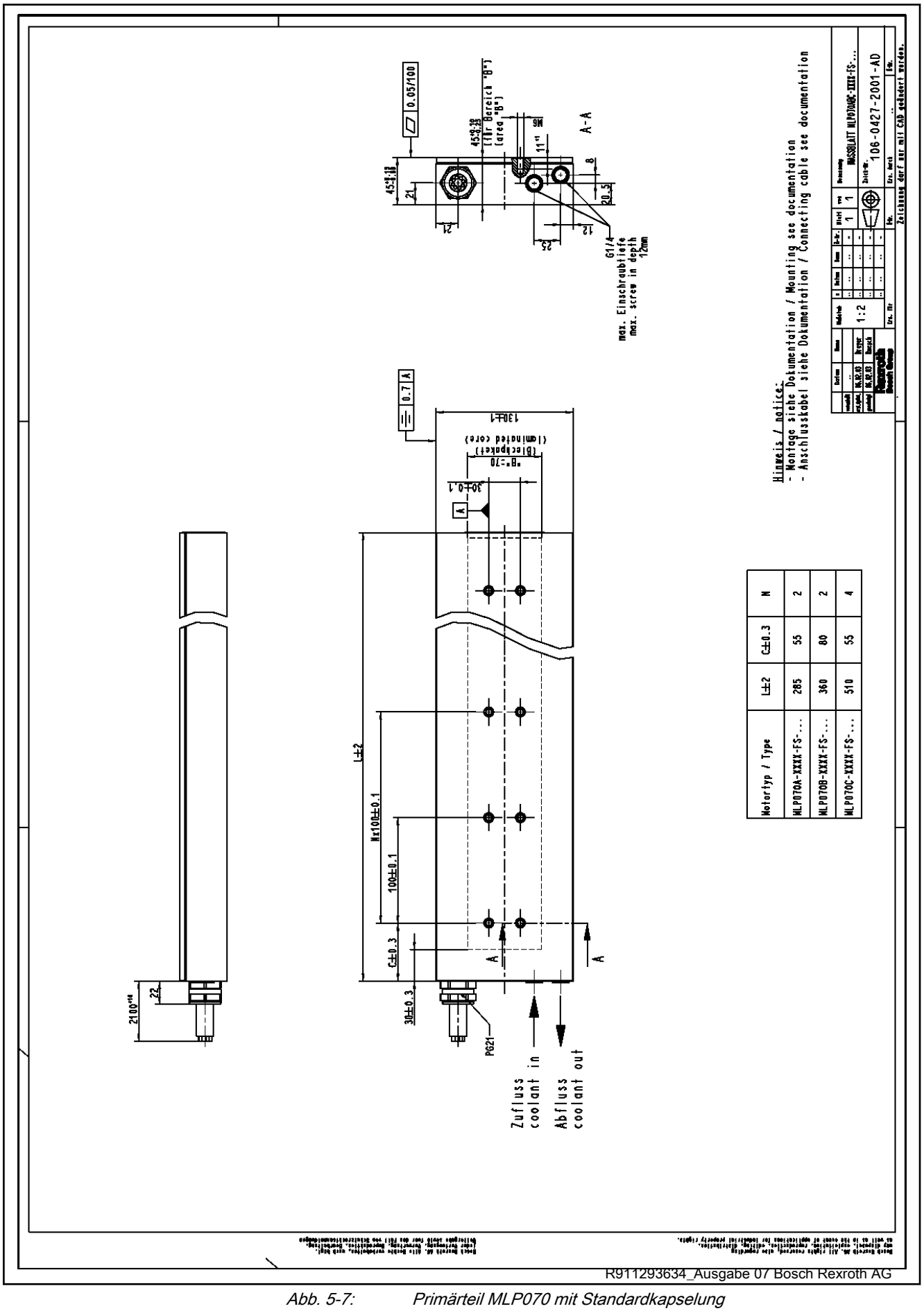
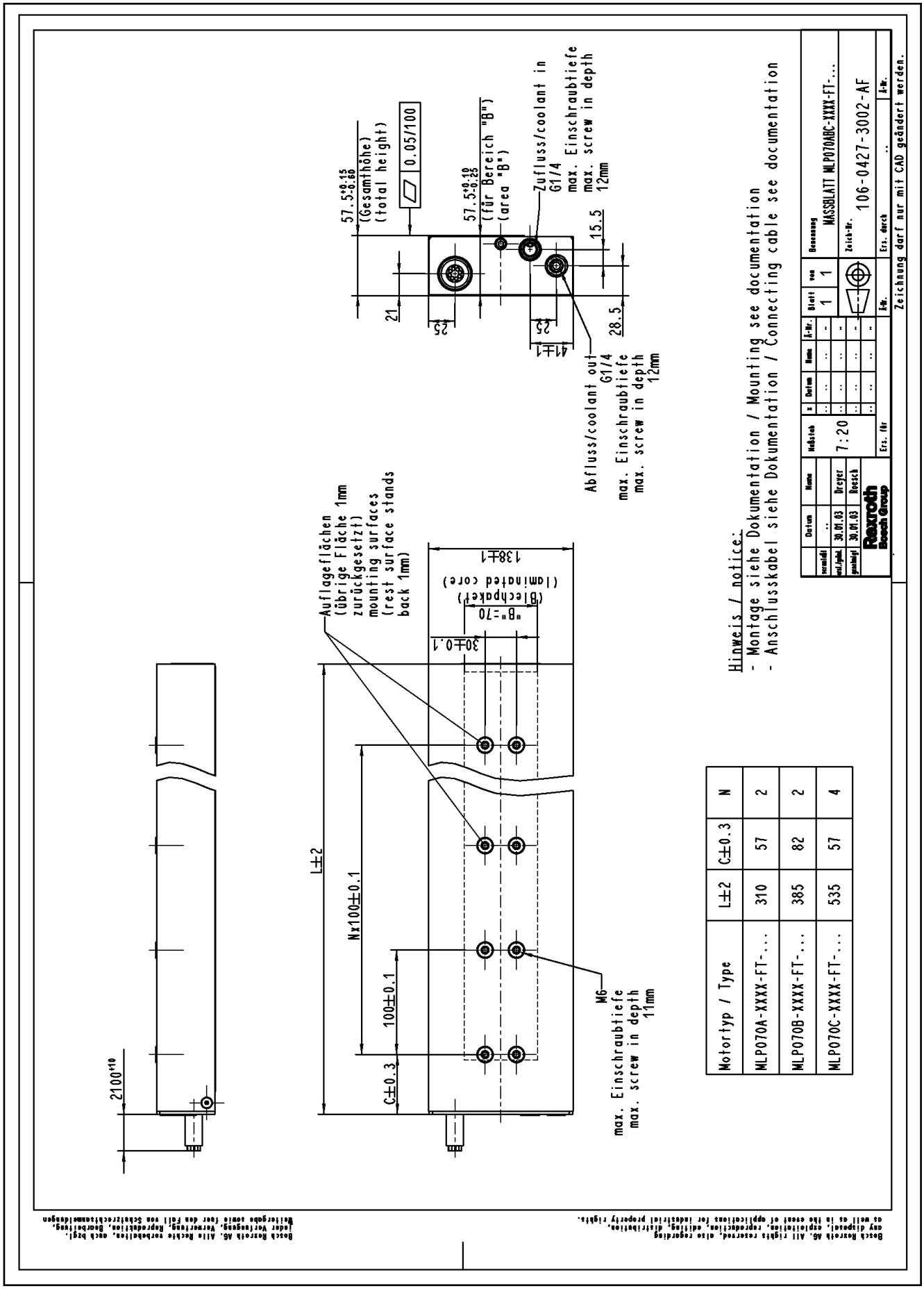


Abb. 5-7: Primärteil MLP070 mit Standardkapselung

5.5.2 Primärteil MLP070 mit Thermokapselung



Motortyp / Type	L±2	C±0.3	N
MLP070A-XXXX-FT-...	310	57	2
MLP070B-XXXX-FT-...	385	82	2
MLP070C-XXXX-FT-...	535	57	4

Bosch Rexroth AG. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.
Bosch Rexroth AG. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen

Abb. 5-8: Primärteil MLP070 mit Thermokapselung

5.5.3 Sekundärteil MLS070

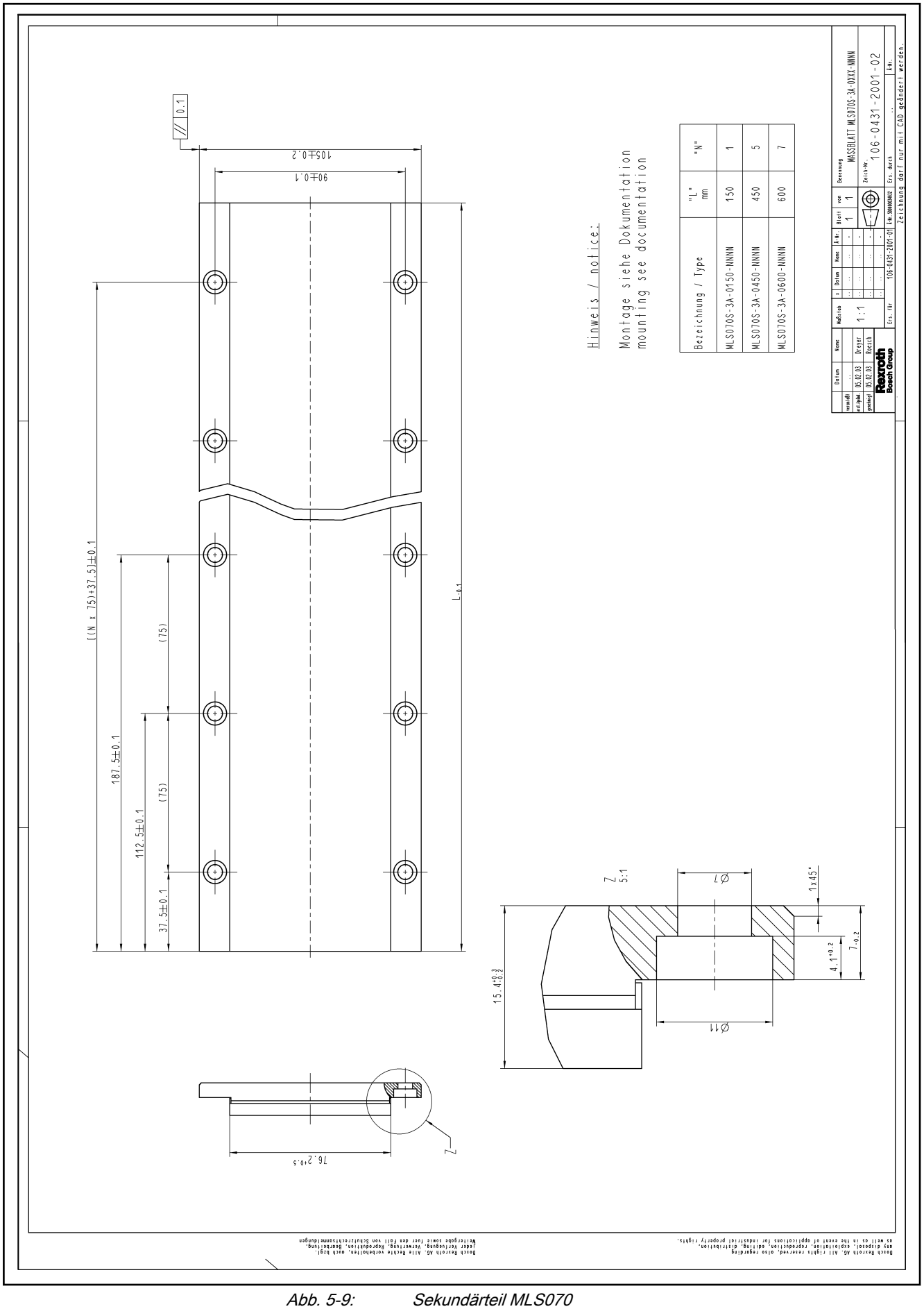
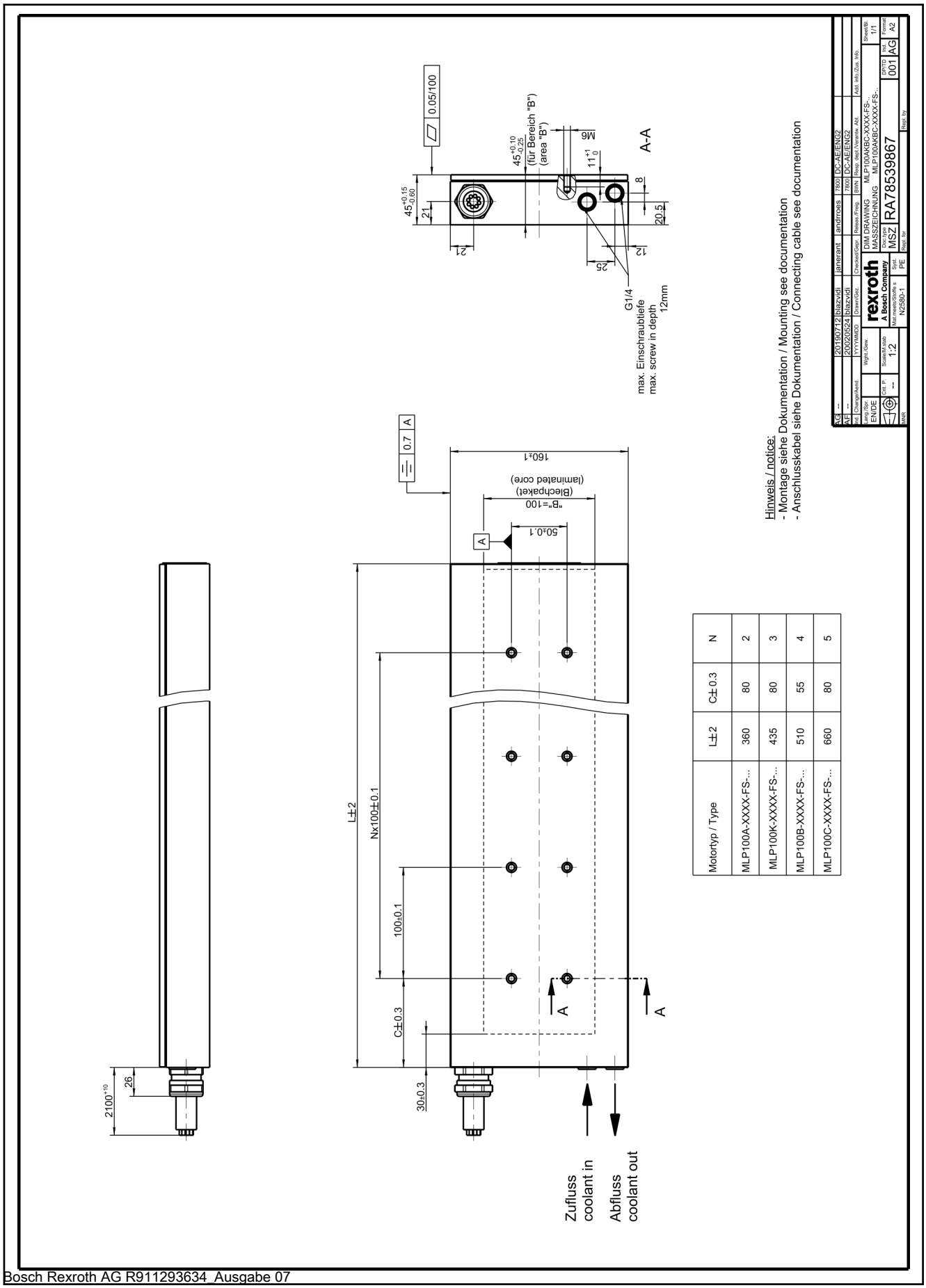


Abb. 5-9: Sekundärteil MLS070

5.6 Baugröße 100

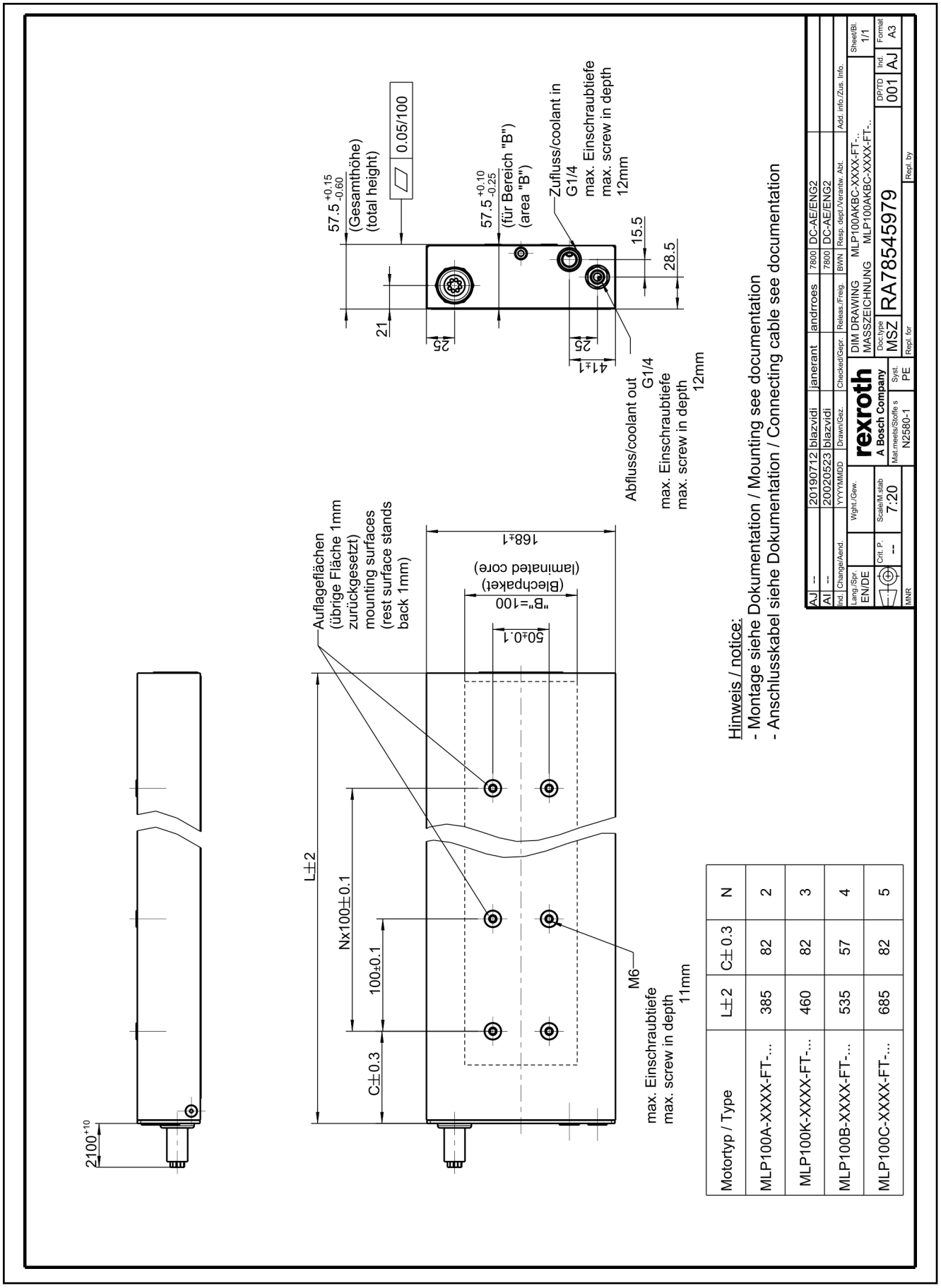
5.6.1 Primärteil MLP100 mit Standardkapselung



Motortyp / Type	L±2	C± 0.3	N
MLP100A-XXXX-FS-...	360	80	2
MLP100K-XXXX-FS-...	435	80	3
MLP100B-XXXX-FS-...	510	55	4
MLP100C-XXXX-FS-...	660	80	5

Abb. 5-10: Primärteil MLP100 mit Standardkapselung

5.6.2 Primärteil MLP100 mit Thermokapselung



Motortyp / Type	L±2	C±0.3	N
MLP100A-XXXX-FT-...	385	82	2
MLP100K-XXXX-FT-...	460	82	3
MLP100B-XXXX-FT-...	535	57	4
MLP100C-XXXX-FT-...	685	82	5

Abb. 5-11: Primärteil MLP100 mit Thermokapselung

5.6.3 Sekundärteil MLS100

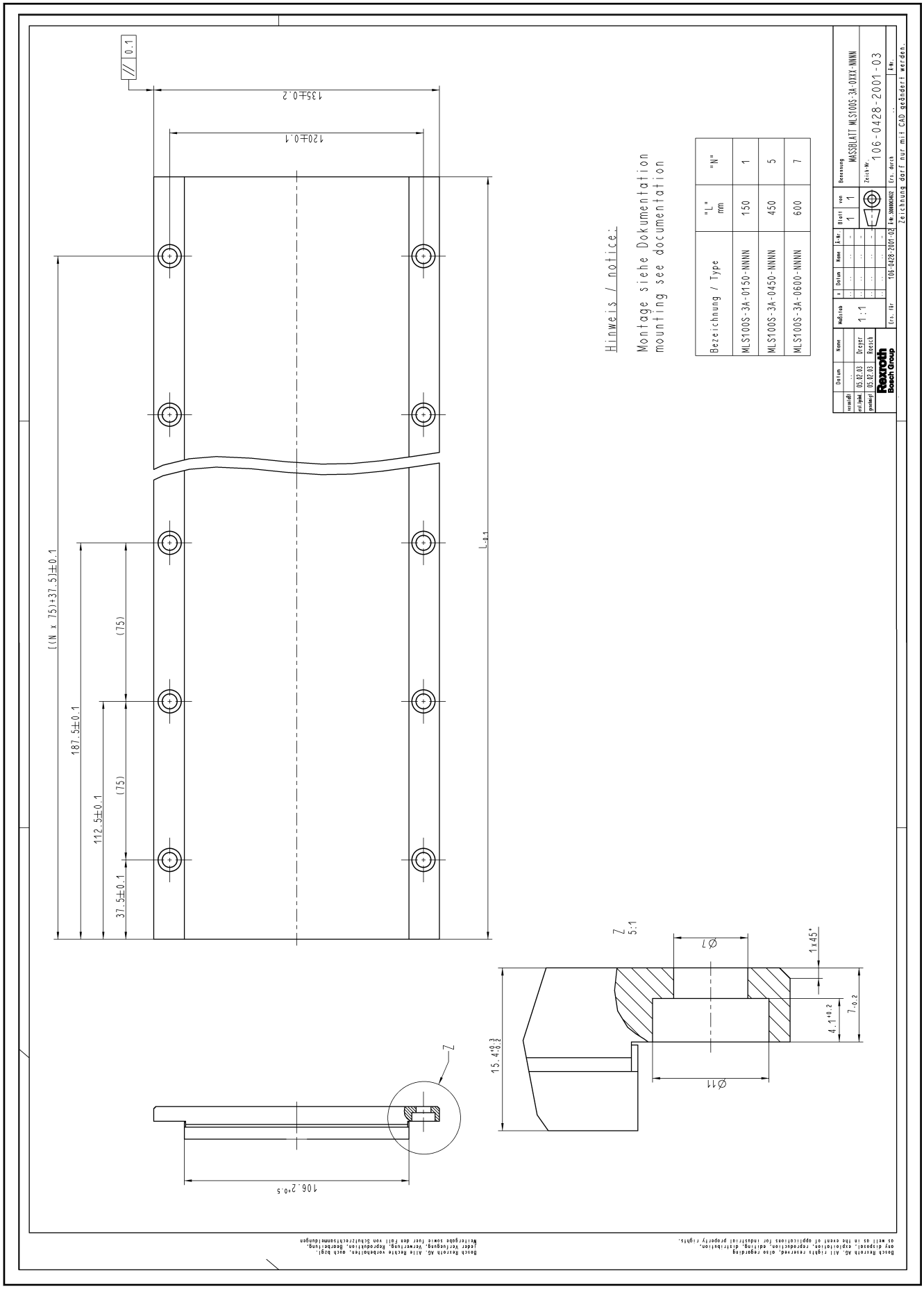
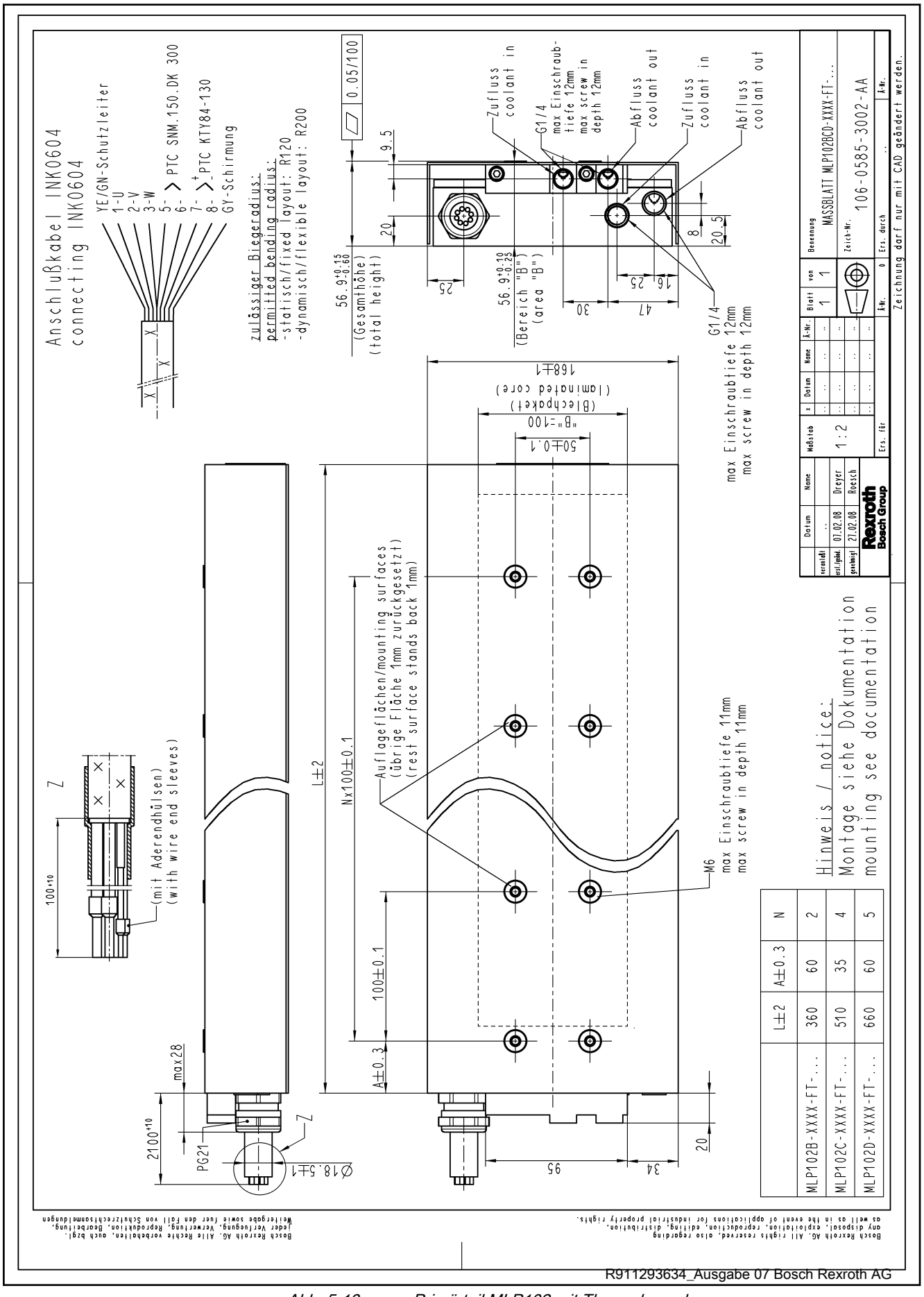


Abb. 5-12: Sekundärteil MLS100

5.7 Baugröße 102

5.7.1 Primärteil MLP102 mit Thermokapselung



	L±2	A±0.3	N
MLP102B-XXXX-FT-...	360	60	2
MLP102C-XXXX-FT-...	510	35	4
MLP102D-XXXX-FT-...	660	60	5

Abb. 5-13: Primärteil MLP102 mit Thermokapselung

5.7.2 Sekundärteil MLS102

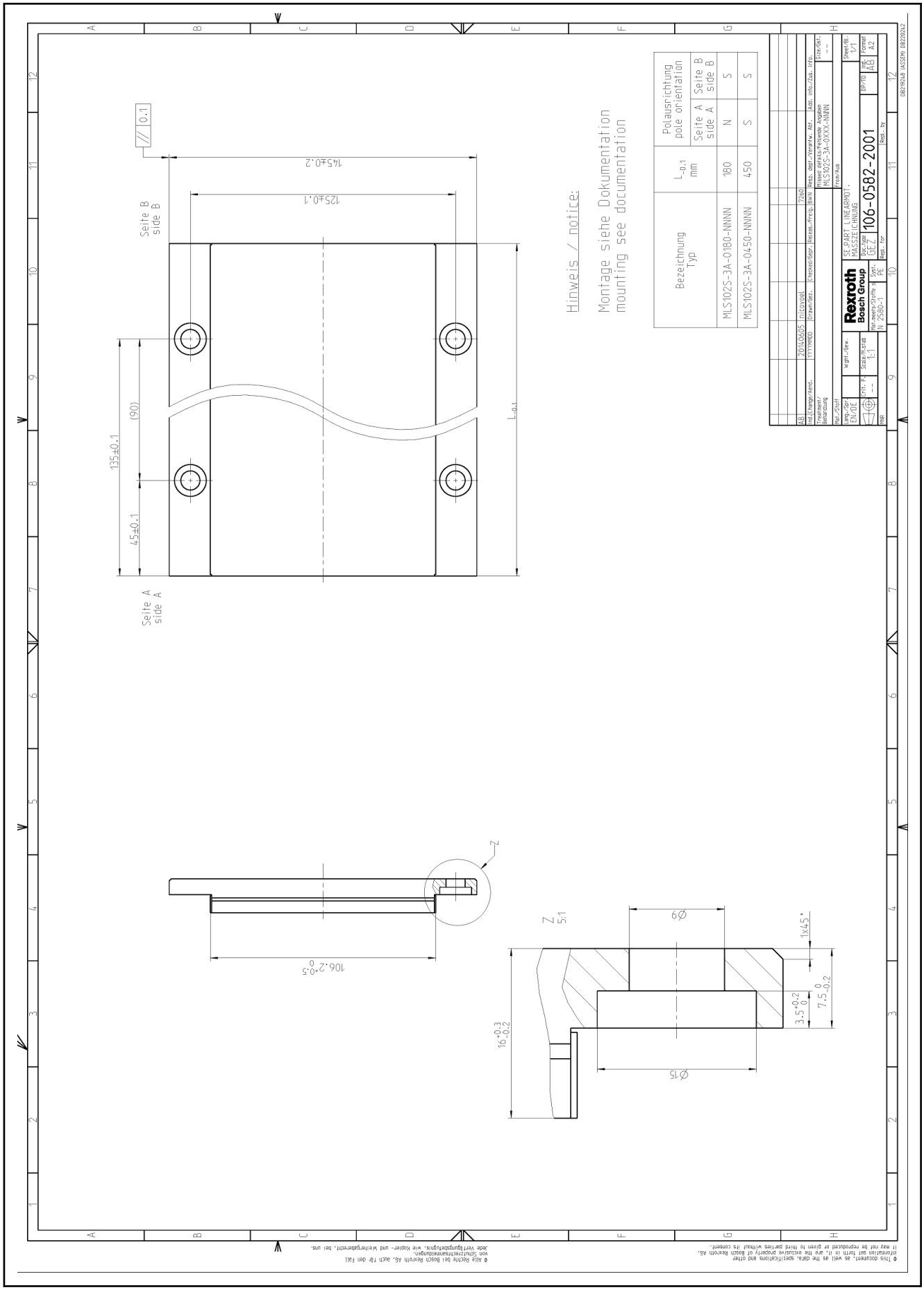


Abb. 5-14: Sekundärteil MLS102

5.8 Baugröße 140

5.8.1 Größe der Kabelverschraubung

Für Kabel mit einem Leistungsaderquerschnitt von 10 mm² (INK0605 und REL0110) wird eine größere Kabelverschraubung (M32) benötigt. Alle anderen Kabel mit Ausnahme des Kabels am MLP140Z haben eine kleinere Verschraubung (PG21). In allen Fällen werden die Verschraubungen bei der Thermokapselung vollständig abgedeckt. Somit ist lediglich die Standardkapselung durch die Störkontur der Verschraubungen betroffen. Welche Motorausführungen konkret betroffen sind, ist Tab. 8-1 "Anschlusskabel an Primärteilen MLP" auf Seite 166 zu entnehmen (s. dort in Spalte "Anschlusskabel" unter REL0110 (INK0605)).

☞ Bitte beachten Sie, dass für Motoren mit Kabel mit einem Leistungsaderquerschnitt von 10 mm² (INK0605 und REL0110) eine größere Kabelverschraubung (M32) eingesetzt wird.

5.8.2 Primärteil MLP140Z mit Standardkapselung

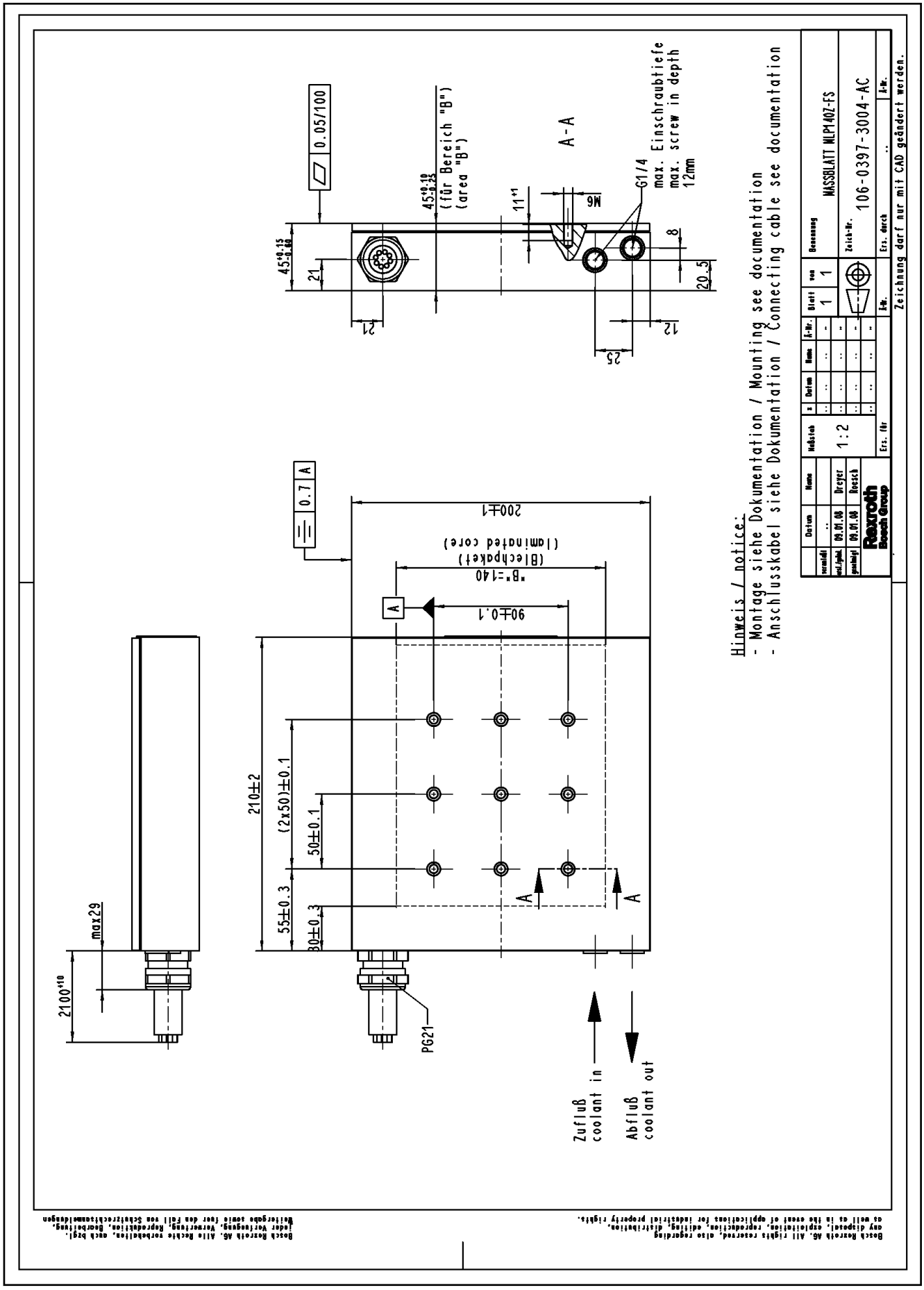


Abb. 5-15: Primärteil MLP140Z mit Standardkapselung

5.8.3 Primärteil MLP140A/B/C, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt < 10 mm²

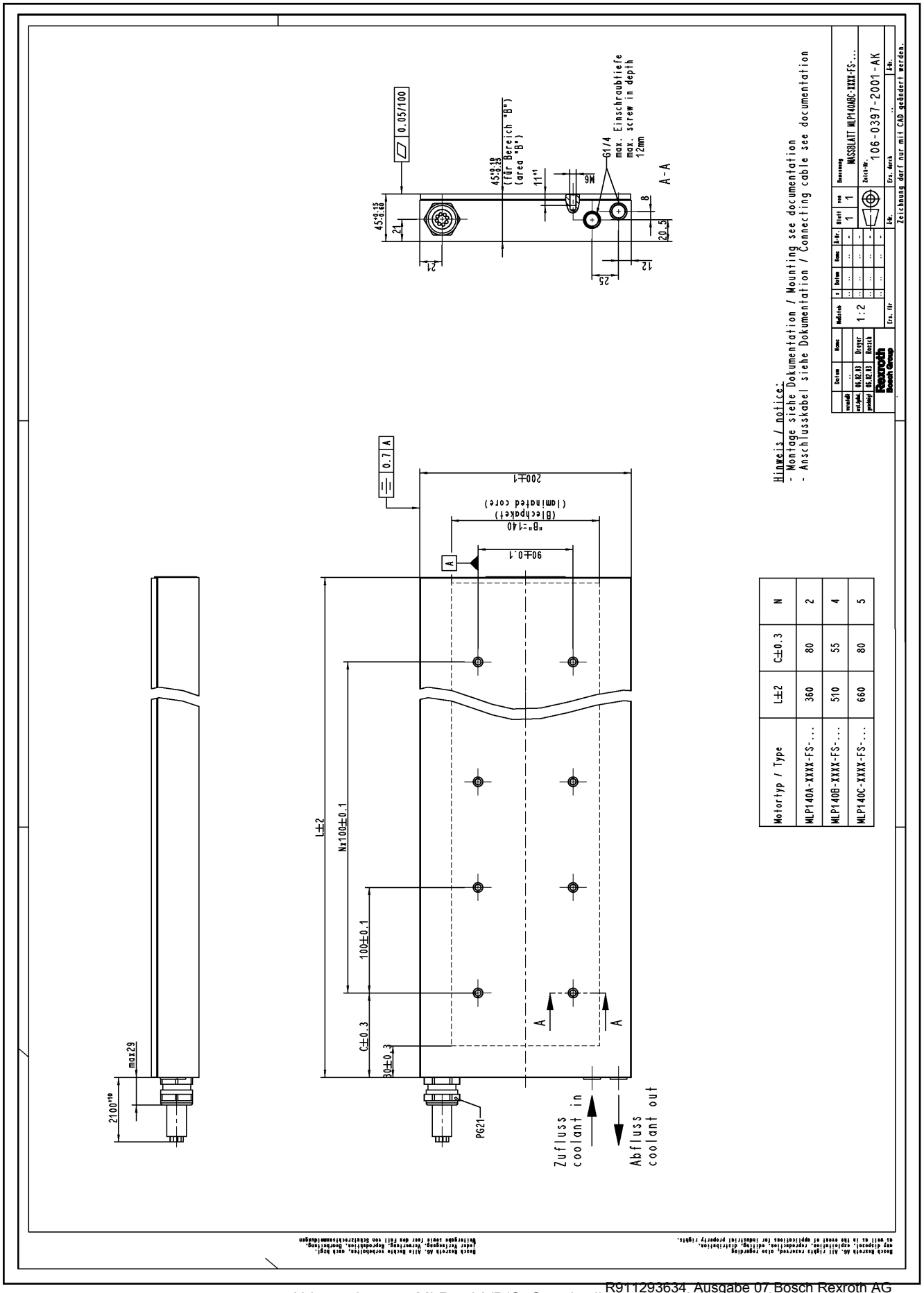


Abb. 5-16: MLP140A/B/C, Standardkapselung, Aderquerschnitt < 10 mm²

5.8.4 Primärteil MLP140A/B/C, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt = 10 mm²

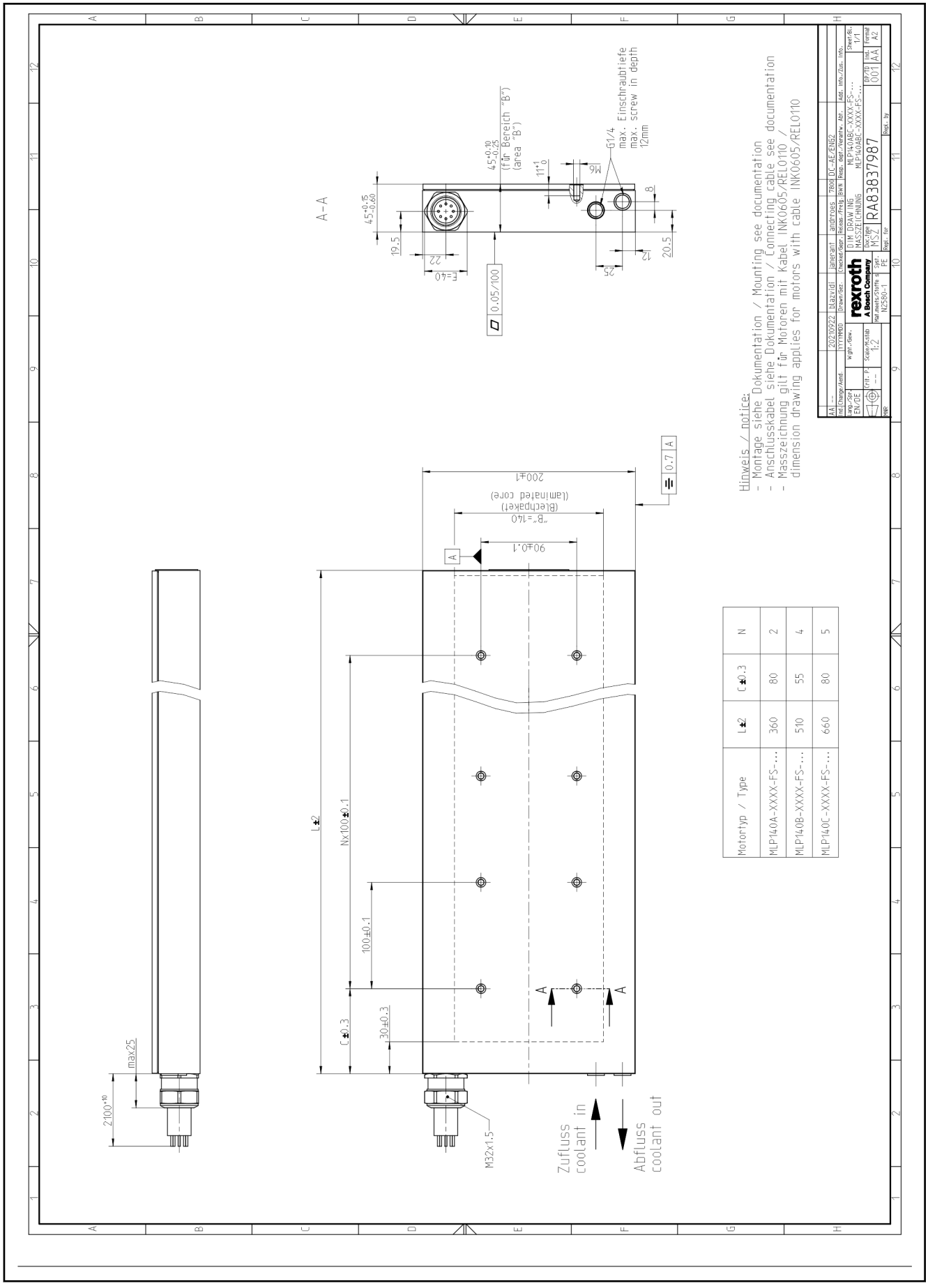


Abb. 5-17: MLP140A/B/C, Standardkapselung, Aderquerschnitt = 10 mm²

5.8.5 Primärteil MLP140A/B/C mit Thermokapselung

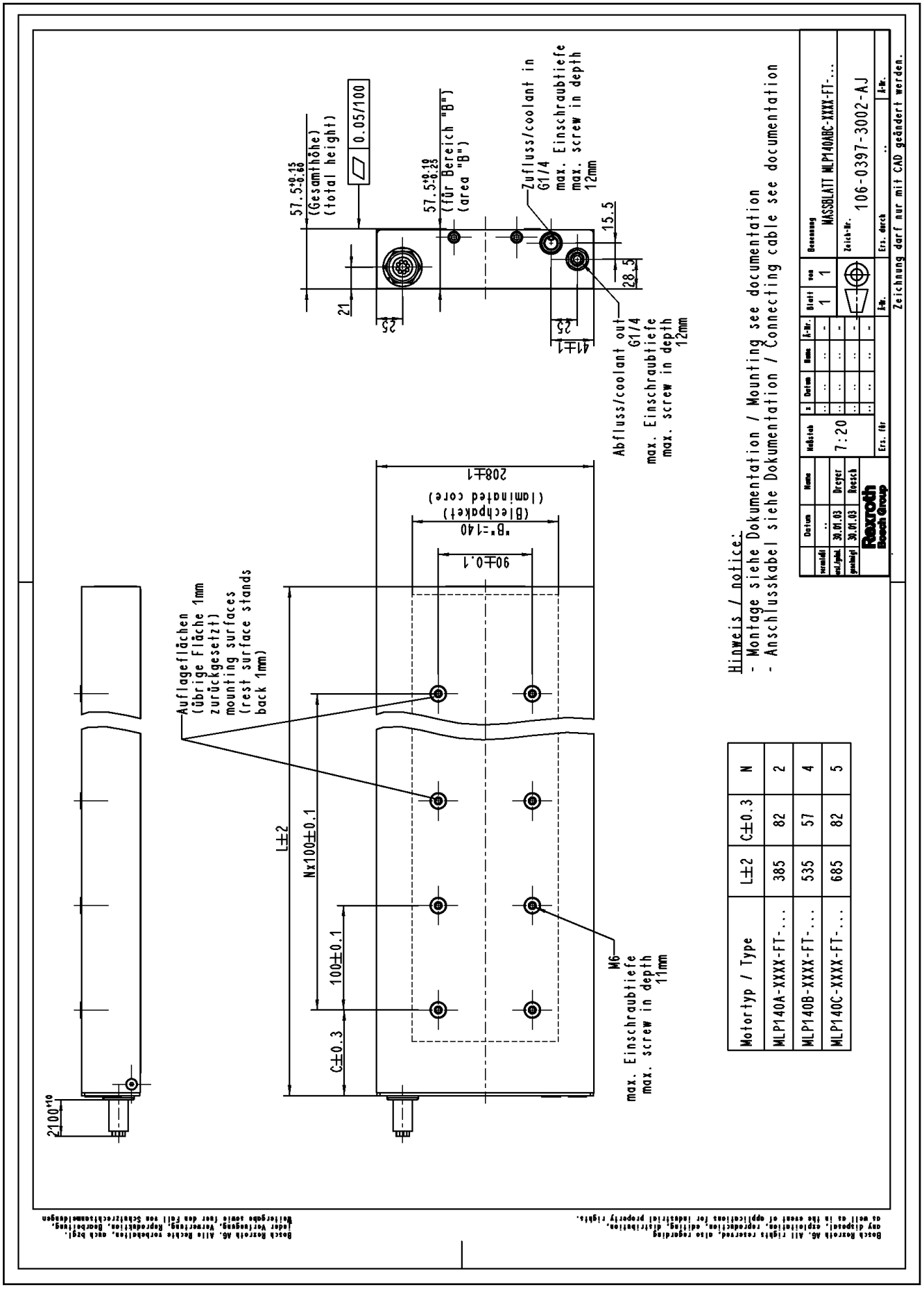


Abb. 5-18: Primärteil MLP140A/B/C mit Thermokapselung

5.8.6 Sekundärteil MLS140

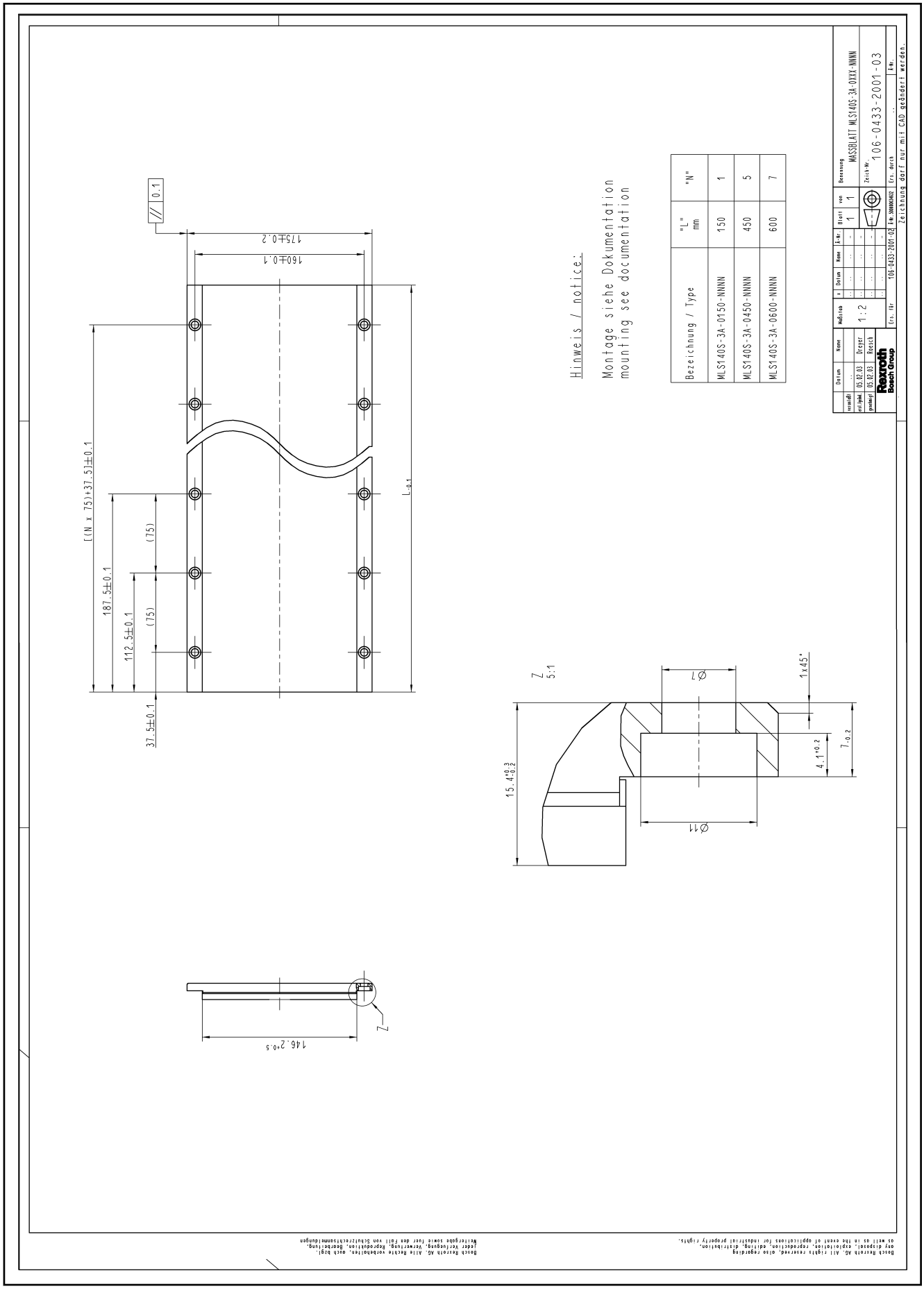
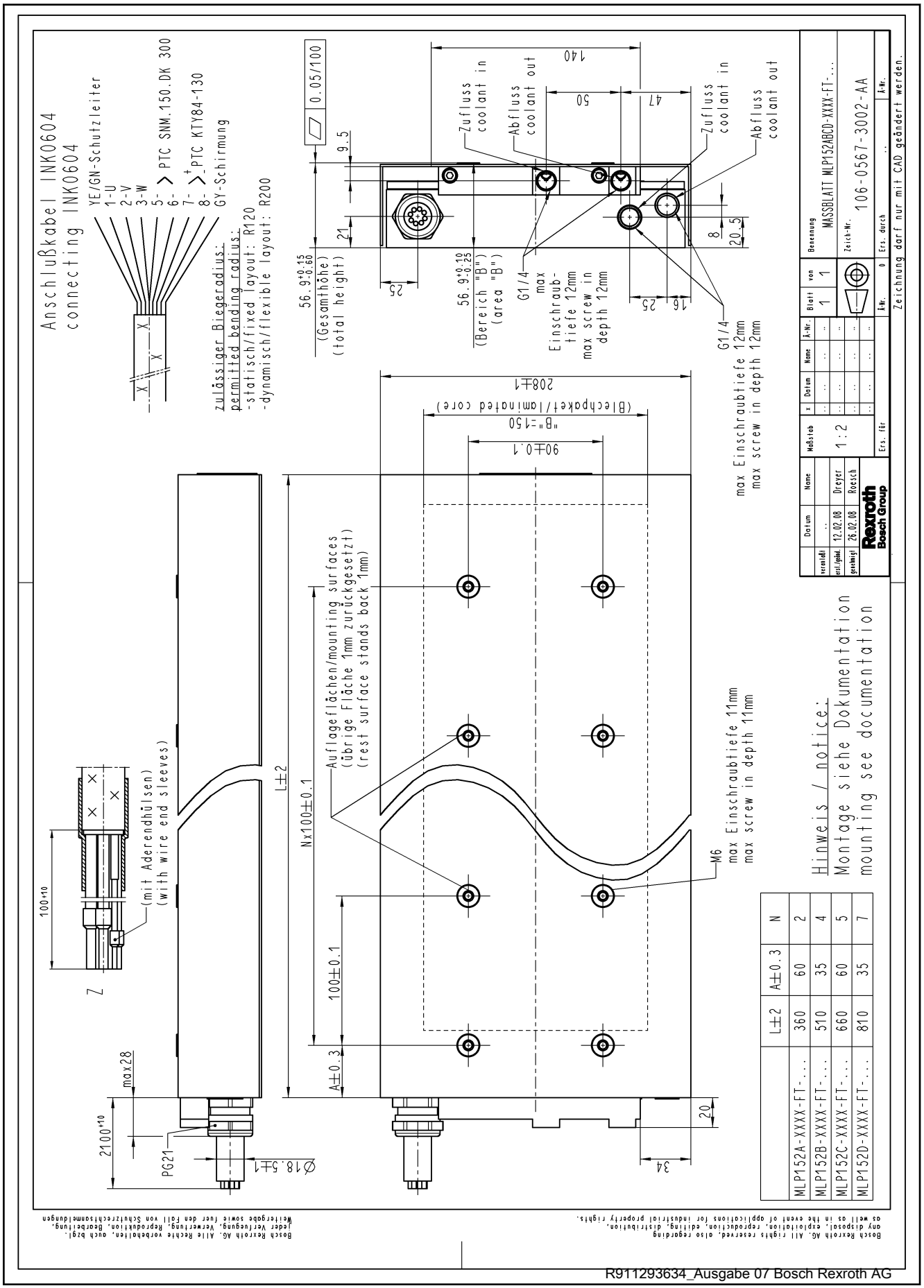


Abb. 5-19: Sekundärteil MLS140

5.9 Baugröße 152

5.9.1 Primärteil MLP152 mit Thermokapselung



	L±2	A±0.3	N
MLP152A-XXXX-FT-...	360	60	2
MLP152B-XXXX-FT-...	510	35	4
MLP152C-XXXX-FT-...	660	60	5
MLP152D-XXXX-FT-...	810	35	7

Abb. 5-20: Primärteil MLP152 mit Thermokapselung

5.9.2 Sekundärteil MLS152

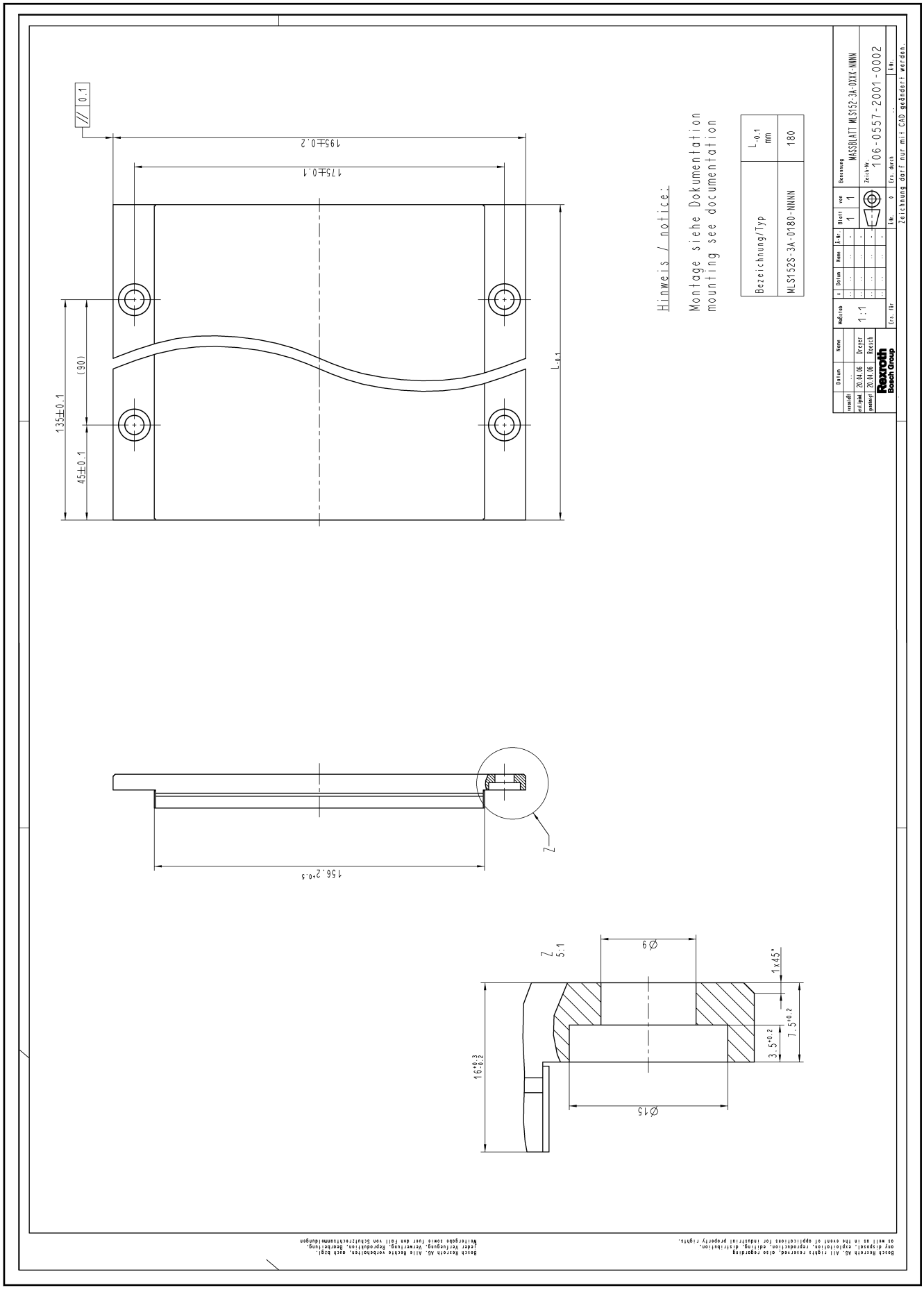


Abb. 5-21: Sekundärteil MLS152

5.10 Baugröße 200

5.10.1 Größe der Kabelverschraubung

Für Kabel mit einem Leistungsaderquerschnitt von 10 mm² (INK0605 und REL0110) wird eine größere Kabelverschraubung (M32) benötigt. Alle anderen Kabel haben eine kleinere Verschraubung (PG21). In allen Fällen werden die Verschraubungen bei der Thermokapselung vollständig abgedeckt. Somit ist lediglich die Standardkapselung durch die Störkontur der Verschraubungen betroffen. Welche Motorausführungen konkret betroffen sind, ist Tab. 8-1 "Anschlusskabel an Primärteilen MLP" auf Seite 166 zu entnehmen (s. dort in Spalte "Anschlusskabel" unter REL0110 (INK0605)).



Bitte beachten Sie, dass für Motoren mit Kabel mit einem Leistungsaderquerschnitt von 10 mm² (INK0605 und REL0110) eine größere Kabelverschraubung (M32) eingesetzt wird.

5.10.2 Primärteil MLP200, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt < 10 mm²

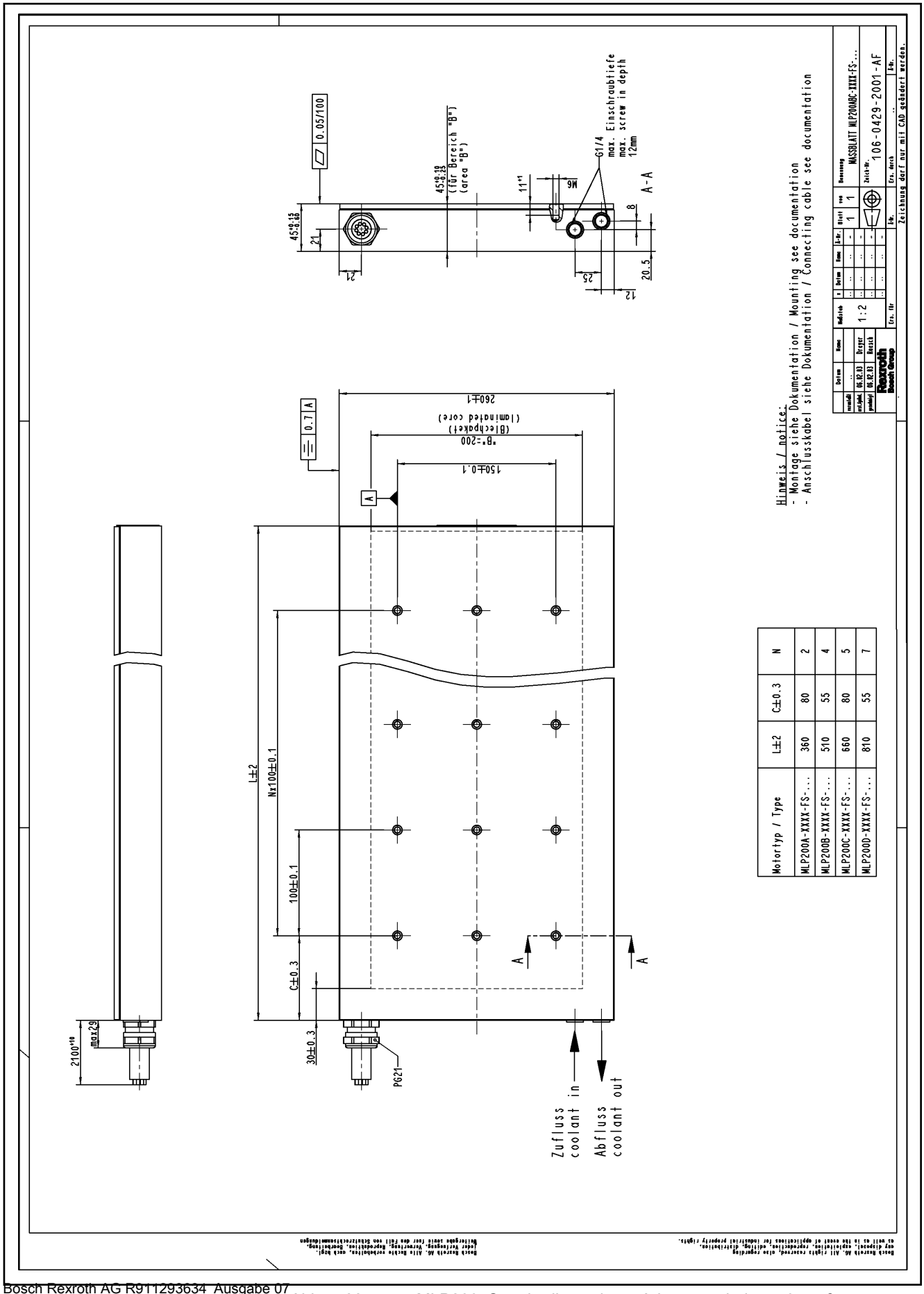
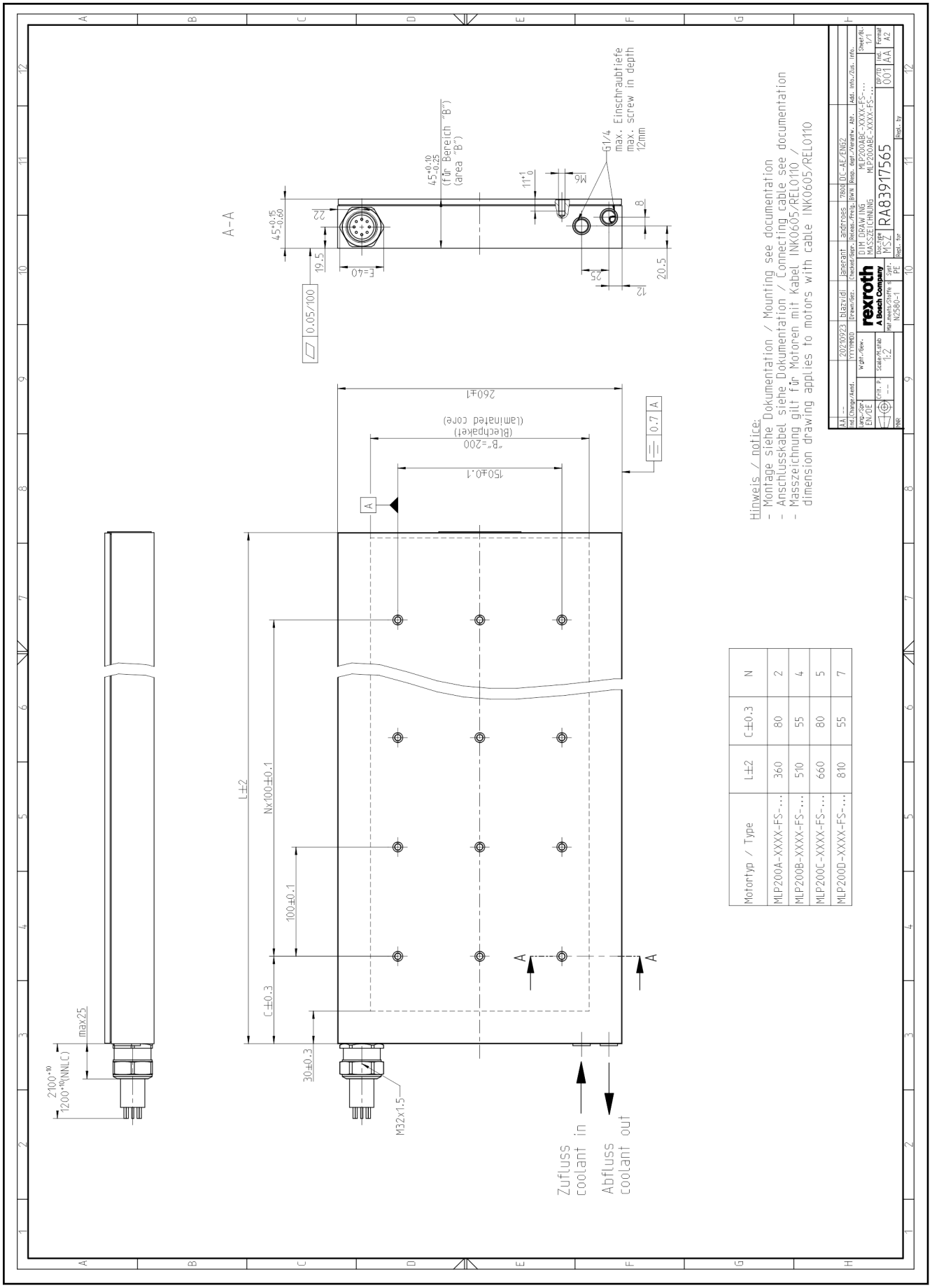


Abb. 5-22: MLP200, Standardkapselung, Aderquerschnitt < 10 mm²

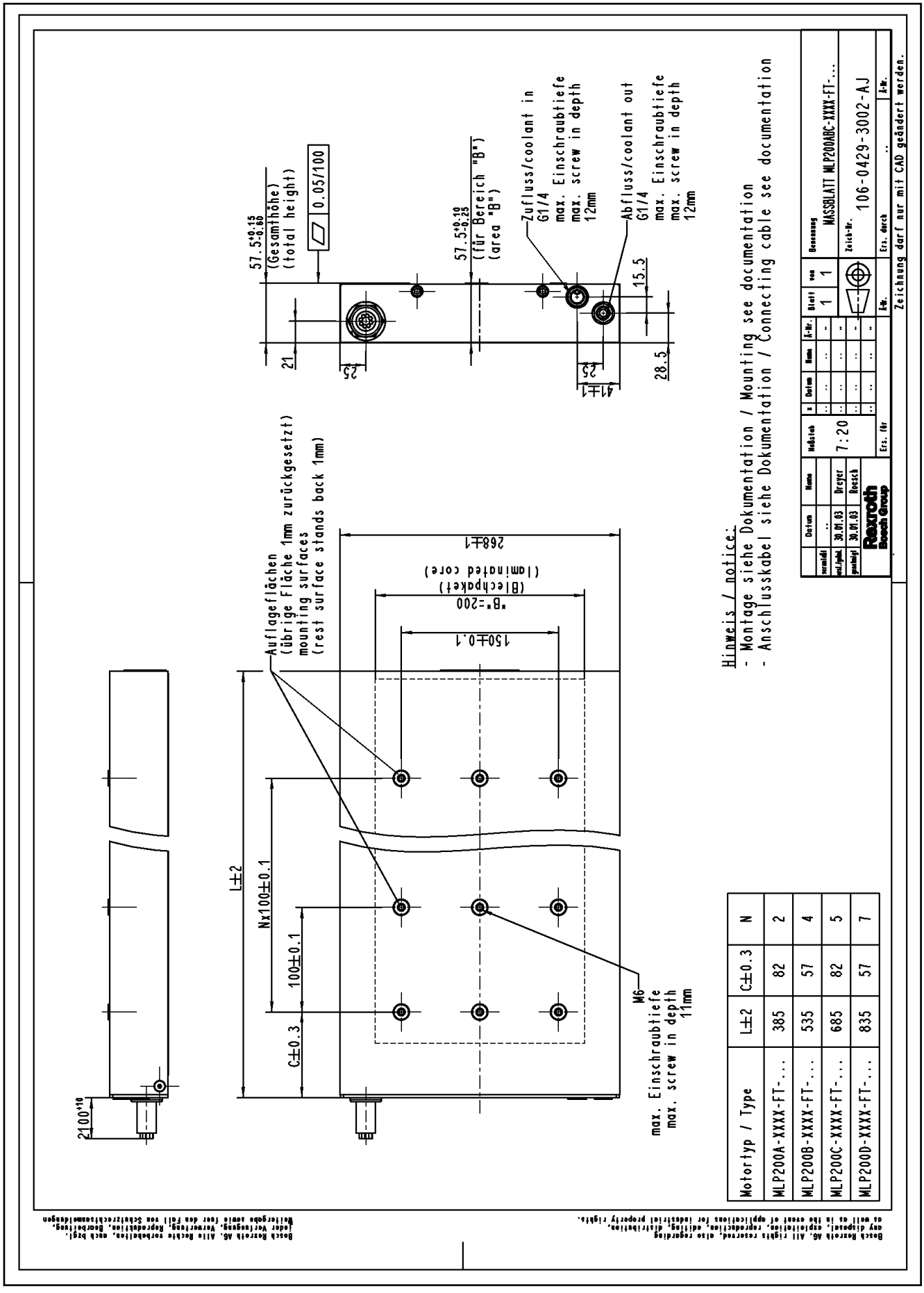
5.10.3 Primärteil MLP200, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt = 10 mm²



Motortyp / Type	L±2	C±0.3	N
MLP200A-XXXX-FS-...	360	80	2
MLP200B-XXXX-FS-...	510	55	4
MLP200C-XXXX-FS-...	660	80	5
MLP200D-XXXX-FS-...	810	55	7

Abb. 5-23: MLP200, Standardkapselung, Kabelquerschnitt = 10 mm²

5.10.4 Primärteil MLP200 mit Thermokapselung



Motortyp / Type	L±2	C±0.3	N
MLP200A-XXXX-FT-...	385	82	2
MLP200B-XXXX-FT-...	535	57	4
MLP200C-XXXX-FT-...	685	82	5
MLP200D-XXXX-FT-...	835	57	7

Bosch Rexroth AG. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.
Bosch Rexroth AG. Alle Rechte vorbehalten, auch bezüglich jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Abb. 5-24: Primärteil MLP200 mit Thermokapselung

5.10.5 Sekundärteil MLS200

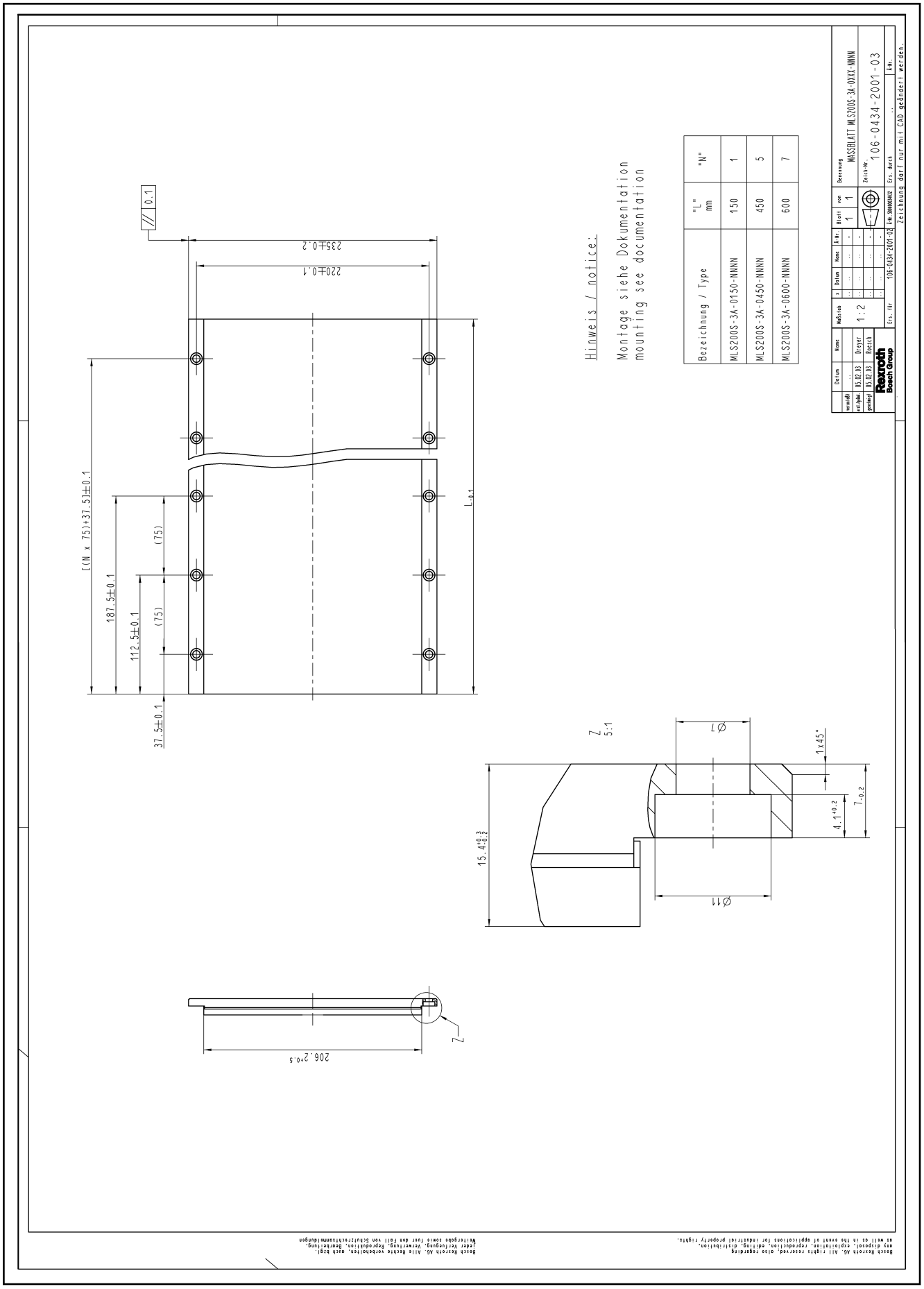


Abb. 5-25: Sekundärteil MLS200

5.11 Baugröße 202

5.11.1 Primärteil MLP202 mit Thermokapselung

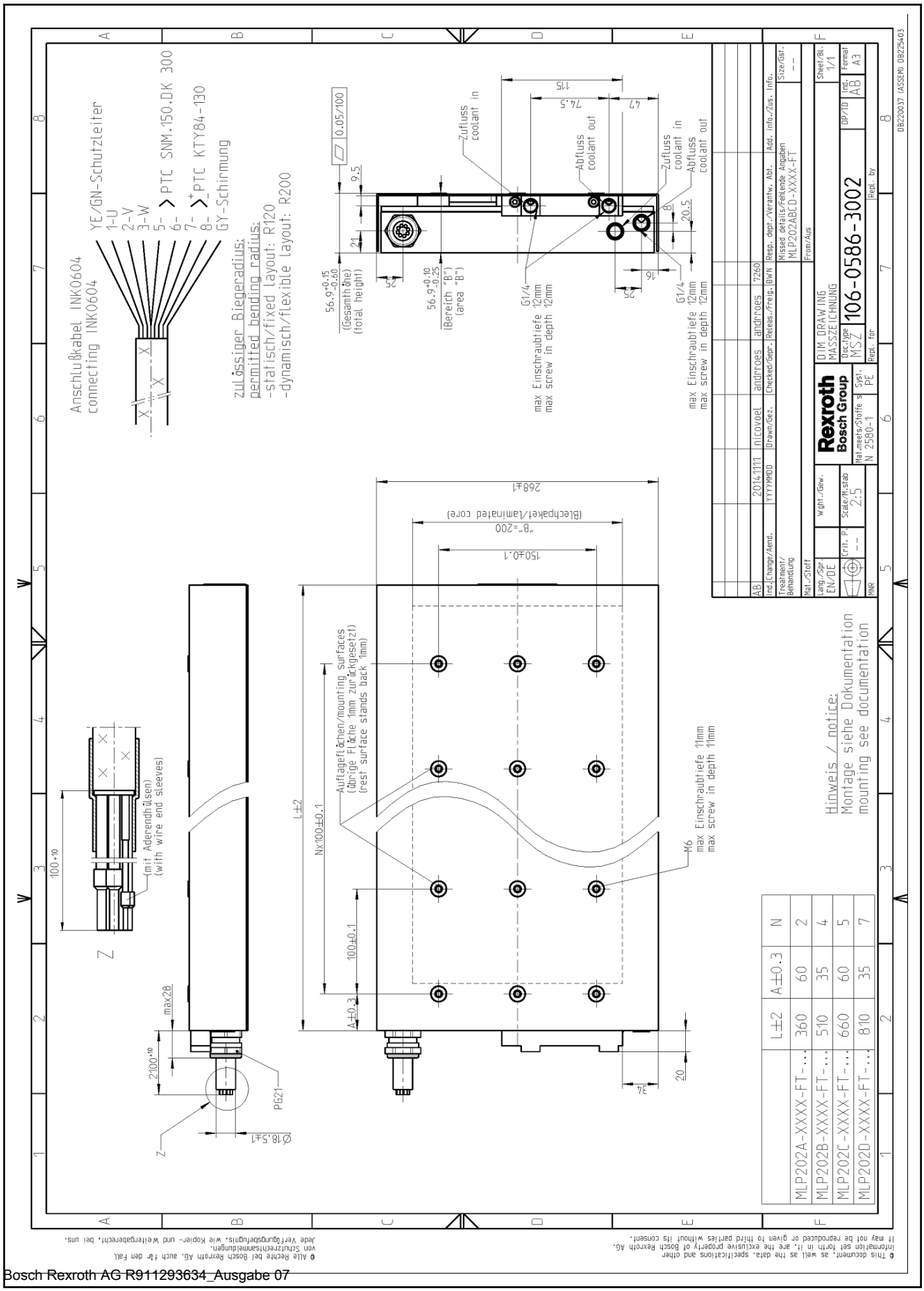


Abb. 5-26: Primärteil MLP202 mit Thermokapselung

5.11.2 Sekundärteil MLS202

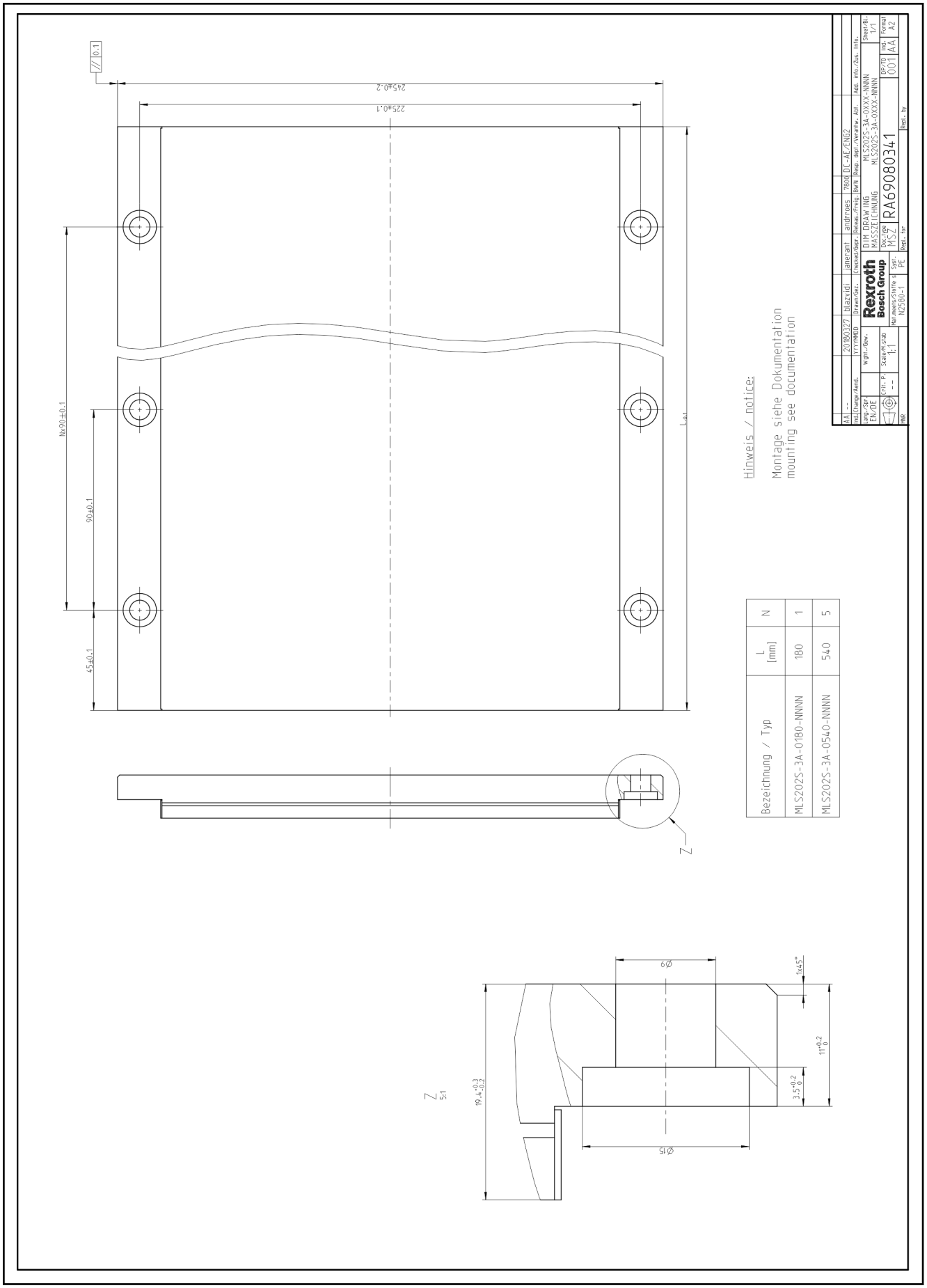


Abb. 5-27: Sekundärteil MLS202

5.12 Baugröße 300

5.12.1 Größe der Kabelverschraubung

Für Kabel mit einem Leistungsaderquerschnitt von 10 mm² (INK0605 und REL0110) wird eine größere Kabelverschraubung (M32) benötigt. Alle anderen Kabel haben eine kleinere Verschraubung (PG21). In allen Fällen werden die Verschraubungen bei der Thermokapselung vollständig abgedeckt. Somit ist lediglich die Standardkapselung durch die Störkontur der Verschraubungen betroffen. Welche Motorausführungen konkret betroffen sind, ist Tab. 8-1 "Anschlusskabel an Primärteilen MLP" auf Seite 166 zu entnehmen (s. dort in Spalte "Anschlusskabel" unter REL0110 (INK0605)).



Bitte beachten Sie, dass für Motoren mit Kabel mit einem Leistungsaderquerschnitt von 10 mm² (INK0605 und REL0110) eine größere Kabelverschraubung (M32) eingesetzt wird.

5.12.2 Primärteil MLP300, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt < 10 mm²

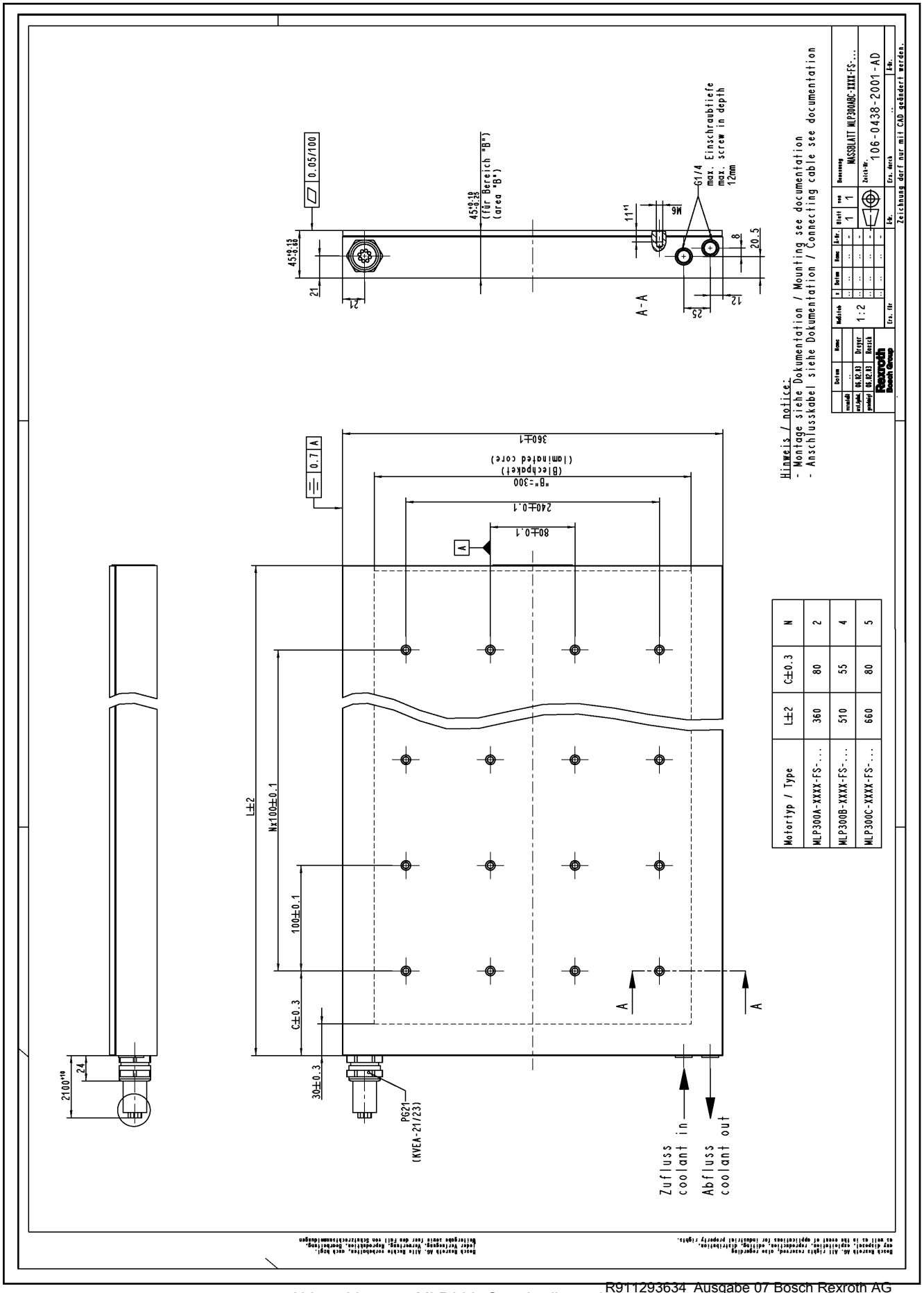
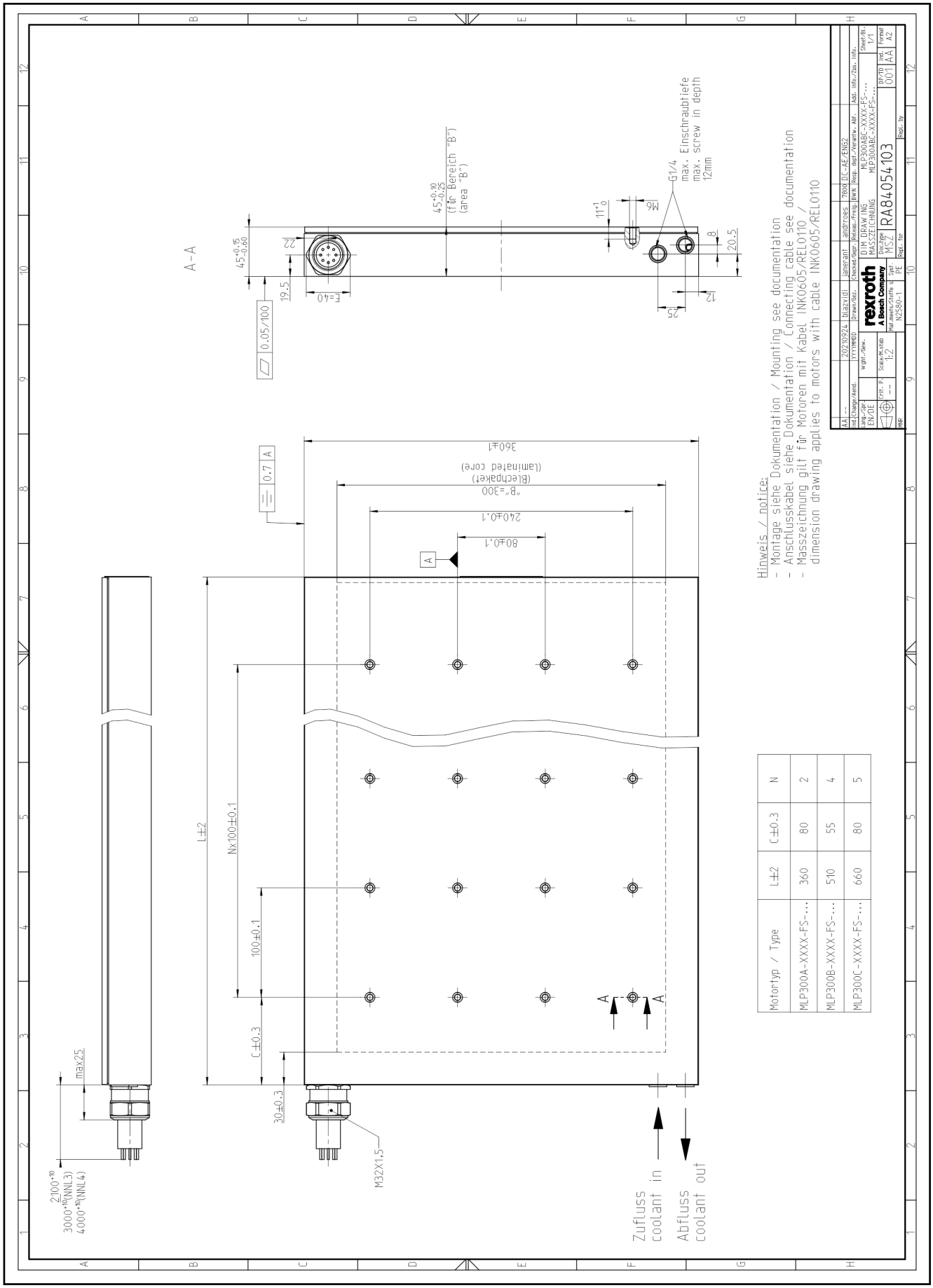


Abb. 5-28: MLP300, Standardkapselung, Aderquerschnitt < 10 mm²

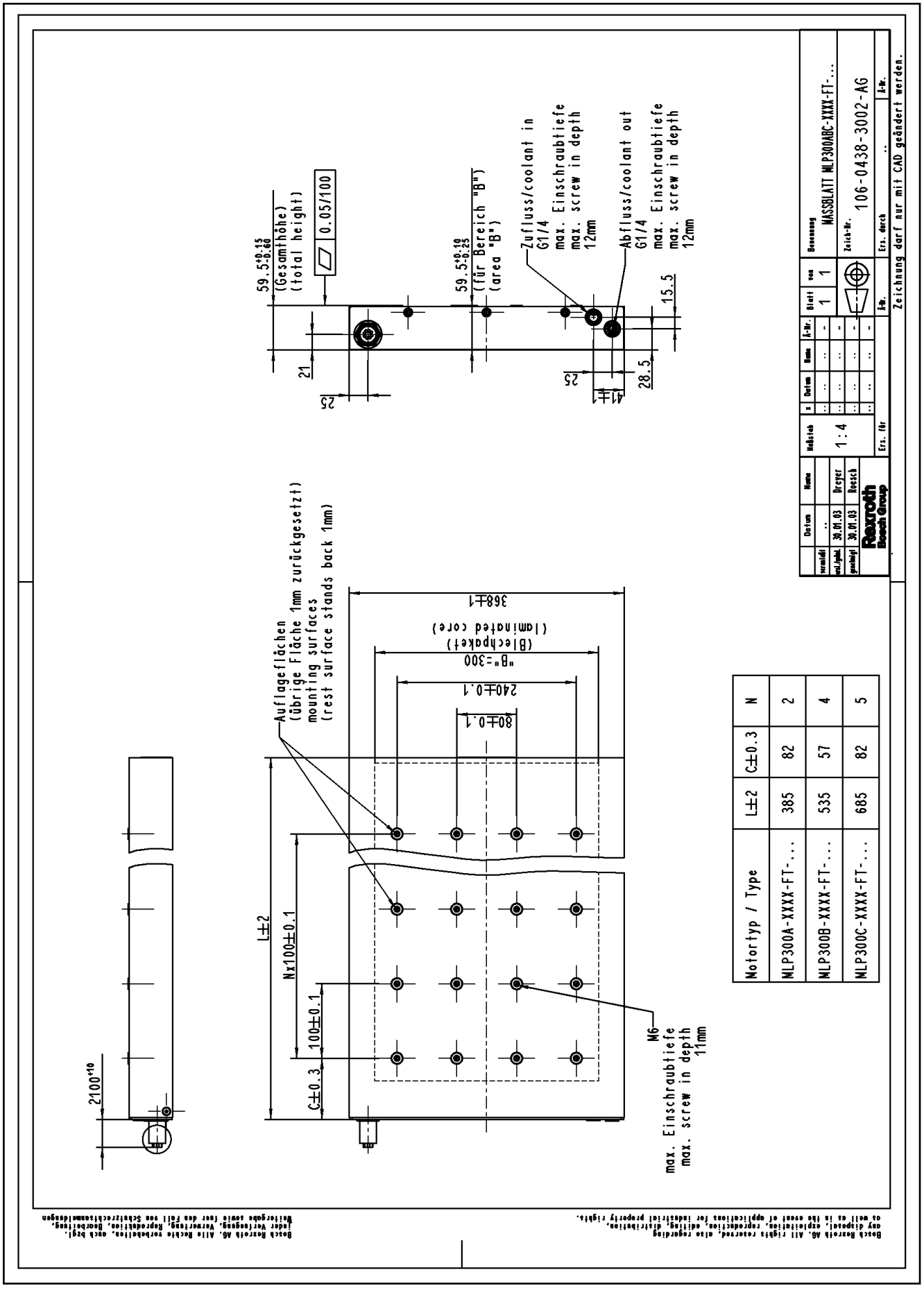
5.12.3 Primärteil MLP300, Standardkapselung, Kabel mit Leistungsaderquerschnitt = 10 mm²



Motortyp / Type	L±2	C±0.3	N
MLP300A-XXXX-FS-...	360	80	2
MLP300B-XXXX-FS-...	510	55	4
MLP300C-XXXX-FS-...	660	80	5

Abb. 5-29: MLP300, Standardkapselung, Aderquerschnitt = 10 mm²

5.12.4 Primärteil MLP300 mit Thermokapselung



Motortyp / Type	L±2	C±0.3	N
MLP300A-XXXX-FT-...	385	82	2
MLP300B-XXXX-FT-...	535	57	4
MLP300C-XXXX-FT-...	685	82	5

Abb. 5-30: Primärteil MLP300 mit Thermokapselung

5.12.5 Sekundärteil MLS300

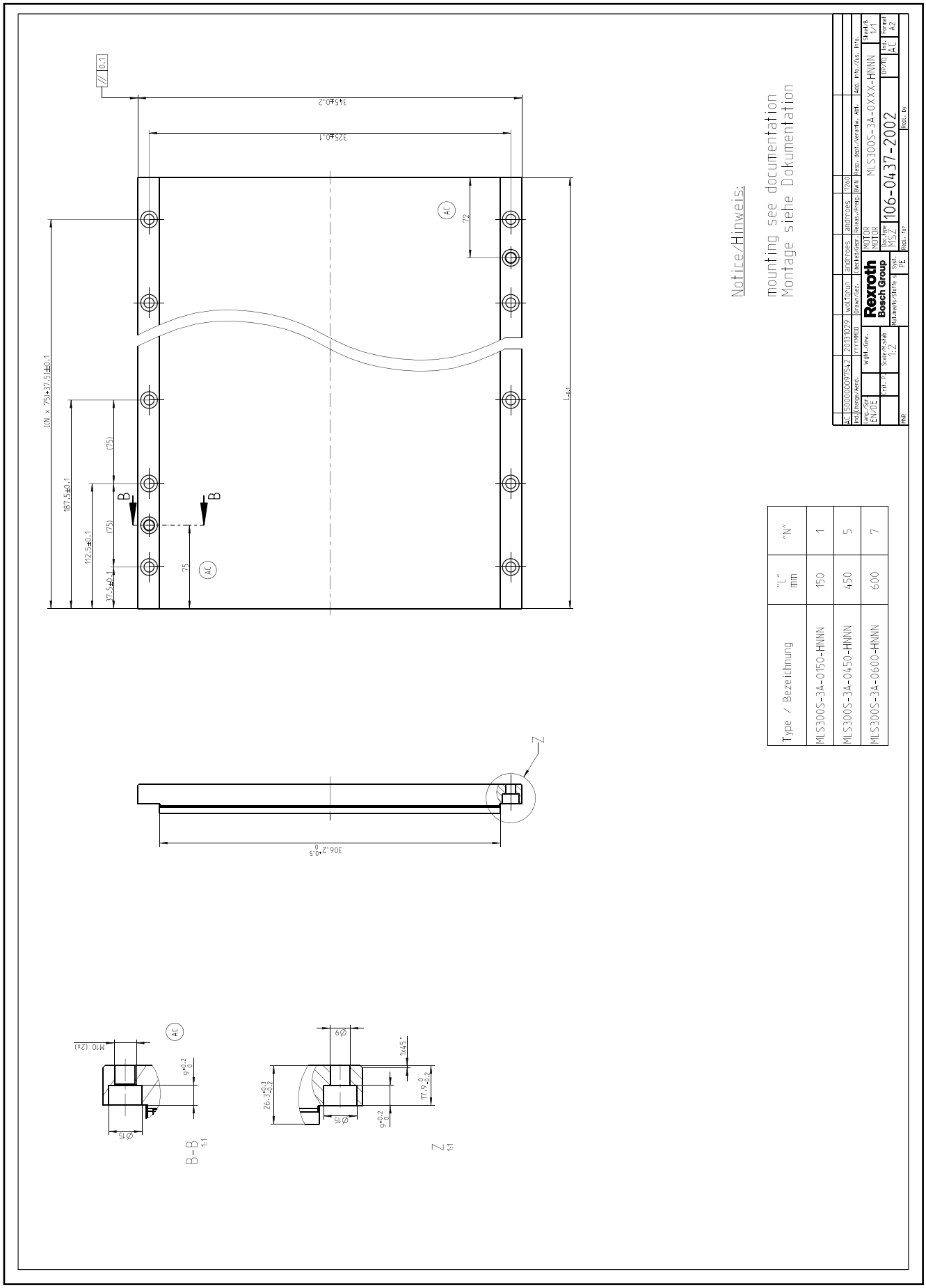


Abb. 5-31: Sekundärteil MLS300

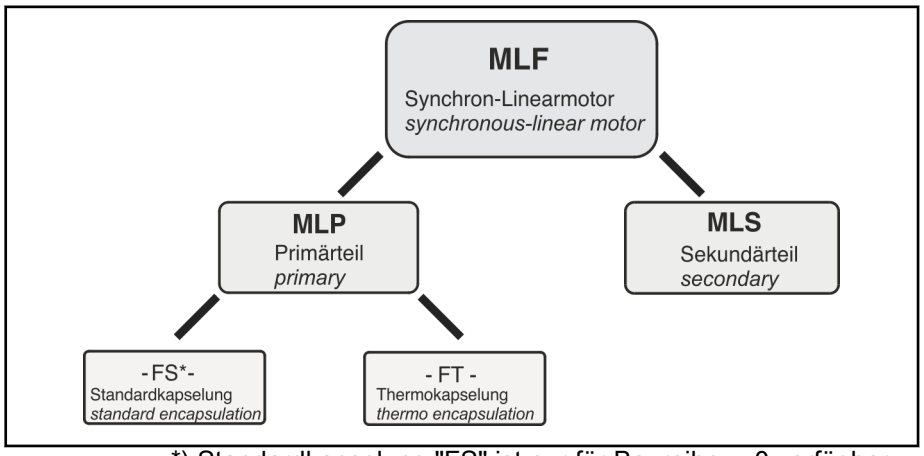
6 Produktinformation

6.1 Typenschlüssel

6.1.1 Allgemeines

Der Typenschlüssel beschreibt die lieferbaren Motorvarianten und ist die Grundlage für die Produktauswahl und -bestellung bei Bosch Rexroth. Dies gilt sowohl für Neuware als auch für Ersatzteile und Reparaturen.

MLF ist die übergreifende Produktbezeichnung für Synchron-Linearmotoren. Diese Bezeichnung beschreibt das Gesamtsystem bestehend aus Primär- und Sekundärteil. Da Linearmotoren Bausatzmotoren sind, erhalten Primär- und Sekundärteil eine zusätzliche eindeutige definierte Kurzbezeichnung:



*) Standardkapselung "FS" ist nur für Baureihe xx0 verfügbar

Abb. 6-1: MLF Kurzbezeichnungen

In den beiden nachfolgenden Abbildungen ist anhand eines beispielhaften Motors der Typenschlüssel für Primär- und Sekundärteil aufgeführt, mit welchem eine exakte Festlegung der Einzelkomponenten (z. B. bei Bestellungen) möglich ist.

Die dazugehörigen Beschreibungen geben einen Überblick über die einzelnen Stellen der Typenschlüssel ("Kurztext-Spalte") und deren Bedeutung.

6.1.2 Typenschlüssel Primärteil MLP

Allgemeines

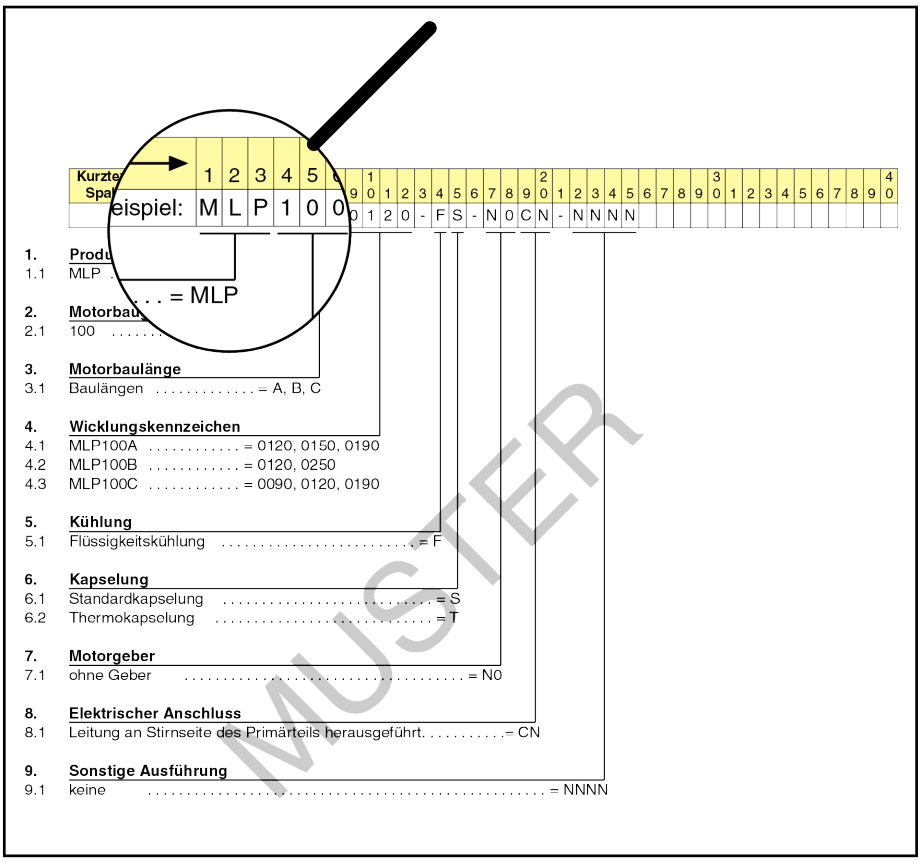


Abb. 6-2: Beispiel - Typenschlüssel Primärteil MLP100

Baugruppe MLP

Kurztext-Spalte 1 2 3 **MLP** ist die Benennung der Baugruppe Primärteil eines MLF-Motors.

Motorbaugröße

Kurztext-Spalte 4 5 6 Die Motorbaugröße leitet sich aus der aktiven Magnetbreite des Sekundärteils ab und steht stellvertretend für unterschiedliche Leistungsgrößen.

Motorbaulänge

Kurztext-Spalte 7 Innerhalb einer Baureihe erfolgt die Abstufung zunehmender Motorbaulänge durch Kennbuchstaben.

Baulängen sind z. B. **A**, **B** oder **C**.

Wicklungskennzeichen

Kurztext-Spalte 9 10 11 12 Die Ziffern des Wicklungskennzeichen beschreiben gleichzeitig die erreichbare Maximalgeschwindigkeit F_{max} in m/min.

Kühlung

Kurztext-Spalte 14 Primärteile der MLF-Motoren sind für den Betrieb mit **Wasserkühlung** ausgestattet und somit nur mit Kühlart Wasserkühlung erhältlich.

Kapselung

Kurztext-Spalte 15

- **S = Standardkapselung:** Edelstahlkapselung mit einer in den Motorrücken integrierten Flüssigkeitskühlung zur Abfuhr der Verlustwärme.
- **T = Thermokapselung:** Edelstahlkapselung mit zusätzlicher Flüssigkeitskühlung an Motorrücken und Wärmeleitblechen zur optimalen thermischen Entkopplung zur Maschinenkonstruktion.

Motorgeber

Kurztext-Spalte 17 18

Das erforderliche Längenmesssystem ist nicht Bestandteil des Lieferumfangs von Bosch Rexroth und ist vom Maschinenhersteller selbst bereitzustellen und einzubauen..

Elektrischer Anschluss

Kurztext-Spalte 19 20

Primärteile von Synchron-Linearmotoren MLF sind mit einem hochflexiblen und gesamtgeschirmten Anschlusskabel versehen. Dieses Anschlusskabel wird stirnseitig aus dem Primärteil ausgeführt und ist fest mit diesem verbunden.

Sonstige Ausführungen

Kurztext-Spalte 22 23 24 25

Diese Felder sind nicht belegt.

6.1.3 Typenschlüssel Sekundärteil MLS

Allgemeines

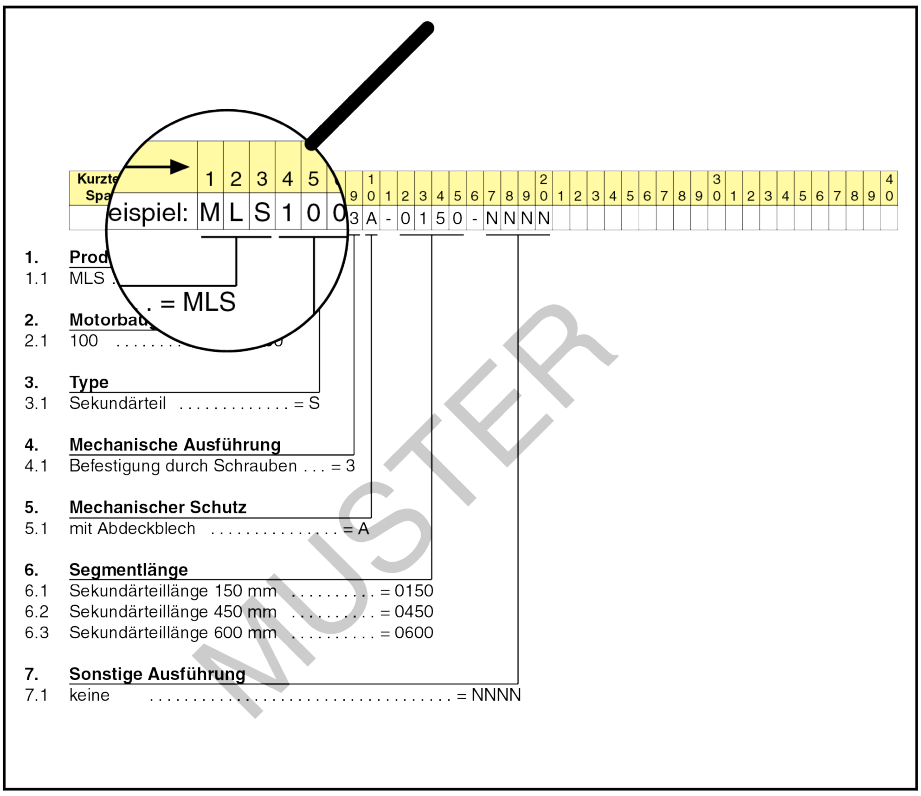


Abb. 6-3: Beispiel - Typenschlüssel Sekundärteil MLS100

Baugruppe MLS

Kurztext-Spalte 1 2 3 **MLS** ist die Benennung der Baugruppe Sekundärteil eines MLF-Motors.

Motorbaugröße

Kurztext-Spalte 4 5 6 Die Motorbaugröße leitet sich aus der aktiven Magnetbreite des Sekundärteils ab und steht stellvertretend für unterschiedliche Leistungsgrößen.

Type

Kurztext-Spalte 7 **S** = Sekundärteil

Mechanische Ausführung

Kurztext-Spalte 9 Die Ziffer **3** steht stellvertretend für die Befestigung des Sekundärteils mit Schrauben mittels Befestigungsbohrungen längs entlang der Außenkante des Sekundärteils.

Mechanischer Schutz

Kurztext-Spalte 10 Um bestmögliche Betriebszuverlässigkeit zu gewährleisten, werden die Permanentmagnete des Sekundärteils generell gegen Korrosion, die Einwirkung äußerer Einflüsse (wie z. B. Wasser und Staub) sowie gegen mechanische Beschädigungen durch ein fest integriertes rostfreies Abdeckblech geschützt.

Segmentlänge

Kurztext-Spalte 12 13 14 15 Die Länge der Sekundärteile wird in mm als 4-stellige Zahl mit führender "0" angegeben, z. B. "0150" --> 150 mm.

Sonstige Ausführung

Kurztext-Spalte 17 18 19 20

NNNN = Diese Felder sind nicht belegt.

HNNN = Grundträger verstärkt (nur bei MLS300)

6.1.4 Baugröße 040

MLP040

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	P	0	4	0	A	-	0	3	0	0	-	F	S	-	N	0	C	N	-	N	N	N	N															

1. Produkt
1.1 MLP. . . . . = MLP

2. Motorbaugröße
2.1 040 . . . . . = 040

3. Motorbaulänge
3.1 Baulängen. . . . . = A, B

4. Wicklungskennzeichen
4.1 MLP040A . . . . . = 0300
4.2 MLP040B . . . . . = 0150, 0250, 0300

5. Kühlung
5.1 Flüssigkeitskühlung . . . . . = F

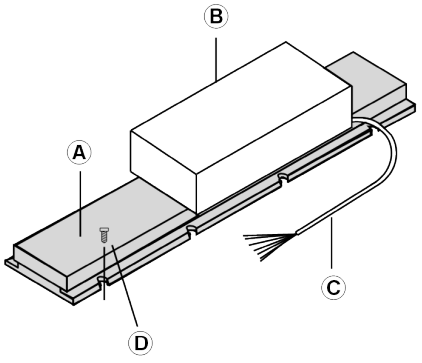
6. Kapselung
6.1 Standardkapselung. . . . . = S
6.2 Thermokapselung. . . . . = T

7. Motorgeber
7.1 ohne Geber. . . . . = N0

8. Elektrischer Anschluss
8.1 Leitung an Stirnseite des Primärteils herausgeführt . . . = CN

9. Sonstige Ausführung
9.1 keine . . . . . = NNNN

Bildbeispiel: MLP040



Ⓐ Sekundärteil MLS
Ⓑ Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
Ⓒ Elektrischer Anschluss
Ⓓ Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-4: Typenschlüssel Primärteil MLP040

MLS040

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	S	0	4	0	S	-	3	A	-	0	1	5	0	-	N	N	N	N																						

1. Produkt
1.1 MLS . . . . . = MLS

2. Motorbaugröße
2.1 040 . . . . . = 040

3. Type
3.1 Sekundärteil . . . . . = S

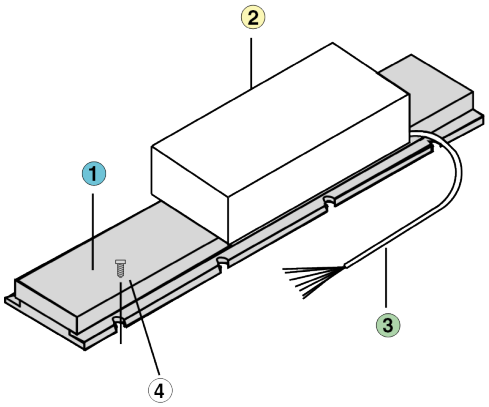
4. Mechanische Ausführung
4.1 Befestigung durch Schrauben . . . = 3

5. Mechanischer Schutz
5.1 mit Abdeckblech . . . . . = A

6. Segmentlänge
6.1 Sekundärteillänge 150 mm . . . . . = 0150
6.2 Sekundärteillänge 450 mm . . . . . = 0450
6.3 Sekundärteillänge 600 mm . . . . . = 0600

7. Sonstige Ausführung
7.1 keine . . . . . = NNNN

Bildbeispiel: MLS040



1 Sekundärteil MLS
2 Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
3 Leistungsanschluss
4 Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-5: Typenschlüssel Sekundärteil MLS040

6.1.5 Baugröße 052

MLP052

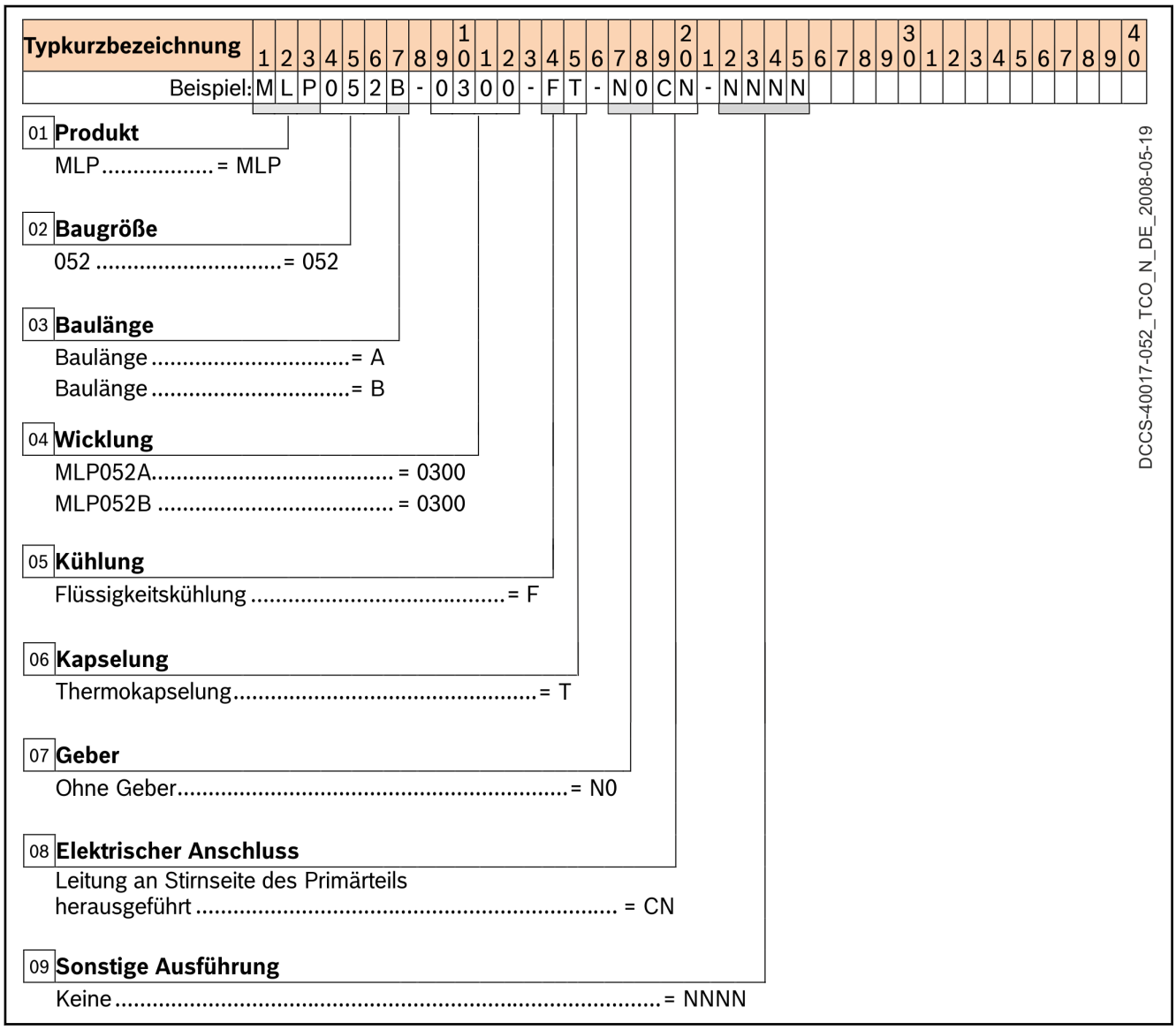


Abb. 6-6: Typenschlüssel Primärteil MLP052

MLS052

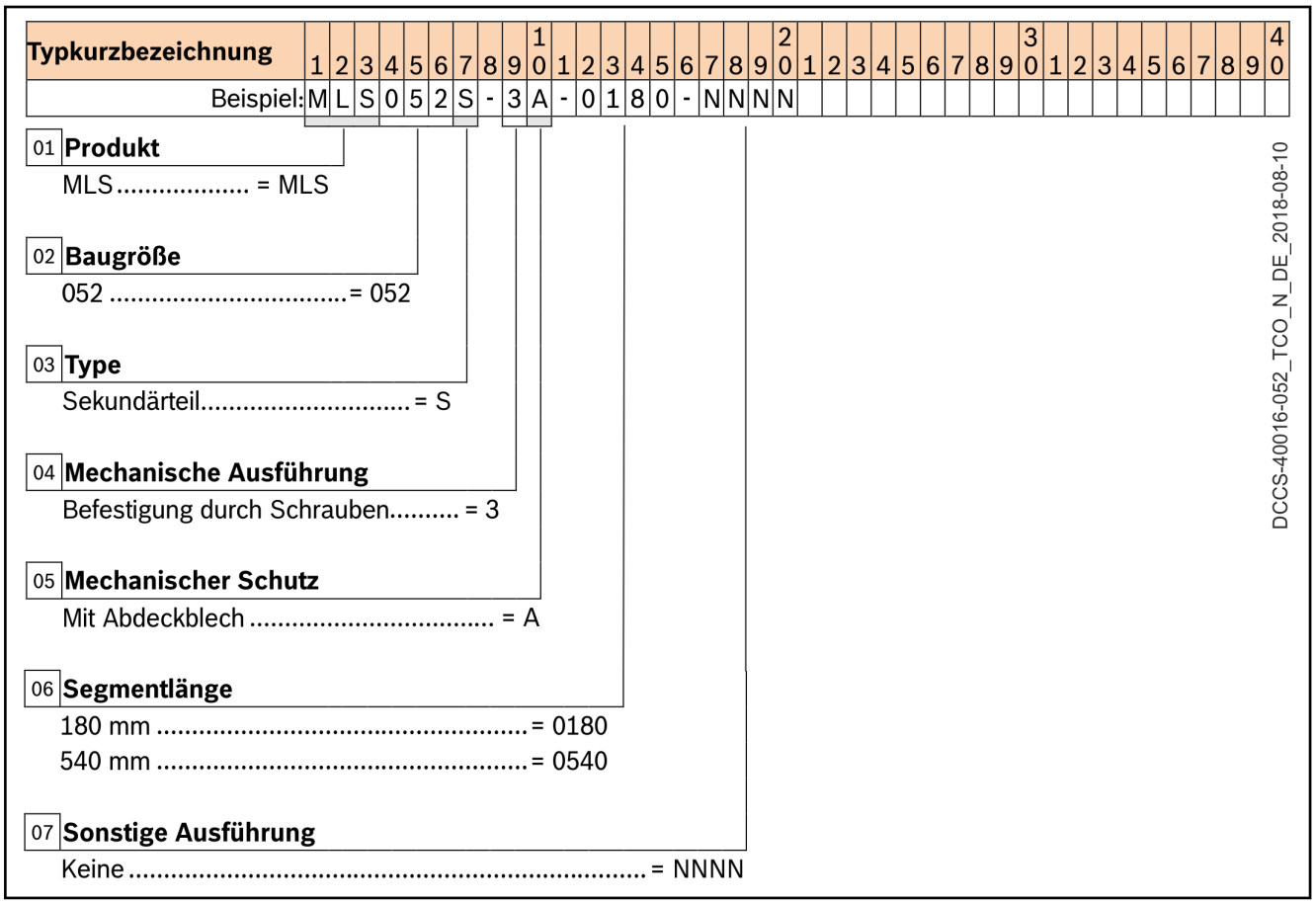


Abb. 6-7: Typenschlüssel Sekundärteil MLS052

6.1.6 Baugröße 070

MLP070

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	P	0	7	0	A	-	0	3	0	0	-	F	T	-	N	0	C	N	-	N	N	N	N															

1. Produkt
1.1 MLP . . . . . = MLP

2. Motorbaugröße
2.1 070 . . . . . = 070

3. Motorbaulänge
3.1 Baulängen . . . . . = A, B, C

4. Wicklungskennzeichen
4.1 MLP070A = 0150, 0220, 0300
4.2 MLP070B = 0100, 0120, 0150, 0250, 0300
4.3 MLP070C = 0030, 0120, 0150, 0240, 0300

5. Kühlung
5.1 Flüssigkeitskühlung . . . . . = F

6. Kapselung
6.1 Standardkapselung . . . . . = S
6.2 Thermokapselung . . . . . = T

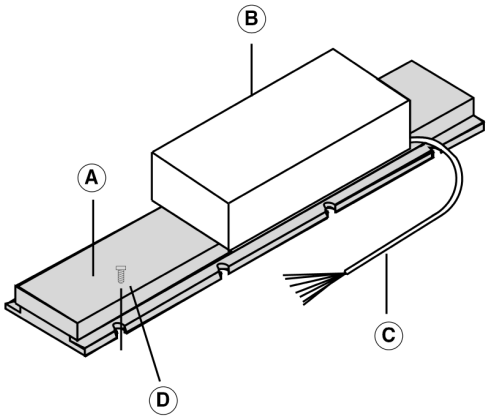
7. Motorgeber
7.1 ohne Geber . . . . . = N0

8. Elektrischer Anschluss
8.1 Leitung an Stirnseite des Primärteils herausgeführt. . . . . = CN

9. Sonstige Ausführung
9.1 keine . . . . . = NNNN

ZN-40017-070_NOR_N_DE_2012-02-03

Bildbeispiel: MLP070



Ⓐ Sekundärteil MLS
Ⓑ Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
Ⓒ Elektrischer Anschluss
Ⓓ Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-8: Typenschlüssel Primärteil MLP070

MLS070

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	40
Beispiel:	M	L	S	0	7	0	S	-	3	A	-	0	1	5	0	-	N	N	N	N																					

1. Produkt
1.1 MLS . . . . . = MLS

2. Motorbaugröße
2.1 070 . . . . . = 070

3. Type
3.1 Sekundärteil . . . . . = S

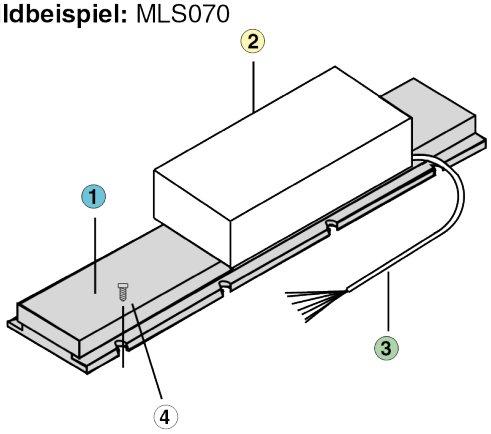
4. Mechanische Ausführung
4.1 Befestigung durch Schrauben . . . = 3

5. Mechanischer Schutz
5.1 mit Abdeckblech . . . . . = A

6. Segmentlänge
6.1 Sekundärteillänge 150 mm . . . . . = 0150
6.2 Sekundärteillänge 450 mm . . . . . = 0450
6.3 Sekundärteillänge 600 mm . . . . . = 0600

7. Sonstige Ausführung
7.1 keine . . . . . = NNNN

Bildbeispiel: MLS070



1 Sekundärteil MLS
2 Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
3 Leistungsanschluss
4 Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-9: Typenschlüssel Sekundärteil MLS070

6.1.7 Baugröße 100

MLP100

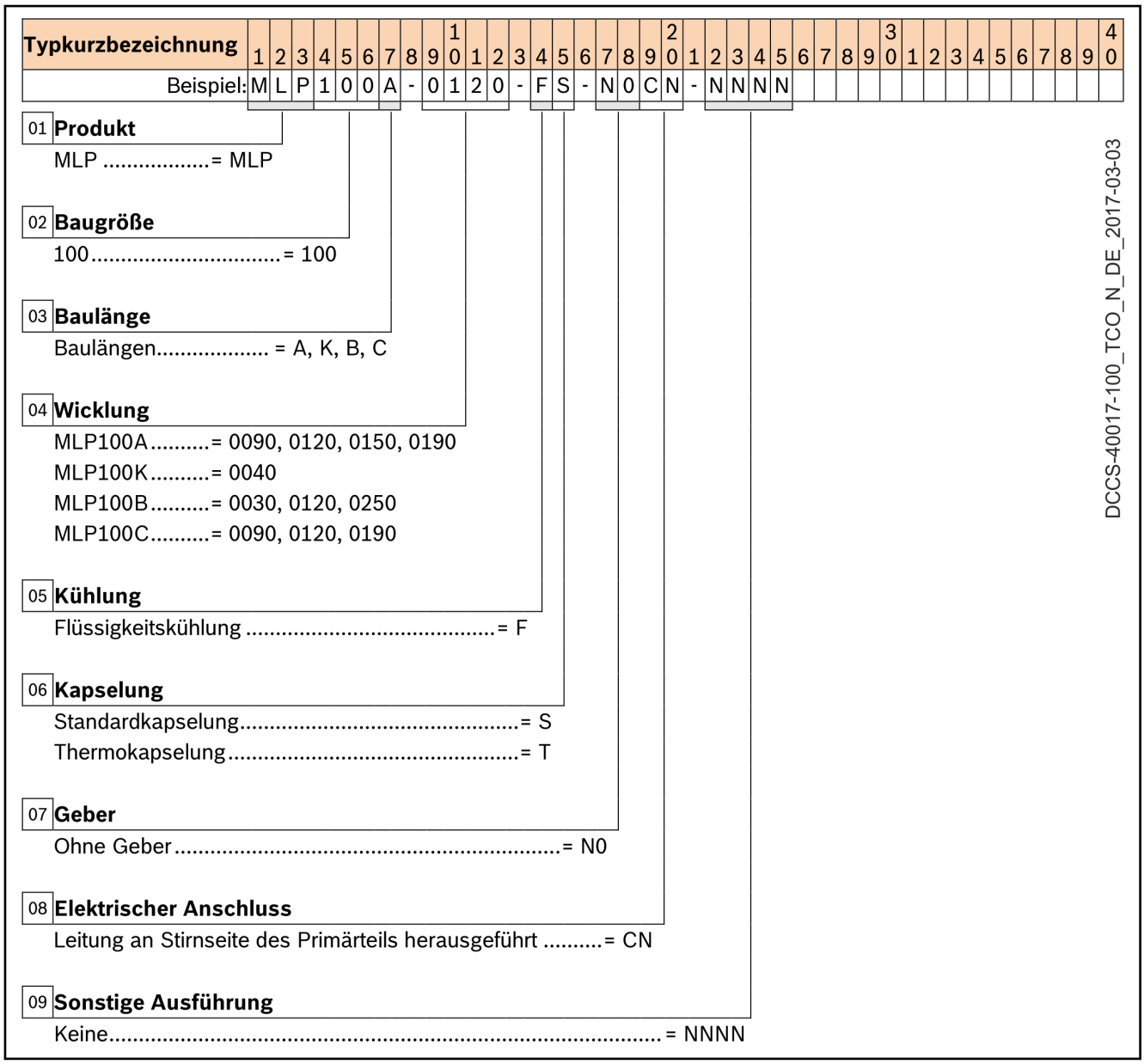


Abb. 6-10: Typenschlüssel Primärteil MLP100

MLS100

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	S	1	0	0	S	-	3	A	-	0	1	5	0	-	N	N	N	N																						

1. Produkt
1.1 MLS . . . . . = MLS

2. Motorbaugröße
2.1 100 . . . . . = 100

3. Type
3.1 Sekundärteil . . . . . = S

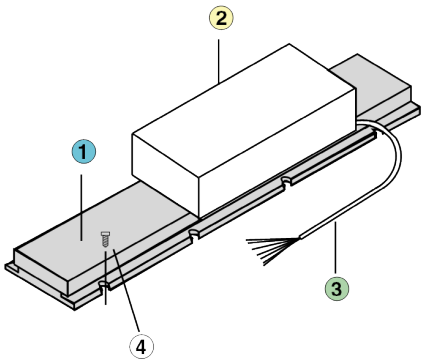
4. Mechanische Ausführung
4.1 Befestigung durch Schrauben . . . = 3

5. Mechanischer Schutz
5.1 mit Abdeckblech . . . . . = A

6. Segmentlänge
6.1 Sekundärteillänge 150 mm . . . . . = 0150
6.2 Sekundärteillänge 450 mm . . . . . = 0450
6.3 Sekundärteillänge 600 mm . . . . . = 0600

7. Sonstige Ausführung
7.1 keine . . . . . = NNNN

Bildbeispiel: MLS100



1 Sekundärteil MLS
2 Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
3 Leistungsanschluss
4 Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-11: Typenschlüssel Sekundärteil MLS100

6.1.8 Baugröße 102

MLP102

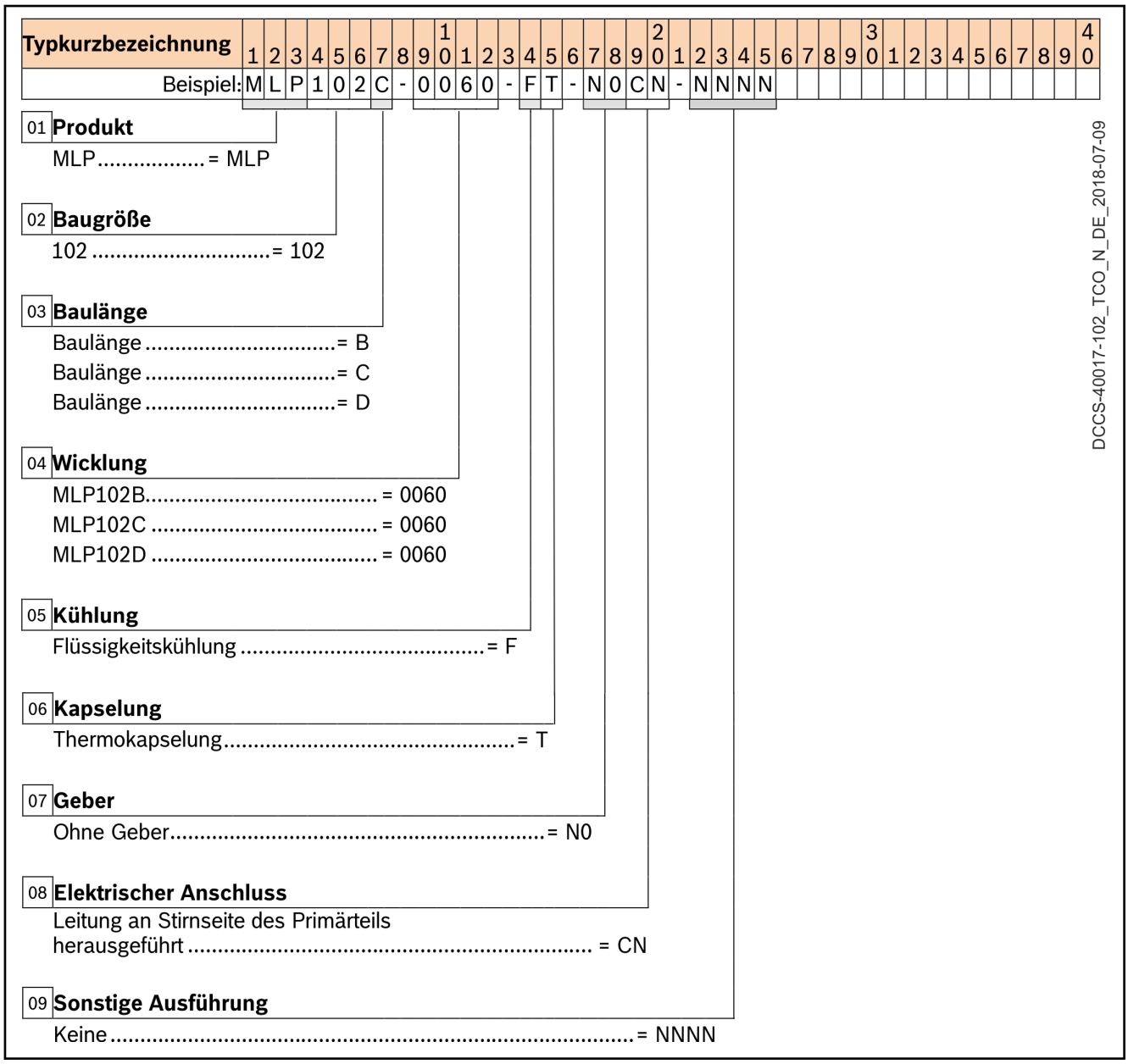


Abb. 6-12: Typenschlüssel Primärteil MLP102

MLS102

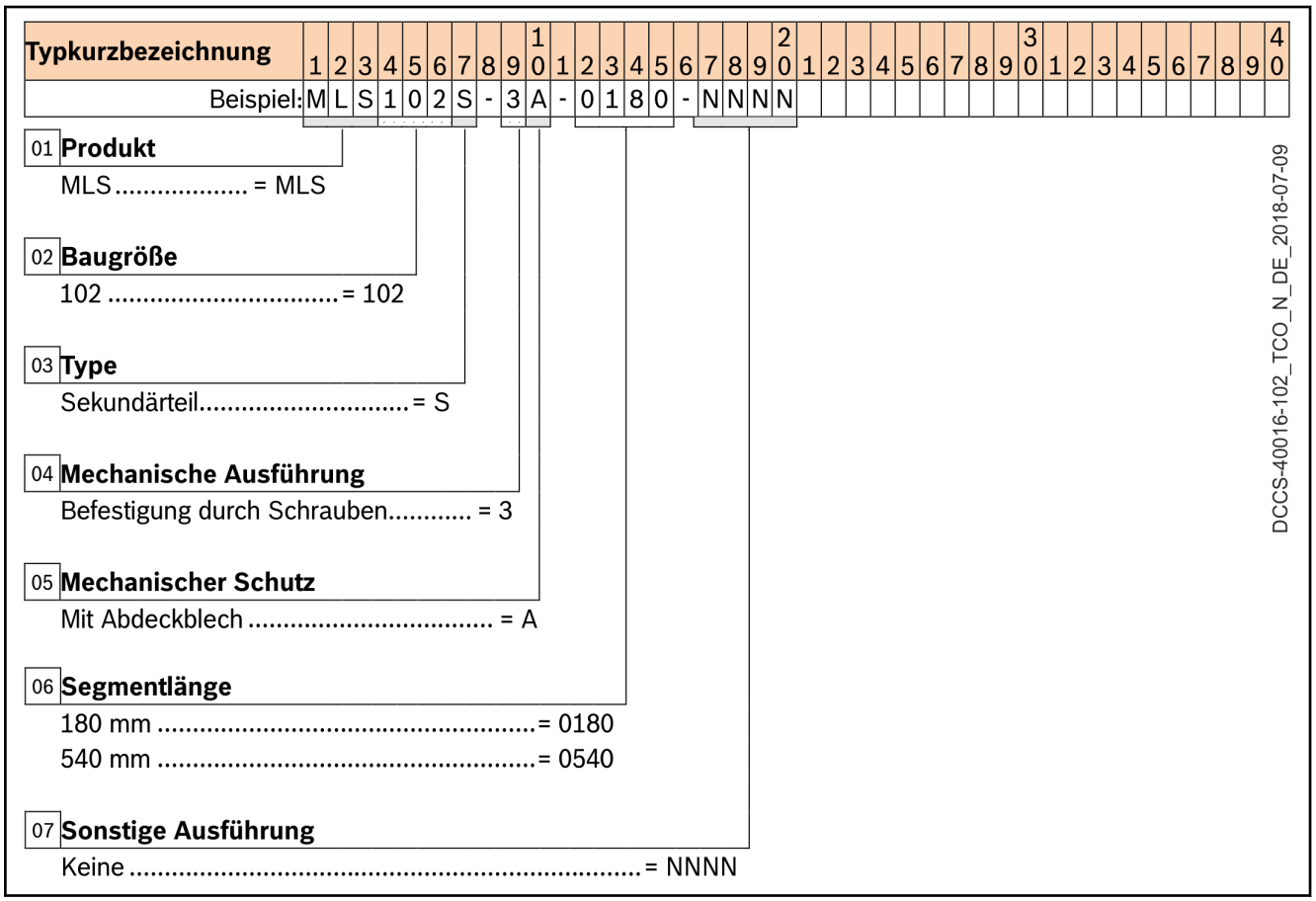


Abb. 6-13: Typenschlüssel Sekundärteil MLS102

6.1.9 Baugröße 140

MLP140

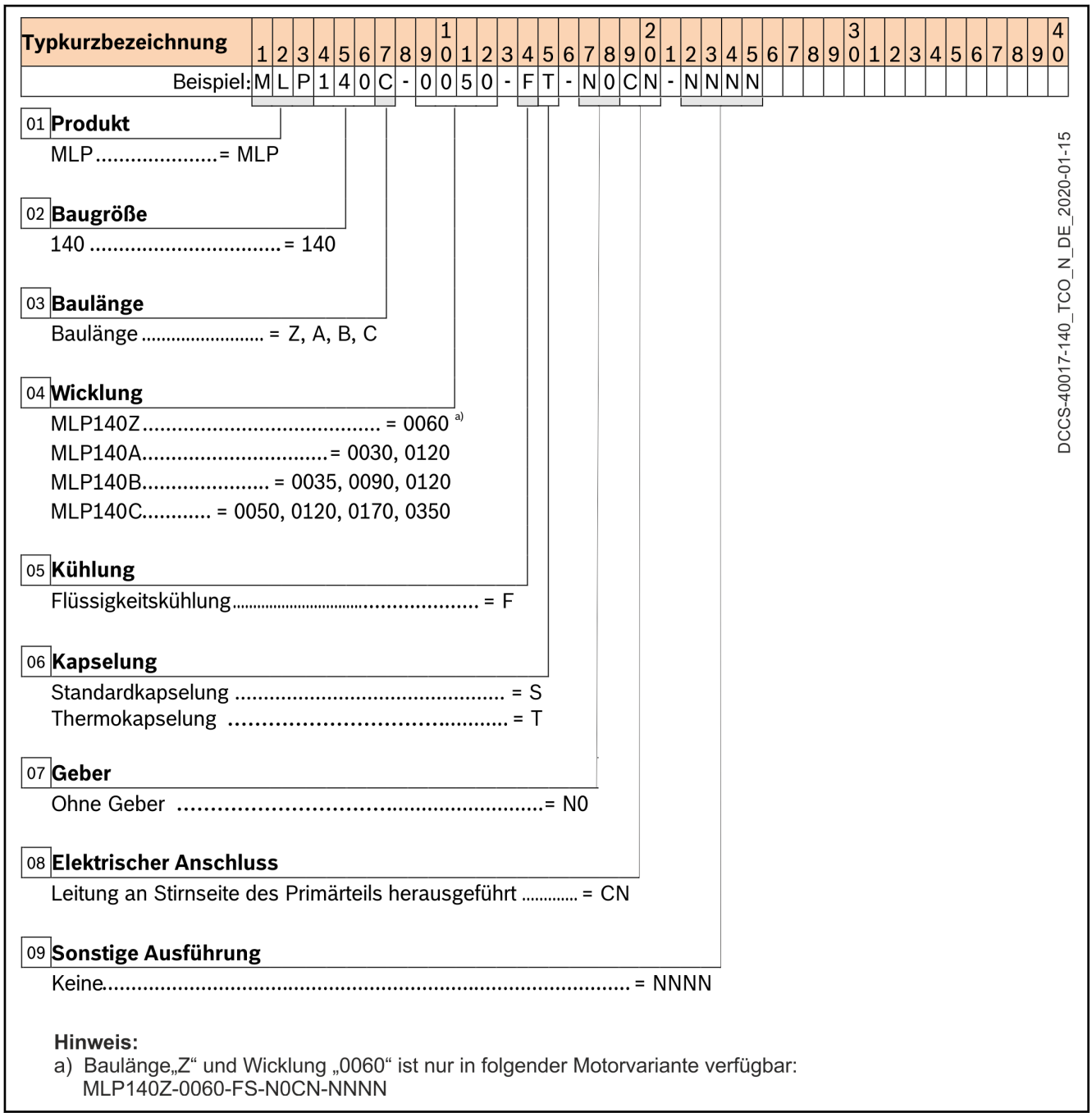


Abb. 6-14: Typenschlüssel Primärteil MLP140

MLS140

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	S	1	4	0	S	-	3	A	-	0	1	5	0	-	N	N	N	N																						

1. Produkt
1.1 MLS . . . . . = MLS

2. Motorbaugröße
2.1 140 . . . . . = 140

3. Type
3.1 Sekundärteil . . . . . = S

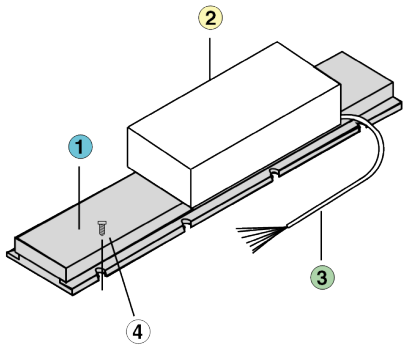
4. Mechanische Ausführung
4.1 Befestigung durch Schrauben . . . = 3

5. Mechanischer Schutz
5.1 mit Abdeckblech . . . . . = A

6. Segmentlänge
6.1 Sekundärteillänge 150 mm . . . . . = 0150
6.2 Sekundärteillänge 450 mm . . . . . = 0450
6.3 Sekundärteillänge 600 mm . . . . . = 0600

7. Sonstige Ausführung
7.1 keine . . . . . = NNNN

Bildbeispiel: MLS140



1 Sekundärteil MLS
2 Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
3 Leistungsanschluss
4 Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-15: Typenschlüssel Sekundärteil MLS140

6.1.10 Baugröße 152

MLP152

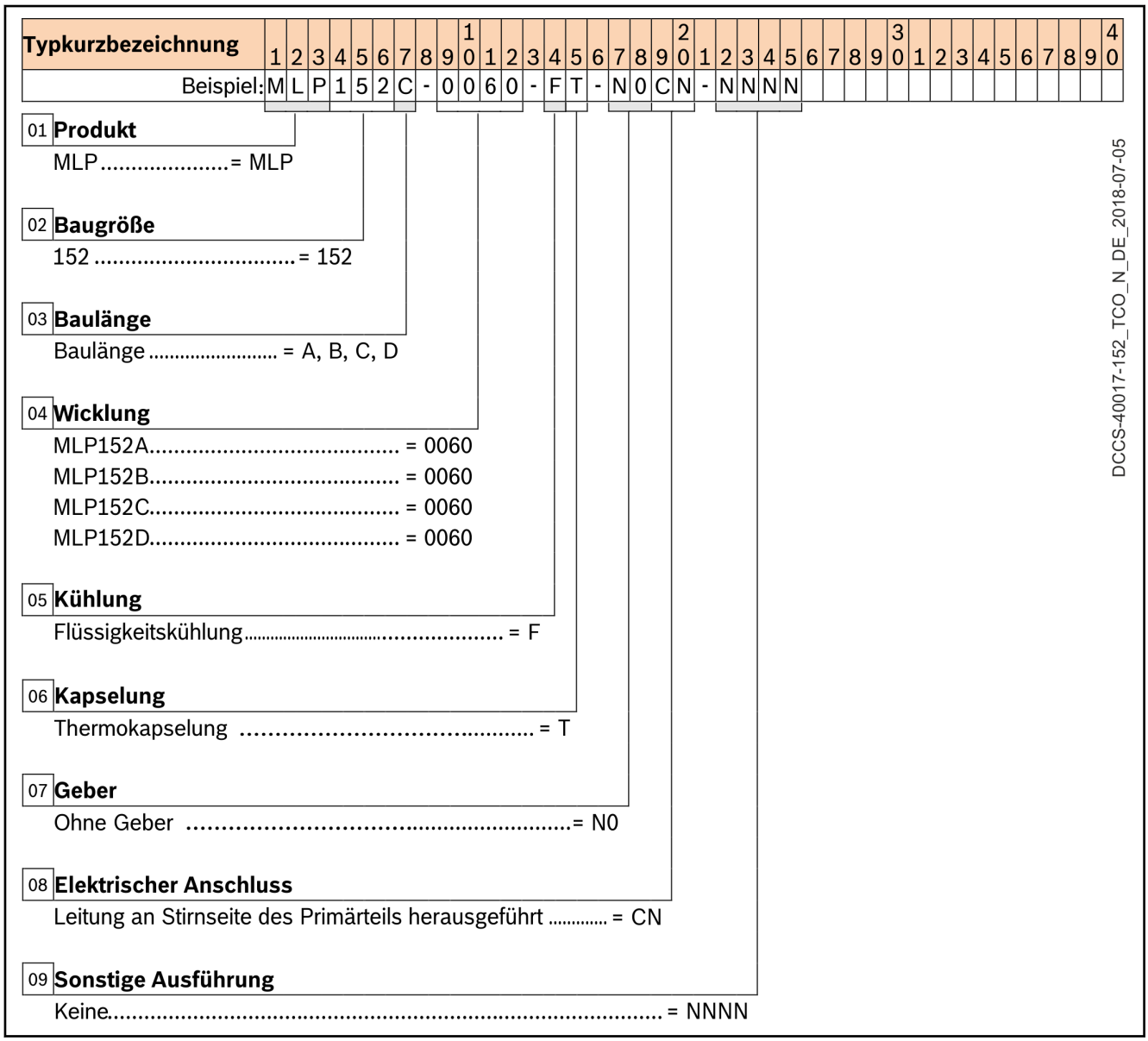


Abb. 6-16: Typenschlüssel Primärteil MLP152

MLS152

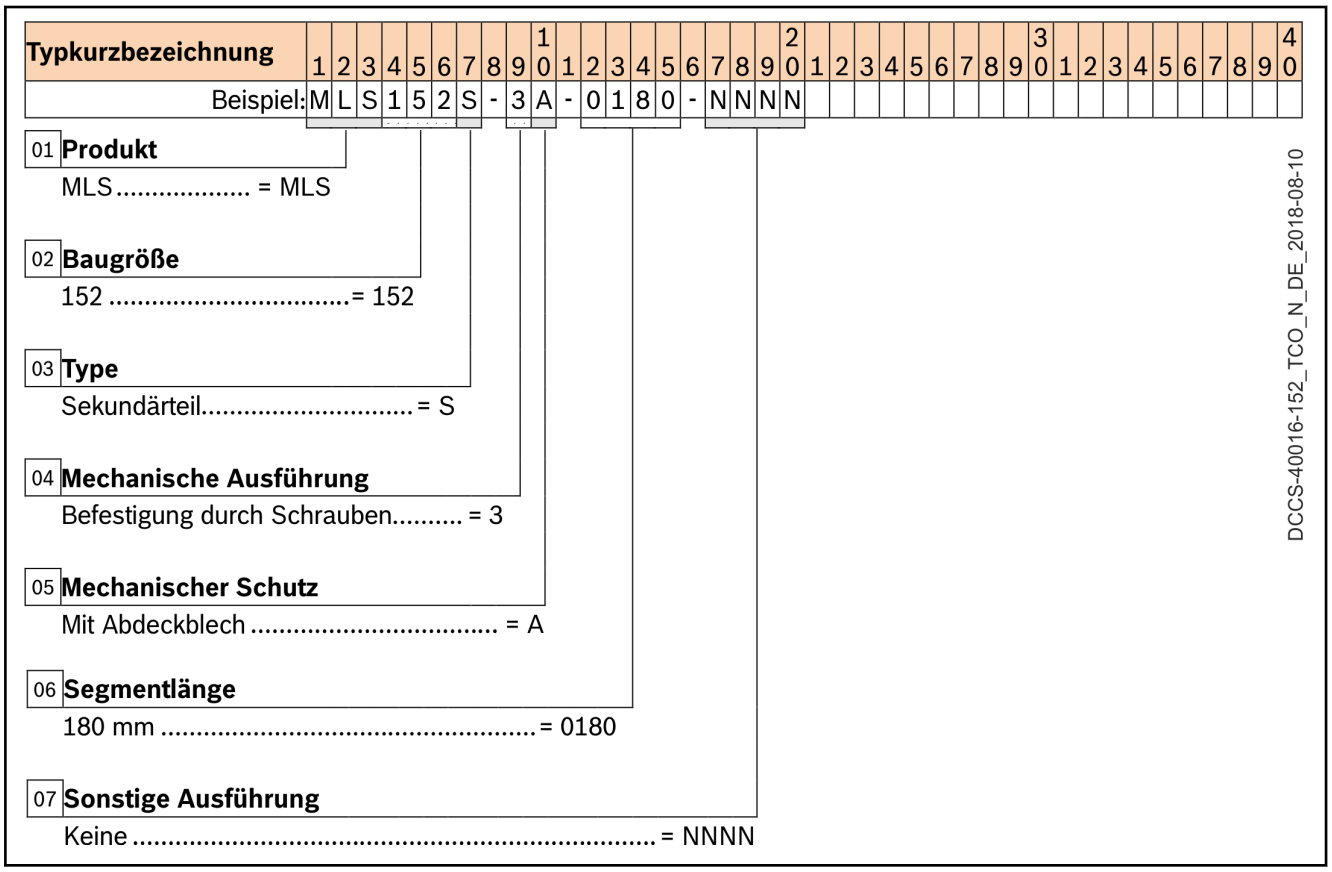


Abb. 6-17: Typenschlüssel Sekundärteil MLS152

6.1.11 Baugröße 200

MLP200

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	P	2	0	0	A	-	0	1	2	0	-	F	S	-	N	0	C	N	-	N	N	N	N															

1. Produkt
1.1 MLP ..... = MLP

2. Motorbaugröße
2.1 200 ..... = 200

3. Motorbaulänge
3.1 Baulängen ..... = A, B, C, D

4. Wicklungskennzeichen
4.1 MLP200A ..... = 0090, 0120
4.2 MLP200B ..... = 0040, 0120
4.3 MLP200C ..... = 0090, 0120, 0170
4.4 MLP200D ..... = 0035, 0060, 0100, 0120

5. Kühlung
5.1 Flüssigkeitskühlung ..... = F

6. Kapselung
6.1 Standardkapselung ..... = S
6.2 Thermokapselung ..... = T

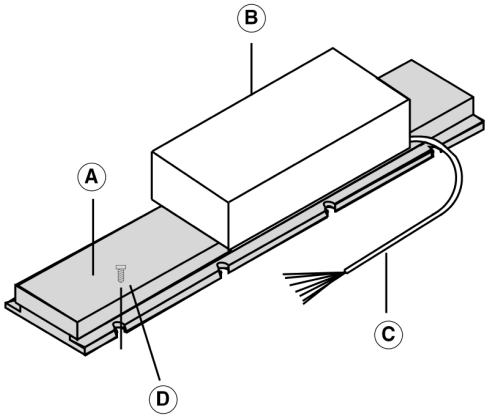
7. Motorgeber
7.1 ohne Geber ..... = N0

8. Elektrischer Anschluss
8.1 Leitung an Stirnseite des Primärteils herausgeführt. ..... = CN

9. Sonstige Ausführung
9.1 keine ..... = NNNN

ZN-40017-200_NOR_N_DE_2011-12-22

Bildbeispiel: MLP200



(A) Sekundärteil MLS
(B) Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
(C) Elektrischer Anschluss
(D) Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-18: Typenschlüssel Primärteil MLP200

MLS200

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	40
Beispiel:	M	L	S	2	0	0	S	-	3	A	-	0	1	5	0	-	N	N	N	N																						

1. Produkt
1.1 MLS . . . . . = MLS

2. Motorbaugröße
2.1 200 . . . . . = 200

3. Type
3.1 Sekundärteil . . . . . = S

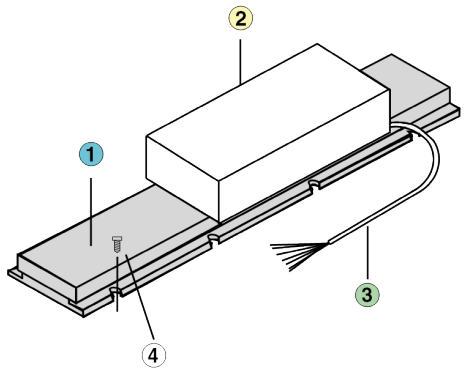
4. Mechanische Ausführung
4.1 Befestigung durch Schrauben . . . = 3

5. Mechanischer Schutz
5.1 mit Abdeckblech . . . . . = A

6. Segmentlänge
6.1 Sekundärteillänge 150 mm . . . . . = 0150
6.2 Sekundärteillänge 450 mm . . . . . = 0450
6.3 Sekundärteillänge 600 mm . . . . . = 0600

7. Sonstige Ausführung
7.1 keine . . . . . = NNNN

Bildbeispiel: MLS200



1 Sekundärteil MLS
2 Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
3 Leistungsanschluss
4 Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-19: Typenschlüssel Sekundärteil MLS200

6.1.12 Baugröße 202

MLP202

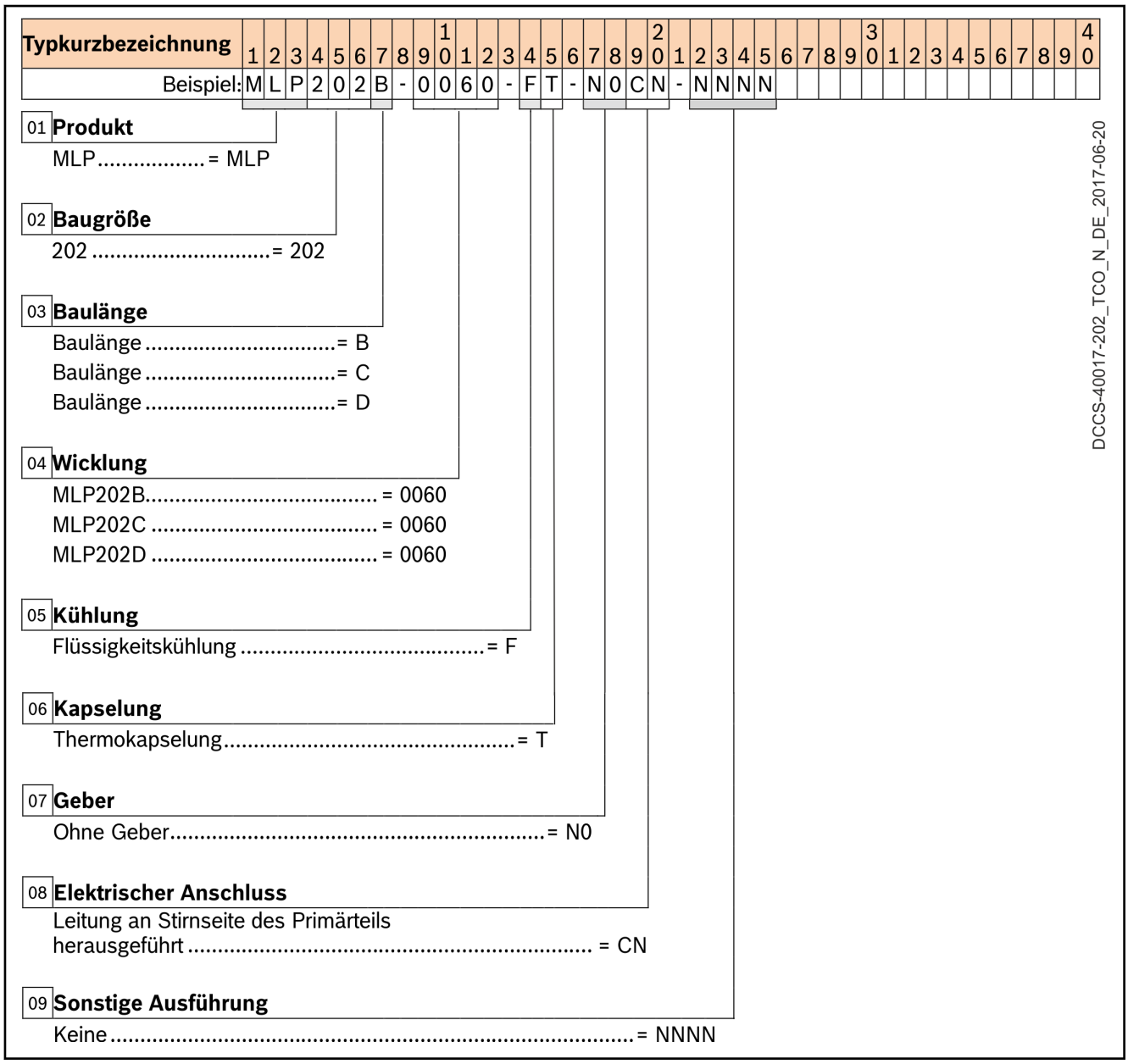


Abb. 6-20: Typenschlüssel Primärteil MLP202

MLS202

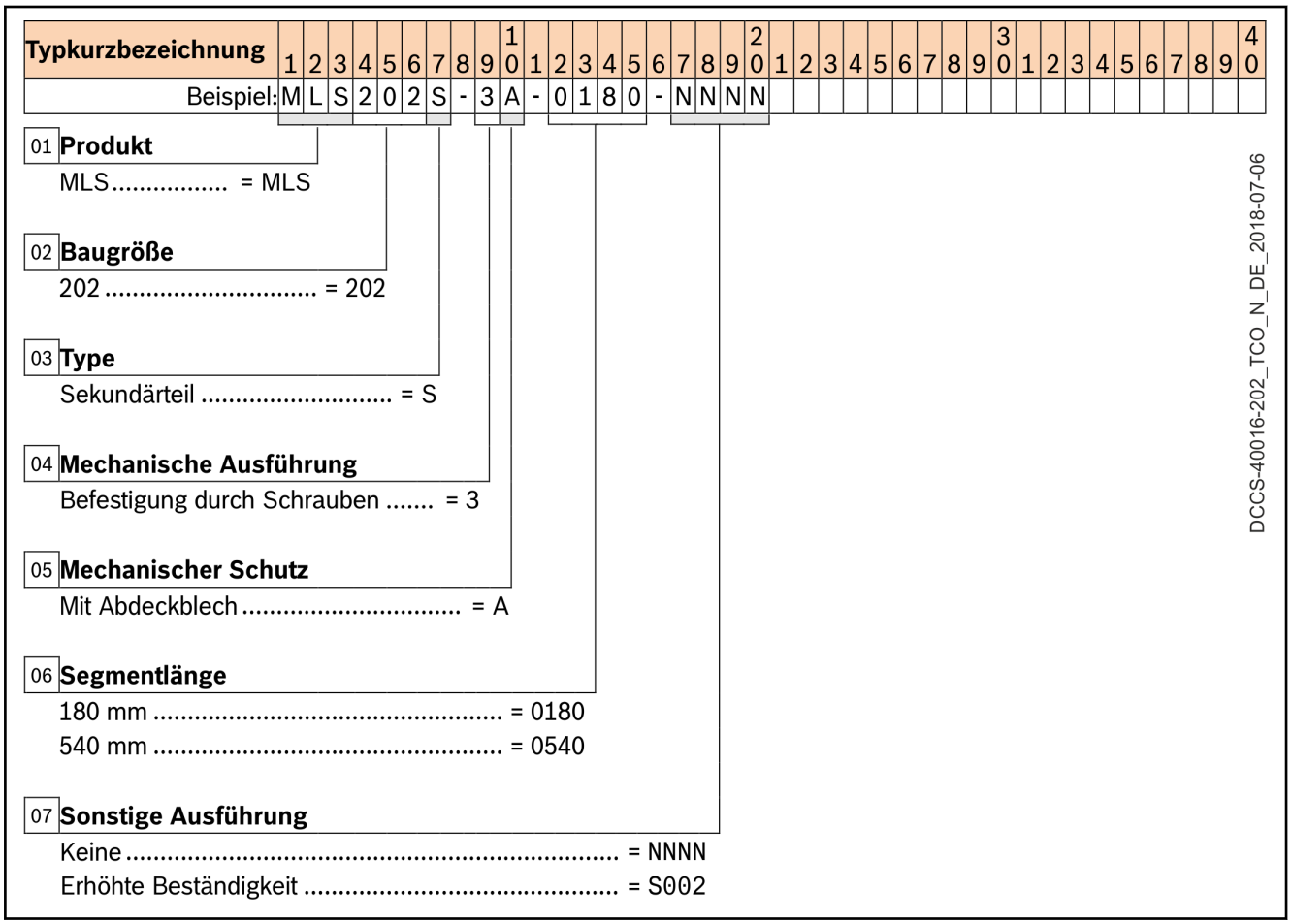


Abb. 6-21: Typenschlüssel Sekundärteil MLS202

6.1.13 Baugröße 300

MLP300

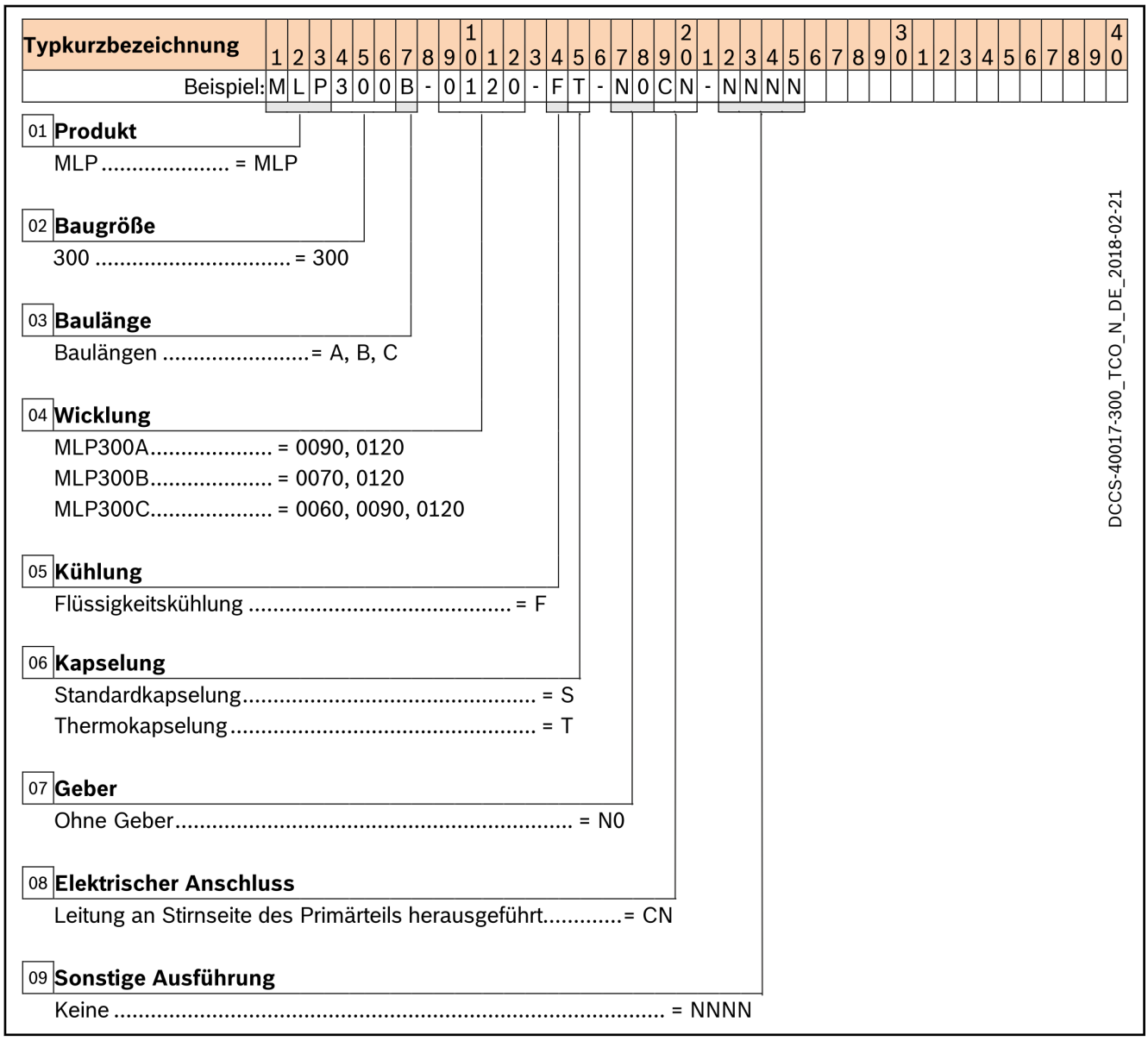


Abb. 6-22: Typenschlüssel Primärteil MLP300

MLS300

Kurztext-Spalte →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Beispiel:	M	L	S	3	0	0	S	-	3	A	-	0	1	5	0	-	H	N	N	N																				

Produkt
MLS . . . . . = MLS

Baugröße
300 . . . . . = 300

Type
Sekundärteil . . . . . = S

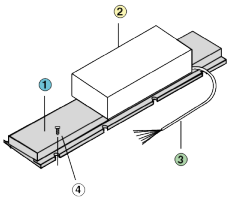
Mechanische Ausführung
Befestigung durch Schrauben . . . = 3

Mechanischer Schutz
Mit Abdeckblech . . . . . = A

Segmentlänge
Sekundärteillänge 150 mm . . . . . = 0150
Sekundärteillänge 450 mm . . . . . = 0450
Sekundärteillänge 600 mm . . . . . = 0600

Sonstige Ausführung
Grundträger verstärkt . . . . . = HNNN

Bildbeispiel: MLS300



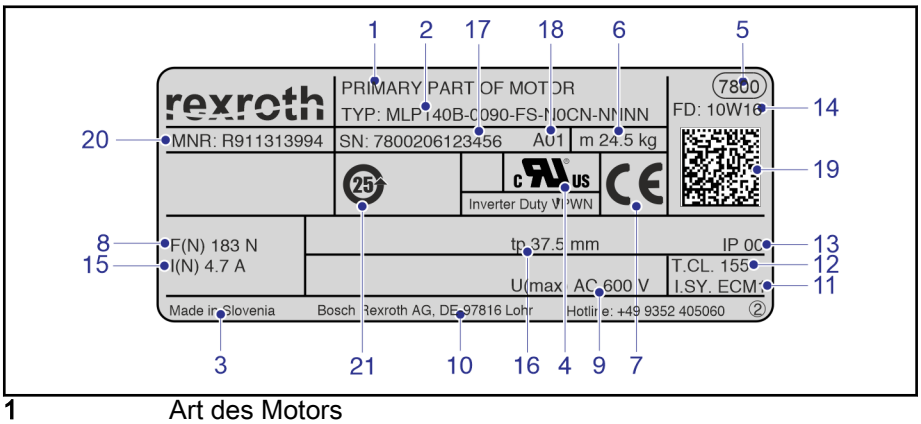
1 Sekundärteil MLS
2 Primärteil MLP (je nach Ausführung - Standardkapselung oder Thermokapselung)
3 Leistungsanschluss
4 Schraubbefestigung (von oben)

Abb. 6-23: Typenschlüssel Sekundärteil MLS300

6.2 Produktkennzeichnung

6.2.1 Typenschild Primärteil

An der Stirnseite (NCE) des Primärteils ist ein Typenschild angebracht. Das Typenschild ermöglicht eine eindeutige Identifikation des Primärteils. Ein weiteres Typenschild ist dem Primärteil beigefügt. Dieses kann vom Anwender an der Maschine angebracht oder anderweitig verwendet werden. Das Typenschild des Primärteils enthält folgende Daten:



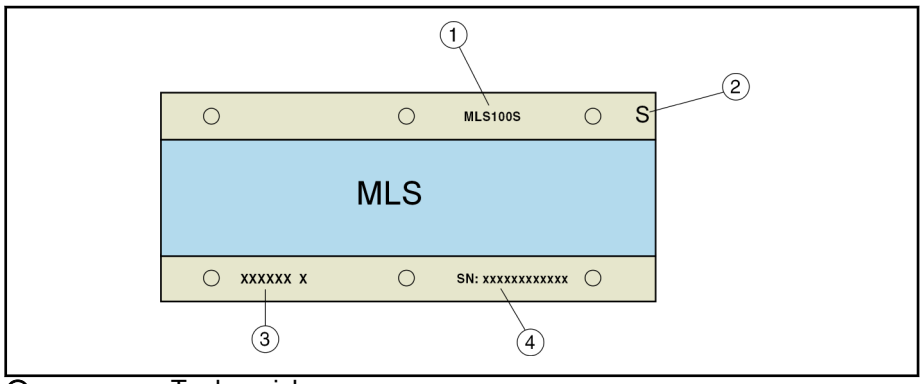
1	Art des Motors
2	Typenbezeichnung
3	Herkunftsbezeichnung
4	UL-Kennzeichnung
5	Werknummer
6	Masse des Primärteils
7	CE-Konformitätskennzeichen
8	Bemessungskraft
9	Maximale Eingangsspannung
10	Firmenanschrift
11	Isolationssystem
12	Thermische Klasse
13	Schutzart durch Gehäuse
14	Fertigungsdatum
15	Bemessungsstrom
16	Polteilung
17	Serialnummer
18	Änderungsstand
19	Rexroth-Barcode
20	Materialnummer
21	China RoHS-Konformitätskennzeichen

Abb. 6-24: Typenschild Primärteil

☞ Beachten Sie die Informationen zu den Prüfzeichen unter Kap. 9.6 "Abnahmen und Zulassungen" auf Seite 188.

6.2.2 Typenschild Sekundärteil

Am Sekundärteil kann aus Platzgründen kein Typenschild angebracht werden. Dem Sekundärteil sind bei Auslieferung zwei Typenschilder beigefügt, wobei die UL-Kennzeichnung lediglich auf dem ersten Schild angegeben ist. Um eine sichere und dauerhafte Identifikation des Typs zu gewährleisten, befindet sich eine Typkennzeichnung sowie die Seriennummer am Sekundärteil (siehe Abb. 6-25).

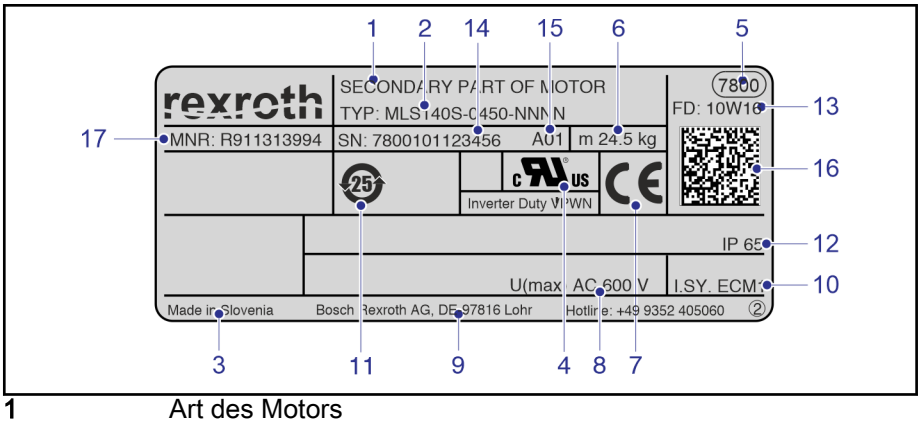


① Typbezeichnung
② Polkennzeichnung ”S” (für Südpol)
③ Interne Kennzeichnung
④ Serialnummer

Abb. 6-25: Lage der Typkennzeichnung und Seriennummer des Sekundärteils

☞ Jedes Sekundärteil besitzt unabhängig von der Länge an einer Stirnseite einen magnetischen Nordpol und an der gegenüberliegenden Stirnseite einen magnetischen Südpol. Die Sekundärteile sind an einer Stirnseite entsprechend mit S (Südpol) gekennzeichnet.

Das Typenschild des Sekundärteils enthält folgende Daten:



1	Art des Motors
2	Typenbezeichnung
3	Herkunftsbezeichnung
4	UL-Kennzeichen
5	Werksnummer
6	Masse Sekundärteil
7	CE-Konformitätskennzeichen
8	Maximale Eingangsspannung
9	Firmenanschrift
10	Isolationssystem
11	China RoHS-Konformitätskennzeichen
12	Schutzart durch Gehäuse
13	Fertigungsdatum
14	Serialnummer
15	Änderungsstand
16	Rexroth-Barcode
17	Materialnummer

Abb. 6-26: Typenschild Sekundärteil

Beachten Sie die Informationen zu den Prüfzeichen unter Kap. 9.6 "Abnahmen und Zulassungen" auf Seite 188.

7 Zubehör und Optionen

7.1 Hallsensor-Box

7.1.1 Allgemeines

Die Hallsensor-Box SHL02.1 (SHL-Box) ist eine optionale Komponente für Antriebssysteme mit inkrementalen Messsystemen und MLF-Motoren von Bosch Rexroth.

Beim Einsatz eines inkrementalen Längenmesssystems muss bei jedem Phasenhochschalten des Antriebs die Kommutierung der Achse erfolgen. Dies erfolgt mittels einer antriebsinternen Prozedur. Erst danach ist eine Kraftentwicklung des Motors möglich.

☞ Durch die SHL-Box wird die Kommutierung während der Phasenhochschaltung automatisch ermittelt. Hierfür ist keine Leistungszuschaltung erforderlich.

Mögliche Anwendungen sind zum Beispiel

- Kommutierung von Motoren an vertikalen Achsen,
- Kommutierung von Motoren die sich aus Sicherheitsgründen während des Kommutierungsprozesses nicht bewegen dürfen,
- Gantry-Anordnungen der Motoren.

Die Lieferung der SHL-Box als Zubehör erfolgt wahlweise

- ab Werk, als Zubehör des MLF-Motors,
- als Einzelteil zur Nachrüstung bestehender Anlagen mit Rexroth IndraDrive-Antriebssystem und MLF-Motor.

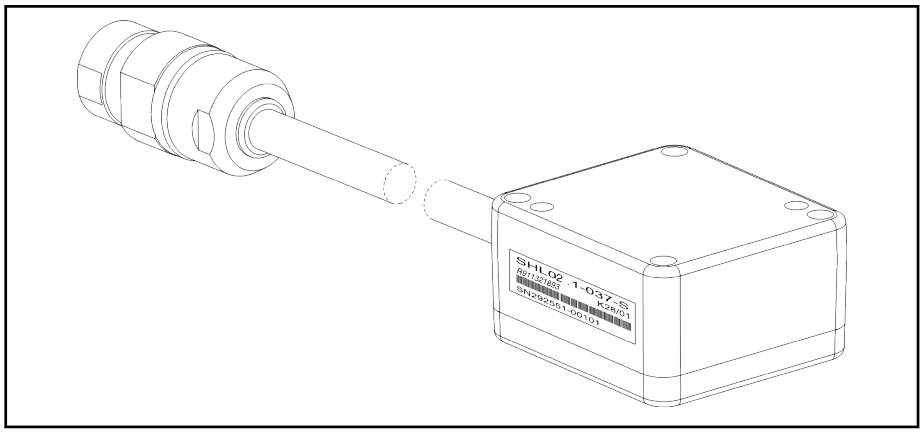


Abb. 7-1: Zubehör Hallsensor-Box SHL02.1

7.1.2 Funktionsprinzip

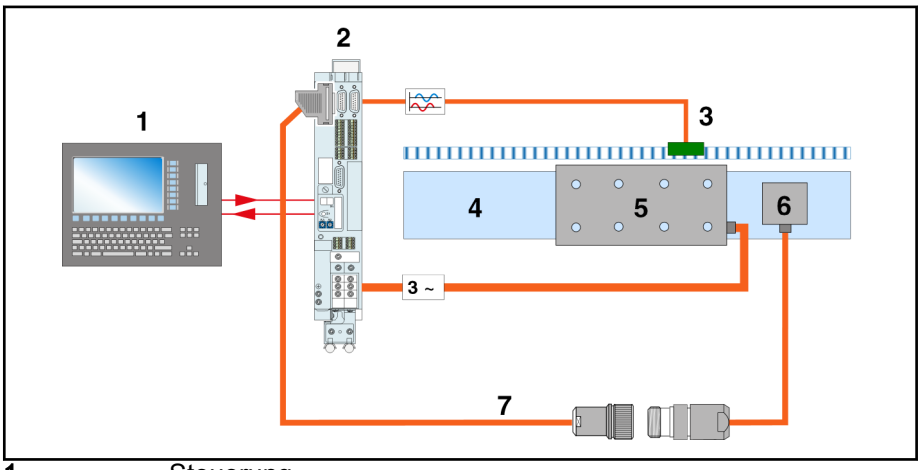
Die Hallsensor-Box dient zur bewegungslosen Kommutierung des Linearmotors in Verbindung mit einem inkrementellen Messsystem. Am Rexroth Regelgerät wird bei Phasenumschaltung in den Betriebsmodus der Motor automatisch kommutiert. Hierfür ist keine Bewegung erforderlich. Der Motor könnte z. B. auch festgebremst sein, oder sich am Verfahrwegende (Endanschlag) befinden.

7.1.3 Anschlussschema

Das Anschlussschema für den Einsatz einer Hallsensor-Box SHL02.1 ist in Abb. 7-2 dargestellt. Zum Betrieb eines MLF-Motors mit inkrementellen Messsystem und Hallsensor-Box wird ein Bosch Rexroth-Regelgerät benötigt, dass zwei Lagegebereingänge besitzt. Das Primärteil wird wie gewohnt am Bosch Rexroth Regelgerät angeschlossen. Die Hallsensor-Box wird im Bereich einer der beiden Stirnseiten des Primärteils oberhalb der Sekundärteile angeordnet. Die genaue Positionierung ist der Funktionsbeschreibung der "Hallsensor-Box SHL" zu entnehmen. Sowohl das inkrementelle Messsystem als auch die Hallsensor-Box werden mit den beiden Geberschnittstellen des Regelgeräts verbunden.

Beachten Sie bei der Montage der "Hallsensor-Box SHL" die Hinweise in der Funktionsbeschreibung

- Mat.-Nr. R911306588 (DE)
- Mat.-Nr. R911292537 (EN)



1 Steuerung
2 Regelgerät
3 Linearmaßstab
4 Sekundärteil
5 Primärteil
6 Hallsensor-Box mit Kabel

Abb. 7-2: Schematischer Aufbau MLF mit Hallsensor-Box

7.1.4 Bestellbezeichnungen

Baureihe	Box-Kurzbezeichnung	Materialnummer
MLFxx0	SHL02.1-037-S-120	R911321893
MLFxx2	SHL02.1-030-S-120	auf Anfrage

Tab. 7-1: Bestellbezeichnungen Hallsensor-Box SHL

8 Anschlusstechnik

8.1 Allgemeines

HINWEIS **Zerstörung der Motoren durch den direkten Anschluss an das 50/60 Hz - Versorgungsnetz (Dreileiter- oder Einphasennetz)!**

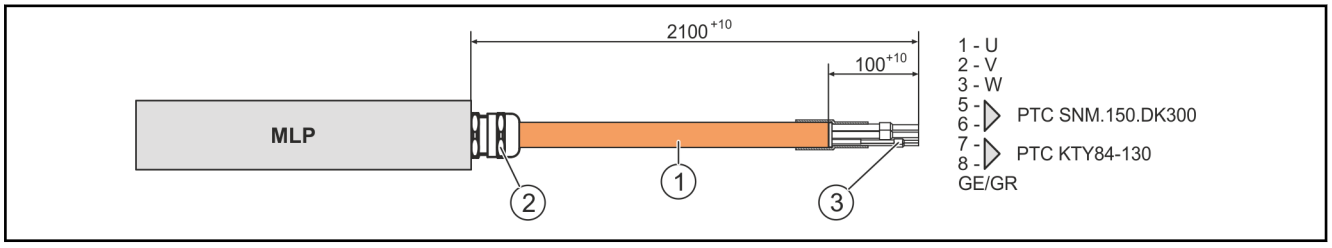
MLF-Motoren dürfen nur mit geeigneten Antriebsregelgeräten mit variabler Ausgangsspannung und Frequenz betrieben werden (Umrichterbetrieb), die von Rexroth spezifiziert werden.

Rexroth bietet für den Anschluss der MLF-Motoren ein umfassendes Programm an konfektionierten Kabeln, die optimal auf die Produkte und die unterschiedlichsten Anforderungen abgestimmt sind.

Beachten Sie, dass selbstkonfektionierte Kabel oder Kabelsysteme anderer Hersteller diese Anforderungen unter Umständen nicht erfüllen. Daraus resultierende Störungszustände oder Schäden liegen nicht im Verantwortungsbereich von Rexroth.

8.2 Anschlusskabel am Primärteil

Die Primärteile sind mit einem flexiblen und gesamtgeschirmten Anschlusskabel versehen. Dieses Anschlusskabel ist fest mit dem Primärteil verbunden und hat eine Länge von ca. 2 Metern.



① Anschlusskabel
② Kabelverschraubung
③ Aderendhülsen

Abb. 8-1: Ausführung des Anschlusskabels am Primärteil MLP

In der nachfolgenden Übersicht sind die technischen Daten der Anschlusskabel für die einzelnen Baugrößen angegeben.

Baugröße	Anschlusskabel	Querschnitt [mm²]		Ø D [mm]	Biegeradius statisch [mm]
		Leistungsadern (4x)	Sensoren (2x2)		
MLP040x-xxxx	REL0105 (INK0653)	1,0	0,75	12 ± 0,5	5 x D
MLP052x-xxxx					
MLP070x-xxxx	REL0108 (INK0603)	4,0	1,0	17 ± 0,5	
MLP100K-0040	REL0105 (INK0653)	1,0	0,75	12 ± 0,5	
MLP100A-xxxx MLP100B-xxxx MLP100C-xxxx	REL0109 (INK0604)	6,0	1,0 + 1,5	18,2 ± 0,6	
MLP102x-xxxx					
MLP140Z-0060 MLP140A-xxxx MLP140B-xxxx MLP140C-0050 MLP140C-0120 MLP140C-0170					
MLP152x-xxxx					
MLP200A-xxxx MLP200B-xxxx MLP200C-0090 MLP200D-0035 MLP200D-0060					
MLP202x-xxxx					
MLP140C-0350	REL0110 (INK0605)	10,0		22,2 ± 1	
MLP200C-0120 MLP200C-0170 MLP200D-0100 MLP200D-0120					
MLP300x-xxxx					

Tab. 8-1: Anschlusskabel an Primärteilen MLP

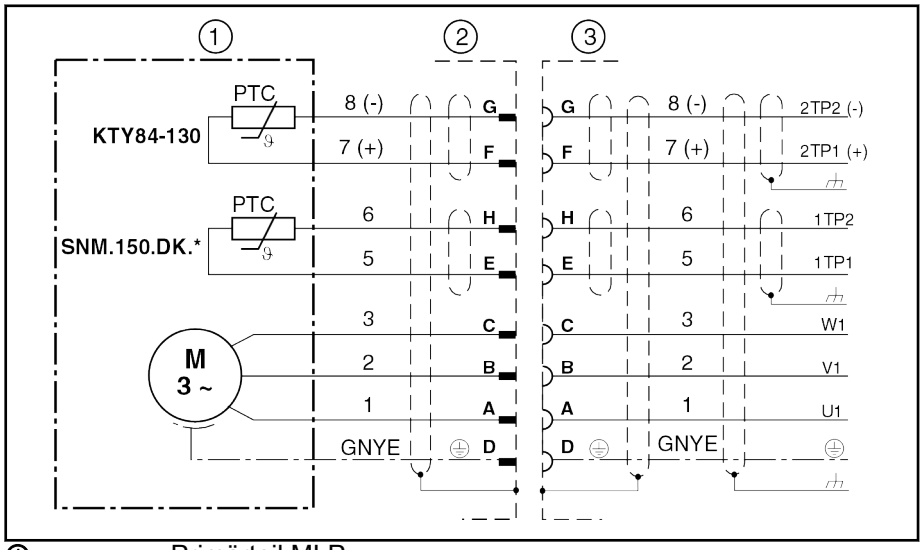
8.3 Elektrischer Anschluss

8.3.1 Anschluss Primärteil

Allgemeines

☞ Zusätzliche Beschreibungen der weiterführenden Leistungskabel zu nachfolgenden Anschlussmöglichkeiten der Primärteile finden Sie in der Dokumentation "Rexroth Anschlusskabel", Mat.-Nr. R911322948 (DE).

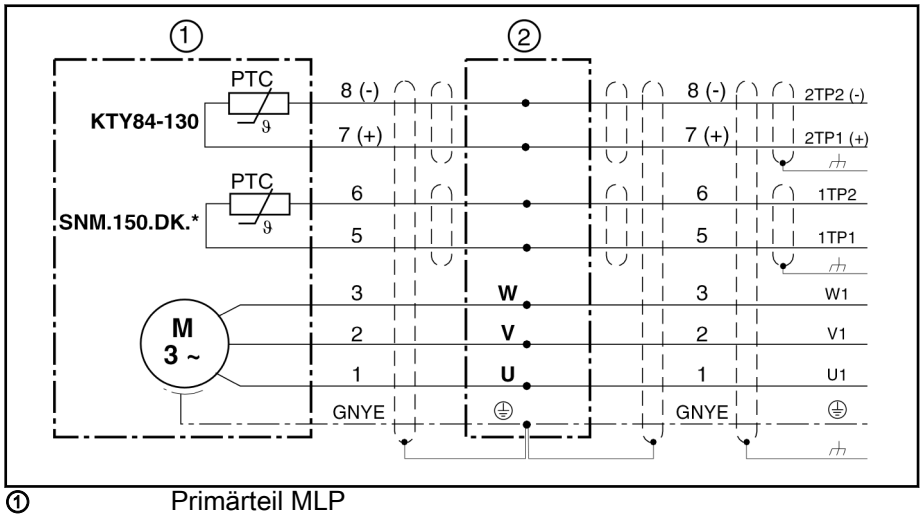
Anschluss über Gerätestecker und Kupplung



① Primärteil MLP
② Kupplung (z. B. INS0482 bei Leistungsaderquerschnitt 1,5 ... 10 mm²)
③ Gerätestecker (z. B. INS0481 bei Leistungsaderquerschnitt 1,5 ... 10 mm²)

Abb. 8-2: Anschlussbeispiel mit Gerätestecker und Kupplung

Anschluss über Klemmenkasten



① Primärteil MLP
② Klemmenkasten

Abb. 8-3: Anschlussbeispiel mit Klemmenkasten

Anschluss Leistungskabel in Abhängigkeit von der Primärteilausrichtung bei Parallelanordnung

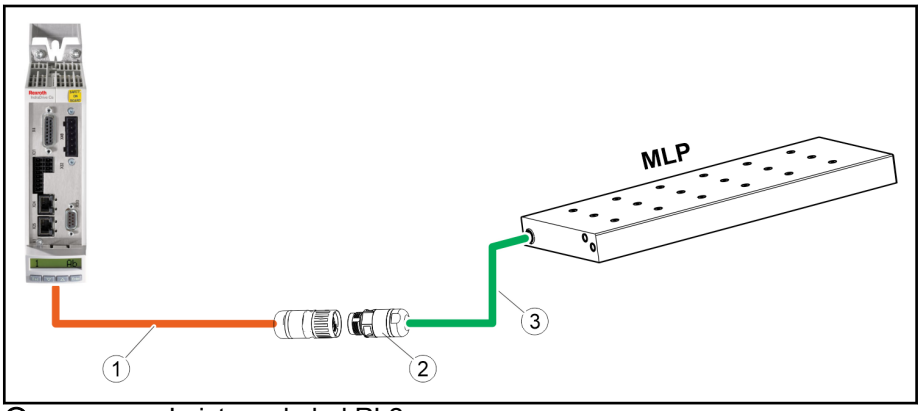
Der Anschluss der Leistungsadern des Leistungskabels am Antriebsregelgerät (siehe Abb. 8-10) ist bei Parallelanordnung von Primärteilen mit Kabelabgang in die entgegengesetzte Richtung abhängig von der Richtung des Kabelabganges.

Anschluss bei Anordnung nach Abb. 9-42 auf Seite 218 (Kabelabgang in gleiche Richtung)			
Antriebsregelgerät X5	A1	A2	A3
Primärteil 1	A1	A2	A3
Primärteil 2	A1	A2	A3
Anschluss bei Anordnung nach Abb. 9-45 und Abb. 9-47 auf Seite 220 (Kabelabgang in entgegengesetzte Richtung)			
Antriebsregelgerät X5	A1	A2	A3
Primärteil 1	A1	A2	A3
Primärteil 2	A1	**A3**	**A2**

Tab. 8-2: Anschluss der Leistungsadern bei Parallelschaltung von Primärteilen an einem Antriebsregelgerät

8.3.2 Steckerset für Anschlusskabel

Zum Anschluss der Motoren an unsere Rexroth Regelgeräte steht ein abgestimmtes Programm an Steckersets und konfektionierten RL2-Leistungskabeln zur Verfügung. Um RL2-Leistungskabel am Motor anschließen zu können, muss zunächst das Motoranschlusskabel unter Berücksichtigung der Einbausituation kundenseitig konfektioniert werden.



① Leistungskabel RL2...
② Anschlussstecker (Bestellbezeichnung der Steckersets siehe Tab. 8-3)
③ Motoranschlusskabel am Primärteil (siehe Tab. 8-1 und Tab. 8-5)

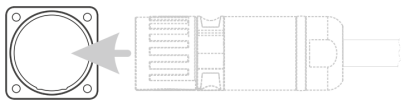
Abb. 8-4: Motoranschluss mit Gerätestecker

Anschlusskabel am Stator	Steckergröße	Steckerset	Leistungs- und Leistungsverlängerungs-kabel	Montageflansch zur Steckerdurchführung (Optional)
REL0105 (INK0653)	M17	RLS1712/CM01 R911410540	siehe Produktinformation "Motorkabel und Anschlüsse" R911401939	Z-SONS**-FLANGE M17 R911410540
	M23	RLS2309/CM03 R911381143		Z-SONS**-FLANGE M23 R911403772
REL0108 (INK0603)	M40	RLS4012/CM04 R911388432		Z-SONS**-FLANGE M40 R911388659
REL0109 (INK0604)	M40	RLS4012/CM06 R911388433		
REL0110 (INK0605)	M40	auf Anfrage		
	M58	RLS5822/CM10 R911383999		Z-SONS**-FLANGE M58 R911410541

Tab. 8-3: Bestellbezeichnungen Steckersets zum Anschluss an RL2-Leistungskabel

Montageflansch zur Steckerdurchführung

Zur Durchführung des Steckers an der Maschine können die in Tab. 8-3 aufgeführten Steckverbinder mit einem Flansch versehen werden. Der Flansch ist als Zubehör bestellbar.

Montageflansch zur Steckerdurchführung	Bezeichnung
	siehe Tab. 8-3 "Montageflansch Steckerdurchführung"

Tab. 8-4: Montageflasch zur Steckerdurchführung

8.3.3 Verlegung der Anschlusskabel

Das Anschlusskabel, das sich fest am Primärteil befindet, endet mit offenen Kabelenden, versehen mit Aderendhülsen (siehe Abb. 8-1) und darf keiner dynamischen Biegebelastung ausgesetzt werden. Eine Verlegung des Anschlusskabels am Primärteil in einer bewegten Energiekette sollte somit nicht erfolgen.

Es wird empfohlen das Anschlusskabel in fester Verlegung auf

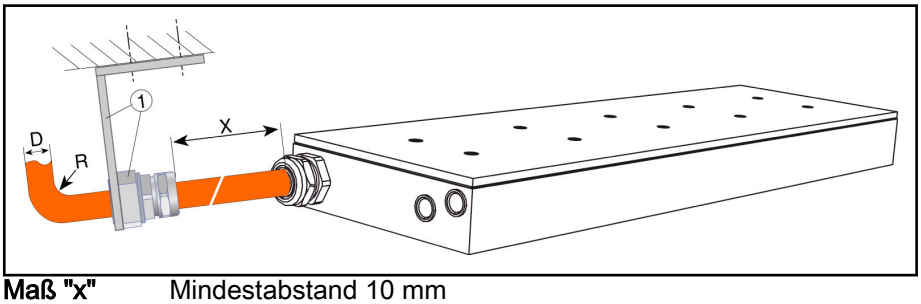
- einen Gerätestecker,
- eine Kupplung oder
- einen Klemmenkasten (durch Rexroth nicht lieferbar)

zu führen. Von dieser Verbindungsstelle aus kann dann die Leistungszuführung mit einem weiterführenden Leistungskabel durch die Energiekette bzw. die Maschinenkonstruktion gelegt werden. Siehe hierzu auch Abb. 8-6. Entsprechende Leistungskabel sind fertig konfektioniert von Rexroth erhältlich.

HINWEIS

Vermeiden Sie an der Kabelaustrittsstelle am Primärteil Biege-, Zug- und Druckbelastungen sowie stetige Bewegungen des Anschlusskabels. Belastungen dieser Art können zu irreparablen Schäden (z. B. Kabelbruch) am Primärteil führen!

Keine Verlegung des Anschlusskabels in einer bewegten Energiekette. Falls eine feste Verlegung nicht möglich ist, muss das Anschlusskabel mit einer Zugentlastung (siehe Abb. 8-5) versehen werden, um das Kabel und das Primärteil vor irreparablen Schäden (z. B. Kabelbruch) zu schützen.



Maß "x" Mindestabstand 10 mm
① Zugentlastung des Anschlusskabels am Primärteil MLP
D Durchmesser Anschlusskabel - siehe Abb. 8-1
R Zulässiger Biegeradius - siehe Abb. 8-1

Abb. 8-5: Beispiel für Zugentlastung des Anschlusskabels

Das Anschlussskabel ist für den höchsten Typenstrom einer Baugröße ausgelegt. Der Querschnitt des weiterführenden Leistungskabels kann deshalb unter Umständen kleiner ausgeführt werden.

Paralleler Motoranschluss

Bei parallelem Motoranschluss an einem Antriebsregelgerät bestehen folgende Möglichkeiten das Leistungskabel auszuführen:

- Verlegung eines gemeinsamen Leistungskabels mit höherem Querschnitt (Abb. 8-8)
- Verlegung von zwei getrennten parallelen Leistungskabeln (Abb. 8-7)

Letztere Möglichkeit bietet unter Umständen den Vorteil geringerer Biegeradien. Der Gesamtquerschnitt der parallel verlegten Kabel muss dem erhöhten Querschnitt für parallelen Motoranschluss entsprechen.

Leistungsanschluss bei Einzelanordnung

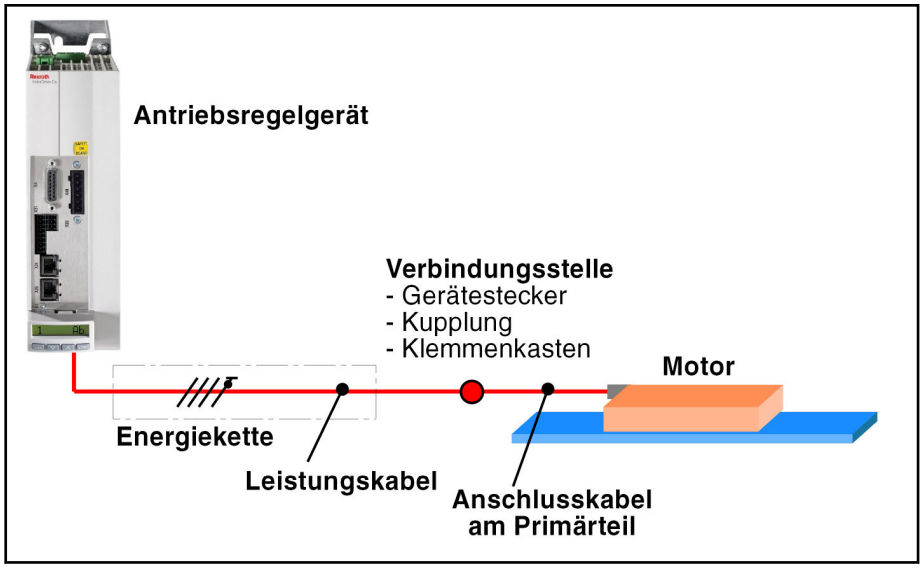


Abb. 8-6: Leistungsanschluss bei Einzelanordnung

Leistungsanschluss bei Parallelanordnung, getrennte Anschlusskabel

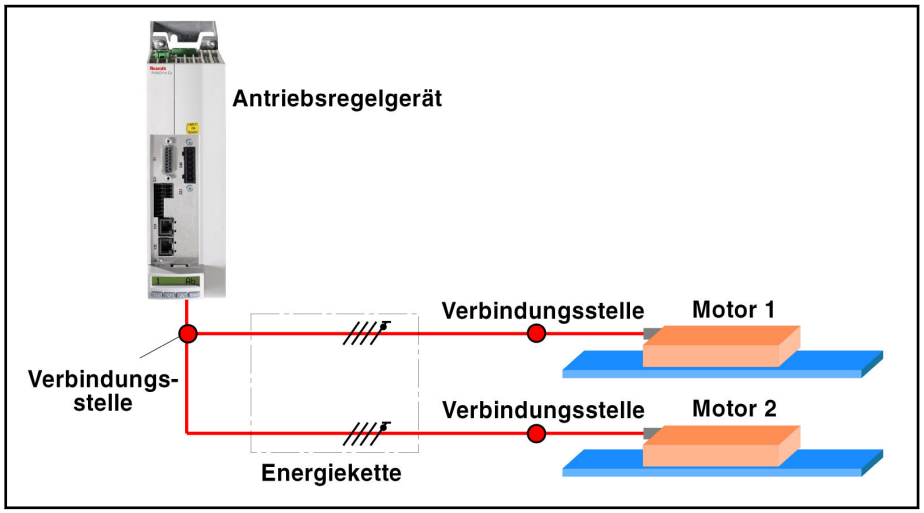


Abb. 8-7: Parallelanordnung, getrennte Leistungskabel

Leistungsanschluss bei Parallelanordnung, gemeinsames Anschlusskabel mit größerem Querschnitt

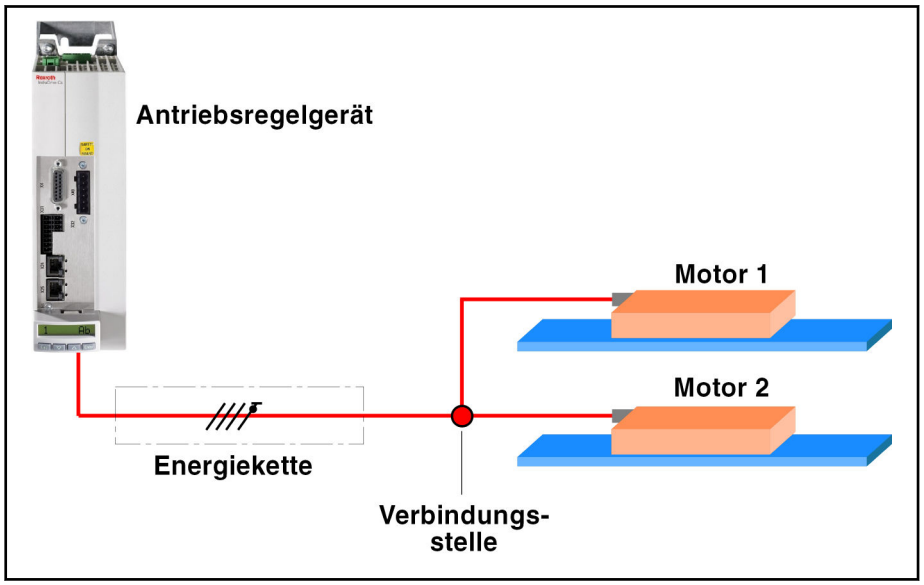


Abb. 8-8: Parallelanordnung, gemeinsames Leistungskabel

Auswahl Leistungskabel

Die Auswahl des erforderlichen Kabelquerschnittes ist abhängig vom Bemessungsstrom des Primärteils (siehe Kapitel Technische Daten) sowie der Verlegungsart des Leistungskabels und erfolgt anhand nachfolgender Tabelle.

Primärteil MLP...	Leistungskabel bei Einzelanordnung bzw. Parallelanordnung mit getrennten Leistungskabeln	Leistungskabel bei Parallelanordnung mit gemeinsamen Leistungskabel
040A-0300	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	1,0 mm² REL0105 (INK0653)
040B-0150		
040B-0250		
040B-0300		
052A-0300		
052B-0300		2,5 mm² REL0107 (INK0602)
070A-0150	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	1,0 mm² REL0105 (INK0653)
070A-0220		
070A-0300		2,5 mm² REL0107 (INK0602)
070B-0100		1,0 mm² REL0105 (INK0653)
070B-0120		
070B-0150		1,5 mm² REL0106 (INK0650)
070B-0250		2,5 mm² REL0107 (INK0602)
070B-0300		4,0 mm² REL0108 (INK0603)
070C-0030		1,0 mm² REL0105 (INK0653)
070C-0120		2,5 mm² REL0107 (INK0602)
070C-0150		
070C-0240	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	6,0 mm² REL0109 (INK0604)
070C-0300	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	

Primärteil MLP...	Leistungskabel bei Einzelanordnung bzw. Parallelanordnung mit getrennten Leistungskabeln	Leistungskabel bei Parallelanordnung mit gemeinsamen Leistungskabel
100A-0090	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	1,5 mm² REL0106 (INK0650)
100A-0120		2,5 mm² REL0107 (INK0602)
100A-0150		
100A-0190		4,0 mm² REL0108 (INK0603)
100K-0040		1,0 mm² REL0105 (INK0653)
100B-0030		4,0 mm² REL0108 (INK0603)
100B-0120		
100B-0250	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
100C-0090	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	4,0 mm² REL0108 (INK0603)
100C-0120	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	6,0 mm² REL0109 (INK0604)
100C-0190	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
102B-0060	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	1,0 mm² REL0105 (INK0653)
102C-0060		2,5 mm² REL0107 (INK0602)
102D-0060	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	4,0 mm² REL0108 (INK0603)
140Z-0060	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	2,5 mm² REL0107 (INK0602)
140A-0030	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	1,0 mm² REL0105 (INK0653)
140A-0120		4,0 mm² REL0108 (INK0603)
140B-0035		
140B-0090	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	
140B-0120	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	6,0 mm² REL0109 (INK0604)
140C-0050	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	4,0 mm² REL0108 (INK0603)

Primärteil MLP...	Leistungskabel bei Einzelanordnung bzw. Parallelanordnung mit getrennten Leistungskabeln	Leistungskabel bei Parallelanordnung mit gemeinsamen Leistungskabel
140C-0120	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
140C-0170	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	16,0 mm² REL0111 (INK0606)
140C-0350	10,0 mm² REL0110 (INK0605)	25,0 mm² REL0112 (INK0607)
152A-0060	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	2,5 mm² REL0107 (INK0602)
152B-0060	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	6,0 mm² REL0109 (INK0604)
152C-0060		10,0 mm² REL0110 (INK0605)
152D-0060	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	16,0 mm² REL0111 (INK0606)
200A-0090	1,0 mm² REL0105 (INK0653)	4,0 mm² REL0108 (INK0603)
200A-0120	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	6,0 mm² REL0109 (INK0604)
200B-0040		4,0 mm² REL0108 (INK0603)
200B-0120	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
200C-0090	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	
200C-0120		16,0 mm² REL0111 (INK0606)
200C-0170	6,0 mm² REL0109 (INK0604)	
200D-0035	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
200D-0060	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
200D-0100	10,0 mm² REL0110 (INK0605)	25,0 mm² REL0112 (INK0607)
200D-0120		
202A-0060	1,5 mm² REL0106 (INK0650)	4,0 mm² REL0108 (INK0603)

Primärteil MLP...	Leistungskabel bei Einzelanordnung bzw. Parallelanordnung mit getrennten Leistungskabeln	Leistungskabel bei Parallelanordnung mit gemeinsamen Leistungskabel
202B-0060	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	10,0 mm² REL0110 (INK0605)
202C-0060	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	
202D-0060	6,0 mm² REL0109 (INK0604)	16,0 mm² REL0111 (INK0606)
300A-0090	2,5 mm² REL0107 (INK0602)	6,0 mm² REL0109 (INK0604)
300A-0120		10,0 mm² REL0110 (INK0605)
300B-0070	4,0 mm² REL0108 (INK0603)	16,0 mm² REL0111 (INK0606)
300B-0120	6,0 mm² REL0109 (INK0604)	25,0 mm² REL0112 (INK0607)
300C-0060		16,0 mm² REL0111 (INK0606)
300C-0090		25,0 mm² REL0112 (INK0607)
300C-0120	10,0 mm² REL0110 (INK0605)	

Tab. 8-5: Erforderliche Querschnitte der Leistungsadern, abhängig von Motortyp, Anordnung und Anschlussart

8.3.4 Anschlussbezeichnungen am Rexroth-Regelgerät

Anschluss bei Einzelanordnung

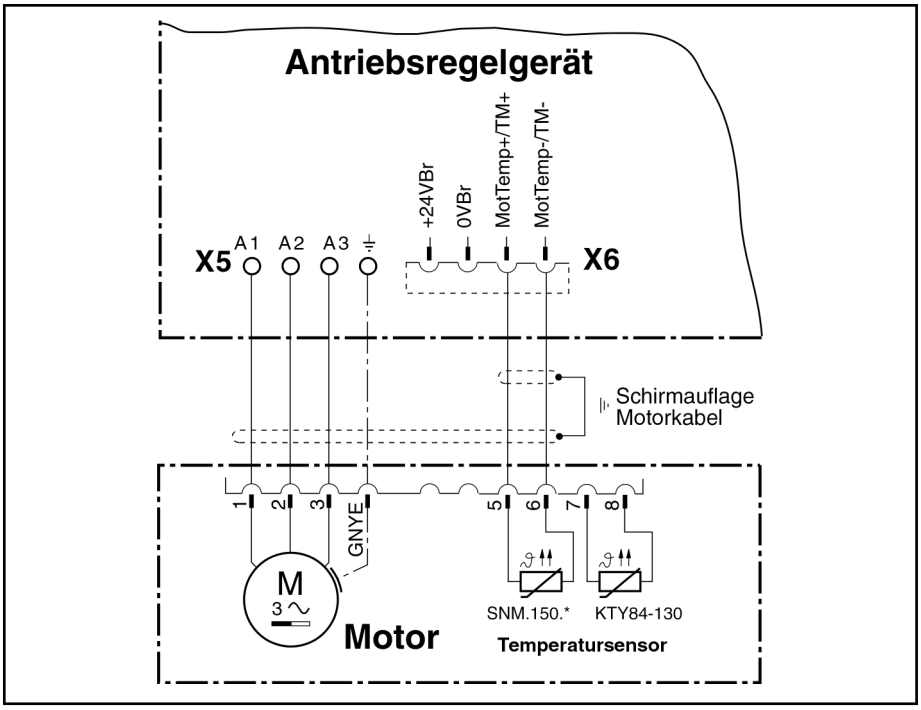


Abb. 8-9: Anschluss am Antriebsregelgerät – Einzelanordnung Primärteil

Anschluss bei Parallelanordnung

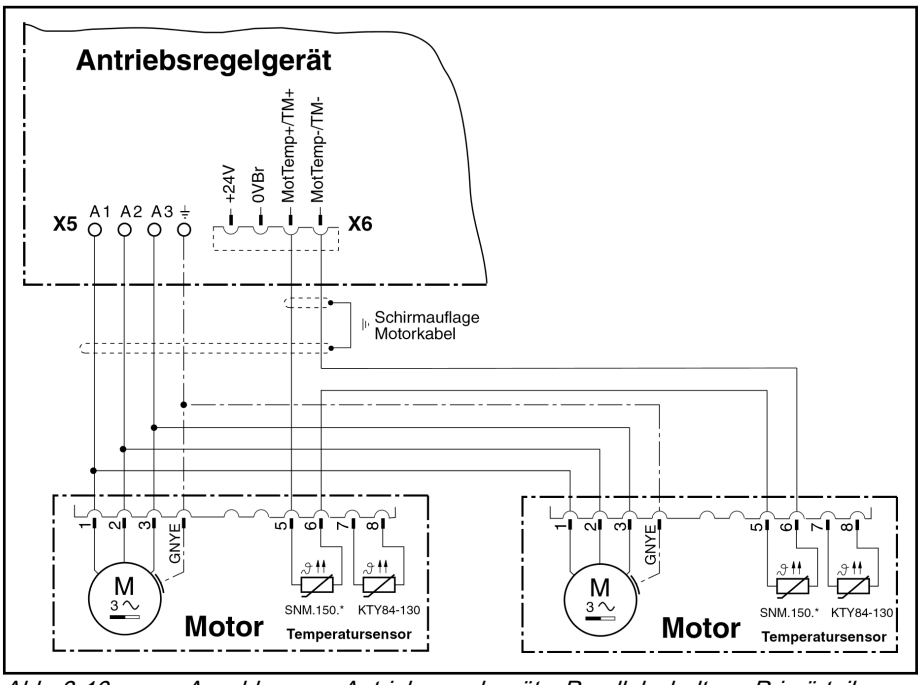


Abb. 8-10: Anschluss am Antriebsregelgerät – Parallelschaltung Primärteil

8.4 Sensorik

8.4.1 Temperatursensoren

Um einen sicheren Motorschutz vor thermischer Überlastung zu gewährleisten, sollte der Temperatursensor SNM.150.DK am Antriebsregelgerät angeschlossen werden. Der Temperatursensor KTY84-130 kann zur externen Temperaturmessung verwendet werden. Beachten Sie zum Anschluss der Temperatursensoren das jeweilige Anschlussschema zur gewählten Anschlussart (Gerätestecker oder Klemmenkasten). Weitere Hinweise zu den Temperatursensoren finden Sie in Kap. 9.11 "Motortemperaturüberwachung" auf Seite 210.

- Beim SNM.150.DK handelt es sich um einen Drillingssensor. Damit werden alle drei Phasen des Motors thermisch erfasst. Der KTY84-130 dagegen ist nur in einer Phase aktiv.
- Der KTY84-130 ist ein ESD-gefährdetes Bauteil! Aus diesem Grund sind die Litzen des Sensors am Anschlusskabel mit einer Schutzfolie geschützt. Treffen Sie vor dem Anschluss des Sensors Maßnahmen zum ESD-Schutz (ESD, engl. = electrostatic discharge).
- Bei Verwendung des KTY84-130 ist auf richtige Polarität zu achten.
- Die verwendeten Temperatursensoren sind gemäß DIN EN 50178 doppelt bzw. verstärkt isoliert, so dass gemäß DIN EN 61800-5-1 Schutztrennung vorliegt.

8.4.2 Anschluss Längenmesssystem

Der Anschluss des Längenmesssystems an ein Rexroth-Regelgerät erfolgt über ein konfektioniertes Kabel.

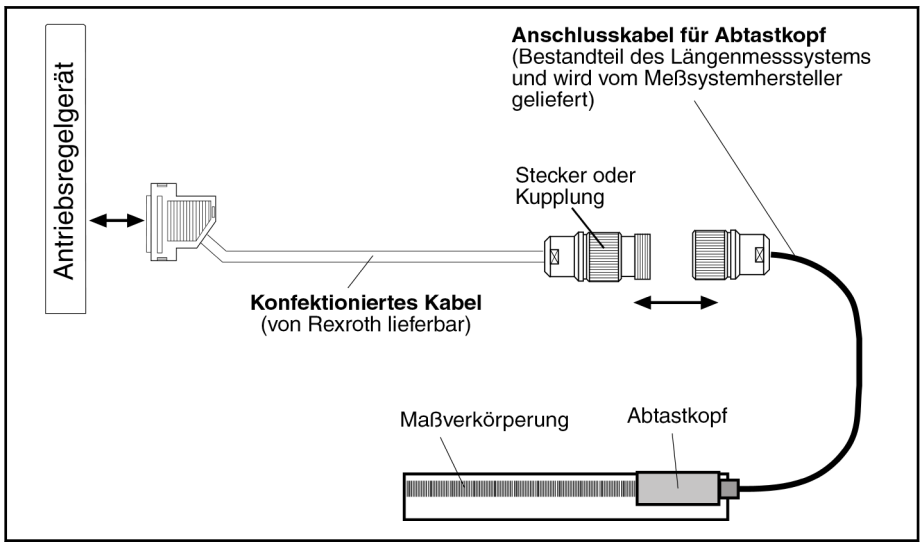


Abb. 8-11: Anschlussbeispiel Längenmesssystem

In folgender Tabelle erfolgt eine Übersicht der konfektionierten Kabel zum Anschluss des Längenmesssystems.

Meßsystemtyp	Absolut, ENDAT	Inkremental
Ausgangsgröße	Spannung	Spannung
Signalform	Sinus	Sinus
Signalamplitude	1 VSS	1 VSS
Positionsinterface	DAG	DLF
Je nach Anschlussart (Stecker oder Kupplung) des Längenmesssystems bietet Rexroth zwei unterschiedlich konfektionierte Anschlusskabel zum Verbinden von Regelgerät und Messsystem an:		
DIAX04 <--> Stecker	IKS 4142	IKS 4384
DKCxx.3 <--> Stecker	IKS 4001	IKS 4002
IndraDrive <--> Stecker	IKS 4038	IKS 4041
DIAX04 <--> Kupplung	---	IKS 4383
DKCxx.3 <--> Kupplung	---	IKS 4389
IndraDrive <--> Kupplung	---	IKS 4040

Tab. 8-6: Anschlusskomponenten Längenmesssystem

8.5 Motorkühlung

8.5.1 Allgemeines

Angaben über Abmessung, Form und Lage der Kühlmittelanschlüsse finden Sie im jeweiligen Maßblatt.

Beachten Sie beim Anschluss der Kühlmittelleitungen die im Maßblatt angegebene Zuordnung von Zulauf und Ablauf.

Installieren Sie Systeme zur Durchfluss-, Druck- und Temperaturüberwachung im Kühlkreislauf.

☞ Zur Versorgung der Motoren mit Kühlflüssigkeit benötigen Sie noch weiteres Installationsmaterial wie Kupplungen, Schläuche und Befestigungsschellen (diese gehören nicht zum Lieferumfang).

Die Dichtigkeit des Kühlmittelanschlusses liegt in der Verantwortung des Maschinenherstellers und muss von diesem nach der Installation des Motors geprüft und abgenommen werden.

Zudem sollte eine regelmäßige Überprüfung des ordnungsgemäßen Zustands des Kühlanschlusses im Wartungsplan der Maschine hinterlegt werden.

Anzugsmoment

Die Höhe des in Abb. 8-7 angegebenen Anzugsdrehmoments der motorseitigen Verschraubung darf nicht überschritten werden.

Beachten Sie jedoch, dass je nach Art der ausgewählten Anschlussverschraubung dieser Wert unter Umständen nicht ausgeschöpft werden kann, sondern ggf. zu reduzieren ist, um die Anschlussverschraubung nicht zu beschädigen.

☞ Beachten Sie die Informationen des Herstellers der gewählten Anschlussverschraubung, insbesondere die Angaben zum zulässigen Anzugsmoment.

Die motorseitigen Kühlanschlüsse sind für Kühlanschlussverschraubungen mit axialer Abdichtung vorgesehen.

Bosch Rexroth emfpiehlt deshalb Anschlussverschraubungen zu verwenden, die bereits einen O-Ring zur axialen Abdichtung der Schraubverbindung enthalten.

Als nicht geeignet wird beispielsweise eine Abdichtung mittels Hanf, Teflon-Band oder auch mit kegelförmigen Verschraubungen angesehen, da diese Art der Abdichtung das Anschlussgewinde am Motor unverhältnismäßig hoch belasten kann und/oder auf Dauer schädigt.

☞ Dichtheit des Kühlmittelanschlusses liegt in der Verantwortung des Maschinenherstellers und muss von diesem nach der Installation des Motors geprüft und abgenommen werden.

Zudem sollte eine regelmäßige Überprüfung des ordnungsgemäßen Zustands des Kühlanschlusses im Wartungsplan der Maschine hinterlegt werden.

Nachfolgende Anschlussdaten müssen eingehalten werden. Überschreiten von Anzugsmoment oder Einschraubtiefe kann einen irreversiblen Motorschaden verursachen.

	motorseitige Verschraubung		
Primärteil mit ...	Rohrgewinde ISO228-...	Anzugsmoment	Einschraubtiefe
Standardkapselung	G1/4	max. 30 Nm	max. 12 mm
Thermokapselung			

Tab. 8-7: Anschluss Flüssigkeitskühlung

8.5.2 Art und Abdichtung des Kühlmittelanschlusses

Zum Abdichten des Kühlmittelanschlussgewindes empfiehlt Bosch Rexroth Anschlussverschraubungen zu verwenden, die bereits einen O-Ring zur axialen Abdichtung der Schraubverbindung enthalten.

Als nicht geeignet wird beispielsweise eine Abdichtung mittels Hanf, Teflon-Band oder auch mit kegelförmigen Verschraubungen angesehen, da diese Art der Abdichtung bei unfachmännischer Ausführung das Anschlussgewinde unverhältnismäßig hoch belasten kann und/oder auf Dauer schädigt.

Es bieten sich beispielhaft folgende Möglichkeiten zum Anschluss der Flüssigkühlung an:

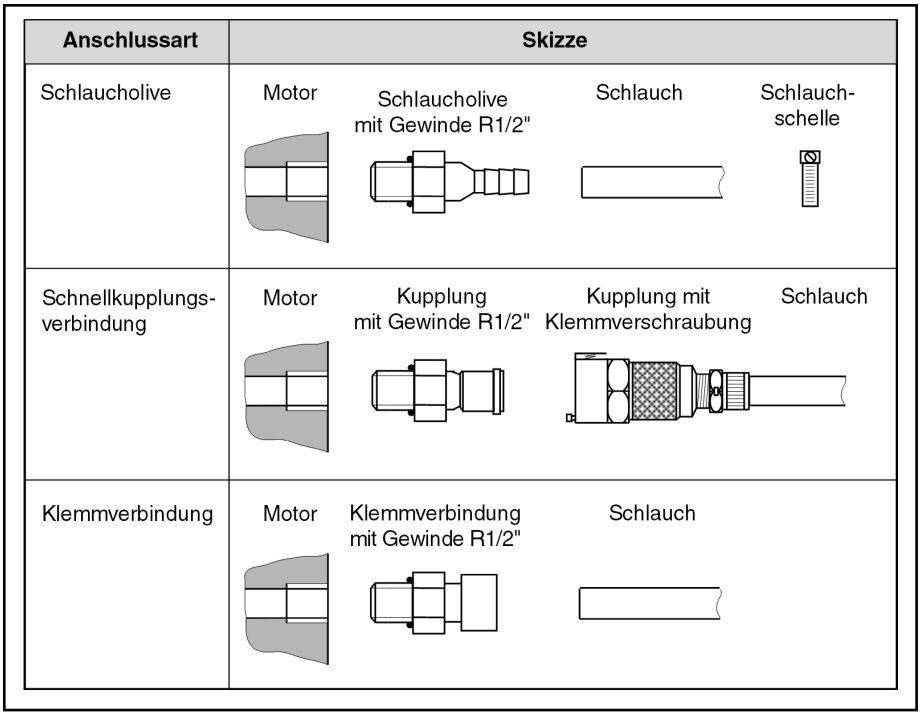


Abb. 8-12: Anschlussbeispiele der Flüssigkühlung

8.5.3 Betriebsdruck

Der maximale Systemdruck über dem internen Kühlkreislauf des Motors beträgt bei allen Motorausführungen **10 bar**.

Die Druckschwankungen im Kühlkreislauf dürfen während des Motorbetriebs **± 1 bar** nicht überschreiten.

⚠ WARNUNG **Zerstörung des Motors!**

- Zulässigen Eingangsdruck des Kühlmittels einhalten.
- Unzulässige Druckschwankungen und Druckspitzen durch konstruktive Maßnahmen ausschließen.

9 Applikations- und Konstruktionshinweise

9.1 Funktionsprinzip

Die folgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau eines MLF-Motors.

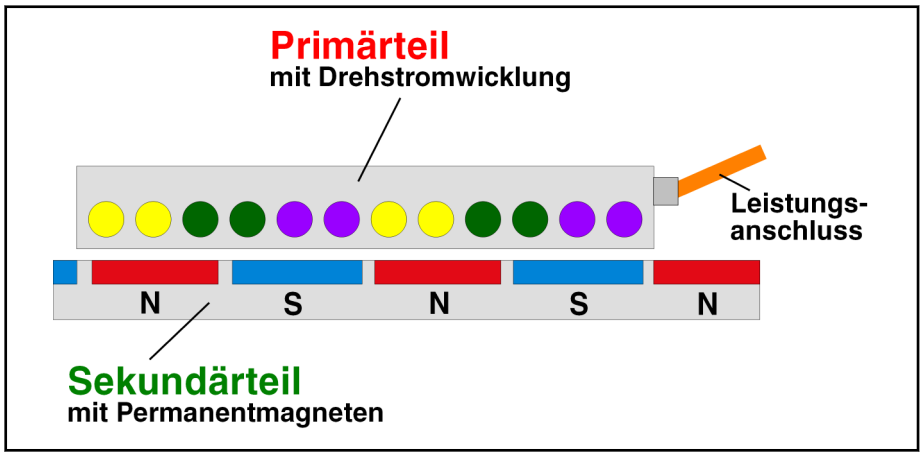


Abb. 9-1: Prinzipieller Aufbau eines MLF-Motors

Die Krafterzeugung beim MLF, einem Synchron-Linearmotor, erfolgt in der gleichen Weise wie die Drehmomenterzeugung bei rotativen Synchronmotoren. Das Primärteil (aktives Teil) trägt eine Drehstromwicklung, das Sekundärteil (passives Teil) trägt Permanentmagnete.

Es kann sowohl das Primärteil als auch das Sekundärteil bewegt werden.

Die Realisierung beliebiger Verfahrweglängen erfolgt bei bewegtem Primärteil durch das Aneinanderreihen von mehreren Sekundärteilsegmenten.

Achsaufbau

Der MLF ist ein Bausatzmotor. Die Komponenten Primär- und Sekundärteil(e) werden einzeln geliefert und durch den Anwender – komplettiert durch Linearführungen und Längenmesssystem – in die Maschine bzw. Anlage eingebaut.

Der Aufbau einer mit einem MLF ausgerüsteten Achse besteht üblicherweise aus

- Primärteil mit Drehstromwicklung,
- einem bzw. mehreren Sekundärteilen mit Permanentmagneten,
- Längenmesssystem,
- Linearführungen,
- Energiezuführungen sowie der
- Schlitten- bzw. Maschinenkonstruktion

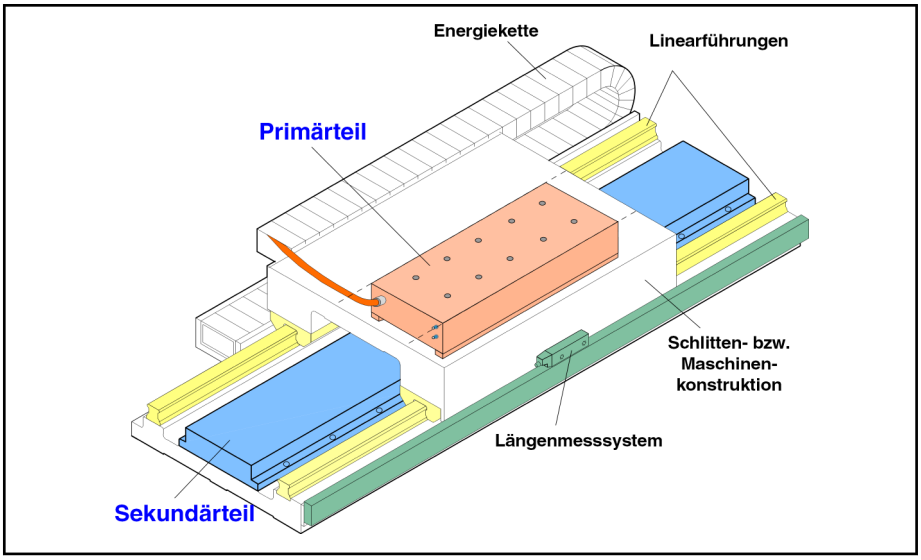


Abb. 9-2: Prinzipieller Aufbau einer mit MLF ausgerüsteten Achse

Zur Kraftvervielfachung können zwei oder mehrere Primärteile mechanisch gekoppelt werden. Weiterführende Informationen dazu entnehmen Sie bitte Kap. 9.13.2 "Mehrere Motoren pro Achse" auf Seite 216.

☞ Zum Lieferumfang des Motors gehören nur Primär- und Sekundärteil(e).

☞ Linearführungen, Längenmesssystem sowie weitere Zusatzkomponenten müssen vom Anwender selbst bereitgestellt werden. Empfehlungen zu erprobten Zusatzkomponenten entnehmen Sie bitte Kap. 14.1 "Empfohlene Lieferanten von Zusatzkomponenten " auf Seite 313.

9.2 Motorausführungen

9.2.1 Allgemeines

MLF-Motoren von Bosch Rexroth sind erprobte Antriebskomponenten. Diese weisen folgende Merkmale auf:

- Baukastensystem mit unterschiedlichen Motorbaugrößen und -längen für Vorschubkräfte bis 21.500 N pro Motor und Geschwindigkeiten über 600 m/min
- Unterschiedliche Wicklungsausführungen bei jeder Motorbaugröße zur optimalen Anpassung an unterschiedliche Geschwindigkeits-anforderungen
- Alle Motorkomponenten sind vollständig gekapselt
- Unterschiedliche Ausführungen bezüglich der Kühlung und Kapselung des Primärteils (siehe unten: Standard- und Thermokapselung)
- Schutzart IP65 (alle Motorkomponenten)
- Zwischenkreisspannungen bis 750 V
- Kein mechanischer Verschleiß
- Schutz der Motorwicklung gegen thermische Überlastung durch integrierte Temperatursensoren
- Hochflexible, geschirmte und zugentlastete Leistungskabelzuführung

Ausführung der Kühlung und Kapselung

Um für die unterschiedlichsten Anwendungen hinsichtlich technischer Anforderungen und Kosten den optimalen Motor zur Verfügung stellen zu können, stehen Primärteile in unterschiedlicher Ausführung bezüglich der Kühlung und der Kapselung zur Verfügung:

- **Standardkapselung:** Edelstahlkapselung mit einer in den Motorrücken integrierten Flüssigkeitskühlung zur Abfuhr der Verlustwärme.
- **Thermokapselung:** Edelstahlkapselung mit zusätzlicher Flüssigkeitskühlung an Motorrücken und Wärmeleitblechen zur optimalen thermischen Entkopplung zur Maschinenkonstruktion.

9.2.2 Primärteil Standardkapselung

☞ Standardkapselung ist nur für Primärteile MLPxx0 verfügbar.

Bei Anwendungen mit geringeren thermischen Anforderungen an die Maschinengenauigkeit stellen Primärteile in Standardkapselung eine wirtschaftliche Lösung dar. So finden Primärteile der Ausführung Standardkapselung ihre Haupteinsatzgebiete im Bereich der allgemeinen Automation. Die elektrischen Motorkomponenten sind hier durch eine Edelstahlkapselung geschützt. Das Kühlsystem dieser Motorausführung ist in den Motor integriert. Es dient zur Abfuhr der Verlustwärme bzw. Einhaltung der spezifizierten Dauervorschubkräfte, bietet aber keine zusätzliche motorseitige thermische Entkopplung zur Maschine.

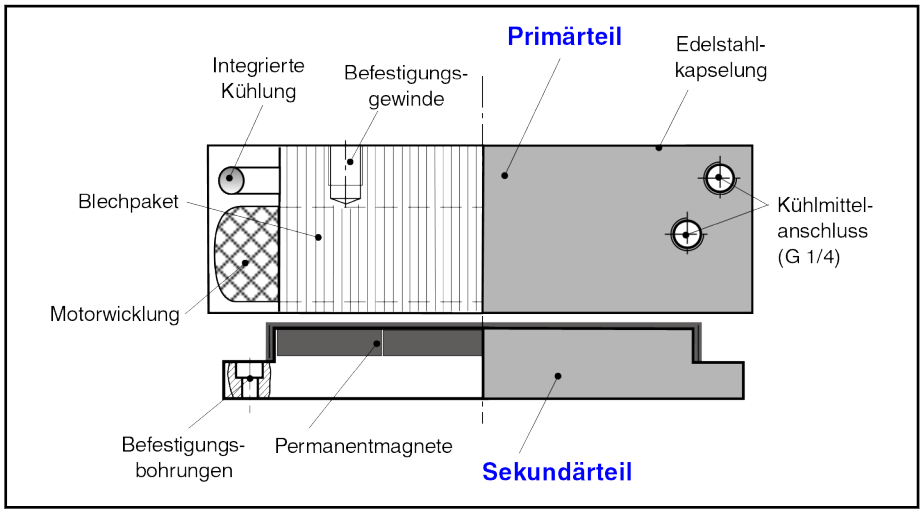


Abb. 9-3: Primärteil (nur MLPxx0) mit Standardkapselung

☞ Weitere Hinweise zur Flüssigkeitskühlung entnehmen Sie bitte Kap. 9.10 "Motorkühlung" auf Seite 191.

Haupteinsatzgebiete

Haupteinsatzgebiete dieser Primärteilausführung finden sich im Bereich der

- allgemeinen Automation
- Handling

9.2.3 Primärteil Thermokapselung

☞ Thermokapselung ist für beide Baureihen - MLPxx0 und MLPxx2 - verfügbar.

Durch eine zusätzliche in die Kapselung integrierte Flüssigkeitskühlung zur thermischen Entkopplung zur Maschinenkonstruktion wird bei Primärteilen in Thermokapselung eine hohe Temperaturkonstanz an der Montagefläche erreicht. Bei der Ausführung Thermokapselung wird eine maximale Temperaturerhöhung an der Anschraubfläche gegenüber der Kühlmittelvorlauftemperatur von 2 K erreicht.

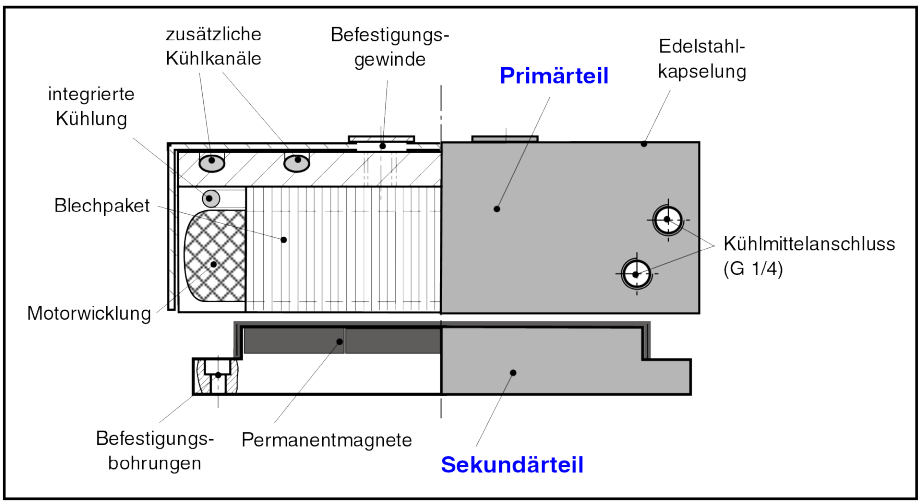


Abb. 9-4: Primärteil mit Thermokapselung (Bild zeigt MLPxx0)

Das Primärteil ist nicht ganzflächig mit der maschinenseitigen Montagefläche verbunden, sondern liegt auf erhöhten Auflagepunkten an. Dies bietet folgende Vorteile:

- Zusätzliche thermische Entkopplung und somit weitere Minimierung des möglichen Wärmeeintrags in die Maschine
- Vereinfachung der Bearbeitung der maschinenseitigen Anschraubfläche zur Einhaltung der notwendigen Einbautoleranzen

☞ Weitere Hinweise zur Flüssigkeitskühlung entnehmen Sie bitte Kap. 9.10 "Motorkühlung" auf Seite 191.

Haupteinsatzgebiete

Haupteinsatzgebiete dieser Primärteilausführung sind z. B.

- Werkzeugmaschinen
- Präzisionsanwendungen

9.2.4 Ausführung Sekundärteil

Das Sekundärteil bzw. ein Sekundärteilsegment besteht aus einem Stahlgrundkörper mit aufgebrachten Permanentmagneten. Die Befestigungsbohrungen befinden sich an der Außenkante längs des Sekundärteils.

Um eine bestmögliche Betriebszuverlässigkeit zu gewährleisten, werden die Permanentmagnete des Sekundärteils gegen Korrosion, die Einwirkung äußerer Einflüsse (wie z. B. Feuchtigkeit) sowie gegen mechanische Beschädigungen durch ein fest integriertes rostfreies Abdeckblech geschützt.

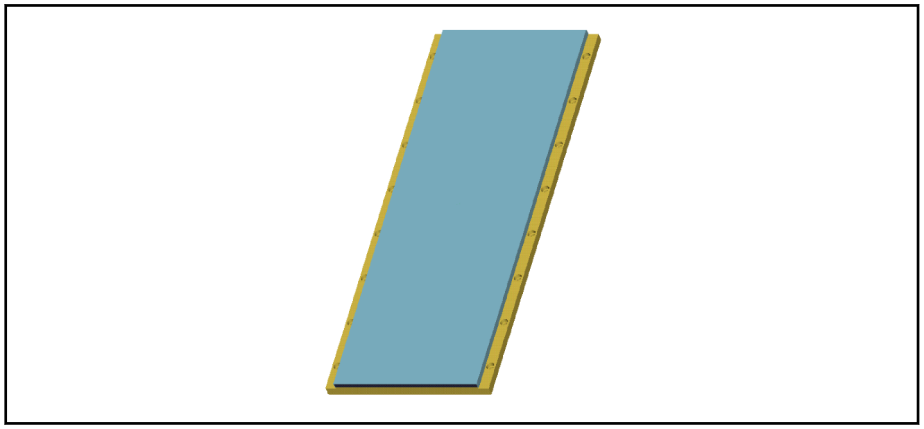


Abb. 9-5: Sekundärteil MLS

Verfügbare Längen Sekundärteile

Sekundärteile bzw. Sekundärteilsegmente stehen in folgenden Längen zur Verfügung (siehe hierzu auch Kap. 6 "Produktinformation" auf Seite 135)

	MLSxx0	MLSxx2
Segmentlängen	150 mm	180 mm
	450 mm	540 mm (nur bei MLS202)
	600 mm	

Tab. 9-1: Verfügbare Segmentlängen

Erforderliche Länge des Sekundärteils

Die erforderliche Gesamtlänge der Sekundärteile für eine Einzelanordnung eines Primärteils lässt sich folgendermaßen festlegen:

$$L_{MLS} \geq L_V + L_{MLP,Fe}$$

L_{MLS} Gesamtlänge aller aneinander gereihter Sekundärteile
L_V Länge des Verfahrwegs bzw. des Hubs der Achse
$L_{MLP,Fe}$ Aktive Eisenlänge des Primärteils (siehe Tab. 9-19)

Abb. 9-6: Ermittlung der erforderlichen Sekundärteillänge

9.3 Umweltbedingungen im Betrieb

Umweltbedingungen zum ortsfesten wettergeschütztem Betrieb der Motoren sind nach DIN EN 60721-3-3 in unterschiedlichen Klassen definiert. Sie beruhen auf weltweit über längere Zeit gemachten Erfahrungen und berücksichtigen alle Einflussgrößen die einwirken können wie z. B. Lufttemperaturen und Luftfeuchte.

In Anlehnung an die DIN EN 60721-3-3 werden im folgenden Klassifizierungen und Grenzwerte angegeben, denen die MLF während des Betriebs ausgesetzt sein dürfen. Beachten Sie die ausführliche Beschreibung der Klassifi-

zierungen um alle Einflussgrößen, die in der jeweiligen Klasse angegeben sind, zu berücksichtigen.

Im Betrieb zulässige Klassen von Umweltbedingungen nach DIN EN 60721-3-3

Art der Klassifizierung	zulässige Klasse
Klassifizierung von klimatischen Umweltbedingungen	3K22
Klassifizierung von biologischen Umweltbedingungen	3B1
Klassifizierung von mechanisch-aktiven Stoffen	3S6
Klassifizierung von mechanischen Umweltbedingungen	3M12

Tab. 9-2: Im Betrieb zulässige Klassen von Umweltbedingungen

Zur besseren Übersicht werden nachfolgend einige wesentliche Umwelteinflussgrößen der vorgenannten Klassifizierungen dargestellt. Die angegebenen Werte entsprechen, sofern nicht anders angegeben, den Werten der jeweiligen Klasse. Bosch Rexroth behält sich jedoch vor, aufgrund zukünftiger Erfahrungen oder veränderter Umwelteinflüsse, die Werte jederzeit anpassen zu können.

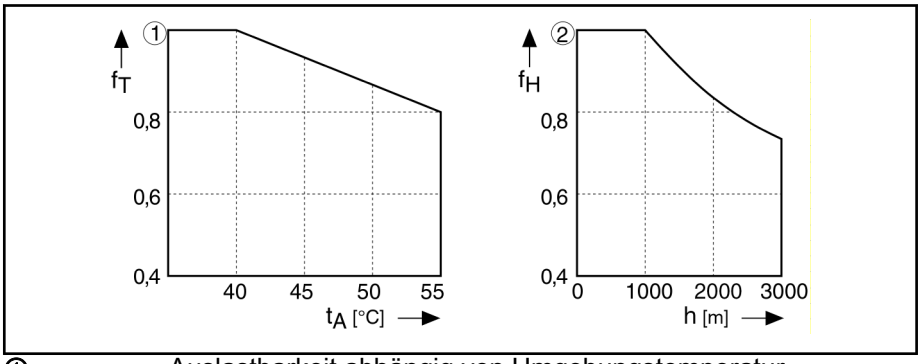
Abweichend zur DIN EN 60721-3-3 zulässige Umweltbedingungen

Umwelteinflussgröße	Einheit	Wert
Temperatur	°C	0 ... +40[1)]
Relative Luftfeuchte	%	5 ... 95[1)]
Absolute Luftfeuchte	g/m³	1 ... 29[1)]
Aufstellhöhe	m	bis 1000 m über NN

1) Abweichend von der DIN EN 60721-3-3

Tab. 9-3: Abweichend zulässige Umweltbedingungen

Bei abweichenden Bedingungen verringern sich die Daten nach den folgenden Diagrammen. Treten gleichzeitig abweichende Umgebungstemperaturen und größere Aufstellhöhen auf, sind beide Auslastungsfaktoren zu multiplizieren.



① Auslastbarkeit abhängig von Umgebungstemperatur
② Auslastbarkeit abhängig von Aufstellhöhe
f_T Auslastungsfaktor Temperatur
t_A Umgebungstemperatur in Celsius
f_H Auslastungsfaktor Höhe
h Aufstellhöhe in Meter

Abb. 9-7: Auslastungsfaktoren

Falls **entweder** die Umgebungstemperatur **oder** die Aufstellhöhe oberhalb der Nenndaten liegt:

1. Multiplizieren Sie die in den Auswahldaten angegebenen Motordaten mit dem ermittelten Auslastungsfaktor.
2. Stellen Sie sicher, dass die reduzierten Drehmomentdaten durch Ihre Anwendung nicht überschritten werden.

Falls **sowohl** die Umgebungstemperatur **als auch** die Aufstellhöhe oberhalb der Nenndaten liegen:

1. Multiplizieren Sie die ermittelten Auslastungsfaktoren f_T und f_H.
2. Multiplizieren Sie den erhaltenen Wert mit den in den Auswahldaten angegebenen Motordaten.

Stellen Sie sicher, dass die reduzierten Motordaten durch Ihre Anwendung nicht überschritten werden.

9.4 Schutzart

Die Ausführung von MLF-Motoren entspricht der Schutzart nach DIN EN 60034-5:

Motorkomponenten	Schutzart
Primärteil mit Standardkapselung Primärteil mit Thermokapselung Sekundärteil	IP65

Tab. 9-4: Schutzart

Die Schutzart wird durch das Kurzzeichen IP (International Protection) und zwei Kennziffern für den Schutzgrad beschrieben.

Die **erste Kennziffer** beschreibt den Schutzgrad gegen Berühren und Eindringen von Fremdkörpern. Die **zweite Kennziffer** beschreibt den Schutzgrad gegen Wasser.

Erste Kennziffer	Schutzgrad
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht); vollständiger Berührungsschutz
Zweite Kennziffer	Schutzgrad
5	Schutz gegen einen Wasserstrahl aus einer Düse, der aus allen Richtungen gegen das Gehäuse gerichtet wird (Strahlwasser)

Tab. 9-5: IP-Schutzarten

☞ Die Prüfungen für die zweite Kennziffer werden mit unbehandeltem Leitungswasser durchgeführt. Reinigungsvorgänge mit hohem Druck und / oder die Verwendung von Reinigungsmitteln, Lösungsmitteln, Kühlschmiermitteln o. ä. entsprechen nicht den Normprüfbedingungen für die Schutzart. Daher kann bzgl. der chemischen Beständigkeit der Dichtvorrichtungen gegenüber diesen Medien keine Gewährleistung übernommen werden.

⚠ WARNUNG **Personenschaden, Beschädigung oder Zerstörung der Motorkomponenten!**

Der Einsatz von MLF-Motoren ist nur in Umgebungen zulässig, für welche die angegebene Schutzart ausreichend ist.

9.5 Gehäuseoberfläche

Die Ausführung der Gehäuseoberfläche im Auslieferungszustand wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Motorkomponente	Gehäuseoberfläche
Primärteil Standardkapselung	Edelstahl V4A
Primärteil Thermokapselung	Edelstahl V4A
Sekundärteilsegmente	Abdeckblech Edelstahl V4A Magnetgrundträger C45, chromatiert

Tab. 9-6: Ausführung Gehäuseoberfläche

☞ Die Oberfläche der Motorkomponenten dürfen mit Lack mit einer Schichtdicke von max. 40 µm überlackiert werden. Überprüfen Sie vor dem Lackieren die Haftung und Beständigkeit der Lackierung.

9.6 Abnahmen und Zulassungen

9.6.1 CE

CE

Für alle Motoren sind Konformitätserklärungen, die den Aufbau und die Einhaltung der gültigen EN- Normen sowie EG-Richtlinien bestätigen vorhanden. Bei Bedarf können die Konformitätserklärungen über die zuständige Vertriebsniederlassung angefordert werden. Das CE-Zeichen ist auf dem Motortypenschild der Motoren angebracht.

9.6.2 UR/cUR

c UL us

MLF-Motoren wurden der UL- Behörde “Underwriters Laboratories Inc.®” vorgestellt und von dieser zugelassen. Die ausgestellte E-File Nummer lautet **E341734**. Die entsprechende Kennzeichnung der Motoren erfolgt auf dem Motortypenschild.

9.6.3 RoHS

In unserer Herstellererklärung TC 30806-1 bestätigen wir die Übereinstimmung unserer Produkte mit der RoHS-Richtlinie 2011/65/EG "Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten".

9.6.4 China RoHS 2

25

Motoren der Baureihe MLF entsprechen den Vorgaben der Verordnung SJ/T11364 und besitzen eine EFUP (Environmentally friendly use period) von 25 Jahren. Eine entsprechende Kennzeichnung ist in Vorbereitung). Nähere Informationen finden Sie unter https://www.boschrexroth.com.cn/zh/cn/home_2/china_rohs2 www.boschrexroth.com.cn/zh/cn/home_2/china_rohs2 im Abschnitt "Kit motors".

9.7 Verträglichkeitsprüfung

Alle Rexroth-Steuerungen und -Antriebe werden nach dem aktuellen Stand der Technik entwickelt und getestet.

Da es jedoch nicht möglich ist, die kontinuierliche Weiterentwicklung sämtlicher Stoffe zu verfolgen, mit denen unsere Steuerungen und Antriebe in Berührung kommen können (z. B. Schmiermittel an Werkzeugmaschinen), lassen sich Reaktionen mit den von uns eingesetzten Werkstoffen nicht in jedem Fall ausschließen.

Führen Sie aus diesem Grund vor dem Einsatz eine Verträglichkeitsprüfung zwischen neuen Stoffen (wie z. B. Schmierstoffe und Reinigungsmitteln) und unserem Gehäuse oder unseren Gerätematerialien durch.

9.8 Magnetfelder

Die mit Permanentmagneten bestückten Sekundärteile von Synchron-Linearmotoren sind magnetisch nicht abgeschirmt.

Personenschutz

⚠ WARNUNG **Elektromagnetische / magnetische Felder! Gesundheitsgefahr für Personen mit Herzschrittmachern, metallischen Implantaten oder Hörgeräten! Sachschaden.**



Gefahr durch magnetische und elektromagnetische Felder an stromführenden Leitern oder Permanentmagneten von Elektromotoren.

Personen mit Herzschrittmachern und metallischen Implantaten von diesen Motorteilen fernhalten.

Zutritt zu Bereichen, in denen solche Antriebskomponenten montiert und betrieben werden, ist für oben genannte Personen untersagt bzw. nur nach Rücksprache mit einem Arzt erlaubt.



Uhren, Kreditkarten, Scheckkarten und Ausweise mit Magnetstreifen sowie alle ferromagnetischen Teile von magnetischen Feldern fernhalten.

Beachten Sie im Umgang mit den Sekundärteil die Sicherheitshinweise unter Kap. 3.3.4 "Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern" auf Seite 18 und Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.

Es existiert keine weltweit einheitliche und verbindliche Norm, Vorschrift oder Richtlinie, die explizite Anweisungen oder Vorgaben für Träger von aktiven Körperhilfsmitteln oder Schwangeren in Expositionsbereichen mit elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern macht. Es bestehen regionale Richt- und Leitlinien und Normen (z. B. BGV B11 der deutschen Berufsgenossenschaften, DIN EN 50527, DIN VDE 0848, etc.) oder Empfehlungen nicht-gesetzlicher Organisationen (z. B. ICNIRP).

In der Europäischen Gemeinschaft (EU) legt die Richtlinie 2004/40/EG Mindestanforderungen für physikalische Einwirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit fest, die auf den maximalen Expositionsgrenzwerten der ICNIRP-Richtlinien für die berufliche Exposition beruhen. Die Europäische Richtlinie 2004/40/EG verpflichtet den Arbeitgeber zusätzlich, während der Durchführung der Risikobewertung auch indirekte Auswirkungen wie die Beeinflussung (Störung) von medizinischen elektronischen bzw. elektrischen Einrichtungen und Geräten (einschließlich Herzschrittmacher und anderer implantierter Geräte) zu untersuchen. Dafür sind die im Einzelfall vorliegenden spezifischen Eigenschaften aktiver medizinischer Implantate zu berücksichtigen (z. B. Geräteart, unterschiedliche Störfestigkeitsklassen) sowie die effektiv an der Maschine wirksamen elektrischen und magnetischen Felder. Diese können, abhängig vom konstruktiven Aufbau der Maschine sowie Art, Anzahl, Anordnung und Betriebsart der eingebauten, elektromagnetische Felder ausstrahlenden Geräte, in jedem Einzelfalle unterschiedlich ausfallen und können auch nur an der jeweiligen Maschine ermittelt werden.

Eine allgemein gültige Aussage zur Zulässigkeit oder Eignung von Herzschrittmachern oder anderer aktiver medizinischer Implantate oder Gefährdung von Schwangeren in diesen Expositionsbereichen kann seitens Bosch Rexroth nicht gegeben und eine gesundheitliche Gefährdung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Bosch Rexroth vertritt den Grundsatz, Mitarbeiter mit aktiven medizinischen Implantaten wie Herzschrittmachern, Defibrillatoren, etc. sowie Schwangere grundsätzlich nicht in solchen Expositionsbereichen arbeiten zu lassen. Dies wird auch durch einen Warnaufkleber deutlich signalisiert, der außen auf jedem Packstück mit offenen Permanentmagnet-Teilen angebracht ist.

☞ Die Sekundärteile erzeugen ein statisches Magnetfeld (Gleichfeld). Der Maschinenhersteller (OEM) bzw. Anwender muss selbst ermitteln und entscheiden, welche Leitlinien und Richtlinien in die Maschinenkonstruktion und die Benutzungsanweisungen für die Maschine einfliessen müssen und in welchem Maße Arbeitsschutzmaßnahmen an der Maschine umgesetzt werden müssen.

Spananziehung

Ab einem Abstand von ca. 100 mm von der Oberfläche des Sekundärteils erfolgt praktisch keine Anziehung ferromagnetischer Späne.

☞ Es ist sicherzustellen, dass sich das Sekundärteil nicht direkt im Spanbereich der Maschine befindet. Es sind geeignete Abdeckungen vorzusehen.

Luftfracht (IATA953)

Für den Versand von Sekundärteilen MLS als Luftfracht müssen nach IATA953 Grenzwerte der magnetischen Flussdichte in alle Raumrichtungen eingehalten werden:

Abstand vom Rand des Packstückes	Flussdichte	Maßnahme
2,1 m	≤ 0,525 µT	Packstück kann ohne Deklaration und Kennzeichnung versendet werden.
4,6 m	≤ 0,525 µT	Deklaration und Kennzeichnung als magnetisches Material („magnetic material“) erforderlich.
4,6 m	≥ 0,526 µT	Versand nur mit der vorherigen Genehmigung der zuständigen nationalen Behörde des Abgangsstaates und des Staates des Luftfahrtunternehmens.

Tab. 9-7: Grenzwerte magnetischer Flussdichte bei Luftfracht

9.9 Geräuschemission

Die Geräuschemission von Synchron-Linearantrieben ist vergleichbar mit herkömmlichen umrichterbetriebenen Vorschubantrieben.

Die Geräuschentwicklung ist erfahrungsgemäß vor allem von

- den eingesetzten Linearführungen (geschwindigkeitsabhängige Laufgeräusche),
- vom mechanischen Aufbau (mitlaufende Abdeckungen usw.) und der
- Antriebs- bzw. Regelgeräteeinstellungen (z. B. Schaltfrequenz)

abhängig und kann somit pauschal nicht angegeben werden.

9.10 Motorkühlung

9.10.1 Allgemeines

Die Primärteile MLP besitzen einen im Motor geschlossenen Kühlkreislauf. Über diesen Kühlkreislauf wird die in Wärme umgewandelte Motor-Verlustleistung P_V effektiv abgeführt. Das Kühlsystem muss vom Maschinenhersteller so ausgelegt sein, dass alle Anforderungen an Durchfluss, Druck, Reinheit, Temperaturgefälle etc. in jedem Betriebszustand eingehalten werden.

⚠ VORSICHT **Beeinträchtigung oder Ausfall von Motor, Maschine oder Kühlsystem!**

- Beachten Sie bei Konstruktion und Betrieb von Kühlsystemen die Herstellervorschriften.
- Verwenden Sie keine Kühl-Schmiermittel oder Schneidstoffe aus Bearbeitungsprozessen.
- Vermeiden Sie die Verschmutzung des Kühlmediums sowie Änderungen in der chemischen Zusammensetzung und des pH-Wertes.
- Beachten Sie die Hinweise und Einschränkungen zum Betrieb der Motoren ohne Flüssigkühlung unter Kap. 9.10.5 "Betrieb von Synchron-Linearmotoren MLF ohne Flüssigkeitskühlung" auf Seite 200.

Verwendete Materialien

Das Kühlmedium kommt im Primärteil mit folgenden Materialien in Berührung:

Baugröße MLP...	Kühlleitungen	Verschraubungen
040 ... 300	Kupfer (Cu-DHP-R200) 1)	Messing (CuZn39Pb2)

1) gemäß DIN EN 12735-1

Tab. 9-8: Materialkontakt Kühlmittel

Der Maschinenhersteller muss bei Auslegung und Betrieb des Kühlsystems chemische oder elektro-chemische Wechselwirkungen mit nachfolgender Korrosion oder Zersetzung von Motorteilen ausschließen.

9.10.2 Thermisches Verhalten von Linearmotoren

Verlustleistung

Die erreichbare Dauervorschubkraft eines Synchron-Linearmotors wird im wesentlichen durch die beim Energieumwandlungsprozess entstehende Verlustleistung P_V bestimmt. Die Verlustleistung tritt vollständig in Form von Wärme auf und darf aufgrund der begrenzten zulässigen Wicklungstemperatur eine bestimmte Höhe nicht überschreiten.

☞ Die maximale Wicklungstemperatur der MLF-Motoren beträgt 155 °C. Dies entspricht der Isolationsklasse F.

Die Gesamtverluste von Synchron-Linearmotoren werden aufgrund der niedrigen Relativgeschwindigkeiten zwischen Primär- und Sekundärteil nahezu ausschließlich durch die Stromwärmeverluste des Primärteils bestimmt:

$$P_V \approx P_{VI} = \frac{3}{2} \cdot I^2 \cdot R_{12} \cdot f_T$$

P_V Gesamtverluste in W
P_{VI} Stromwärmeverluste in W
I Strom in Motorzuleitung in A
R_{12} Elektrischer Widerstand des Motors bei 20 °C in Ohm
f_T Faktor temperaturabhängige Widerstandserhöhung

Abb. 9-8: Verlustleistung von Synchron-Linearmotoren

☞ Bei Verlustleistungsermittlung nach Abb. 9-8 ist die temperaturbedingte Erhöhung des elektrischen Widerstandes zu berücksichtigen. Bei einer Temperaturerhöhung um beispielsweise 115 K (20 °C auf 135 °C) erhöht sich der elektrische Widerstand um den Faktor f_T = 1,45.

Thermische Zeitkonstante

Der Temperaturverlauf über der Zeit wird durch die entstehende Verlustleistung sowie dem Wärmeabgabe- und Speichervermögen des Motors bestimmt. Das Wärmeabgabe- und Speichervermögen einer elektrischen Maschine wird - zu einer Größe zusammengefasst - als thermische Zeitkonstante angegeben.

Die nachfolgende Abbildung 9-9 zeigt einen beispielhaften Erwärmungs- und Abkühlvorgang einer elektrischen Maschine. Die thermische Zeitkonstante ist die Zeit, bei welcher 63 % der Endübertemperatur erreicht werden. Bei Flüssigkeitskühlung entspricht die Abkühlungszeitkonstante der Erwärmungszeitkonstante. Somit kann sowohl der Erwärmungsvorgang als auch der Abkühlungsvorgang mit der angegebenen thermischen Zeitkonstante (Erwärmungszeitkonstante) des Motors angegeben werden.

In Verbindung mit der Einschaltdauer dienen die Zusammenhänge nach Abb. 9-10 und Abb. 9-12 der Betriebsartendefinition z. B. nach DIN EN 60034-1.

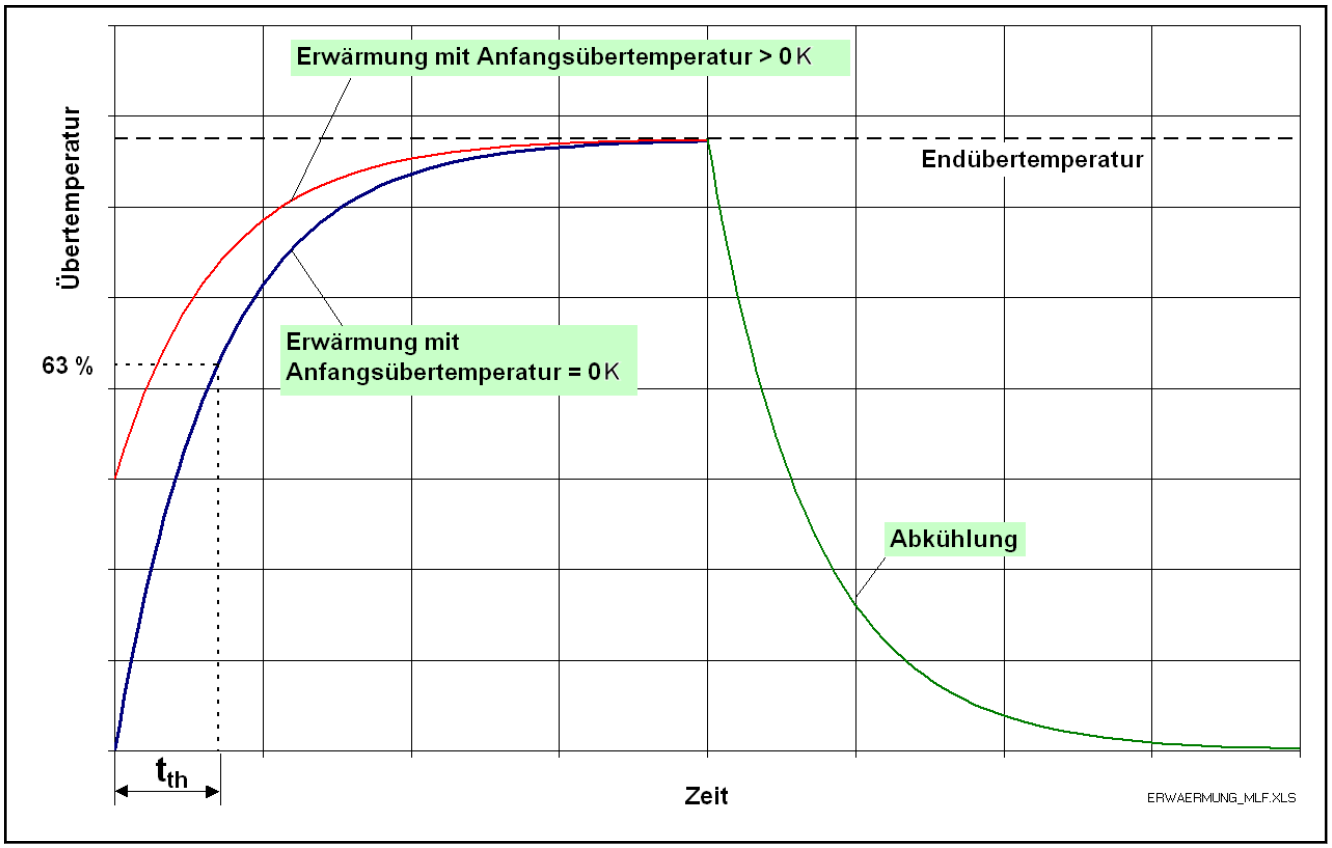


Abb. 9-9: Erwärmung und Abkühlung einer elektrischen Maschine

Erwärmung

$$\vartheta(t) = \vartheta_e \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{t_{th}}}\right) + \vartheta_a \cdot e^{-\frac{t}{t_{th}}}$$

ϑ_e	Endübertemperatur in K
ϑ_a	Anfangsübertemperatur in K
t	Zeit in min
t_{th}	Thermische Zeitkonstante in min

Abb. 9-10: Erwärmung (Übertemperatur) einer elektrischen Maschine gegenüber dem Kühlmedium

Endübertemperatur

Da die Endübertemperatur proportional zur Verlustleistung ist, kann eine Abschätzung der zu erwartenden Endübertemperatur ϑ_e nach Abb. 9-11 erfolgen:

$$\vartheta_e = \frac{P_{ce}}{P_{vN}} \cdot \vartheta_{e\max} = \frac{F_{eff}^2}{F_{dN}^2} \cdot \vartheta_{e\max}$$

P_{ce}	Dauerverlustleistung bzw. mittlere Verlustleistung über Spieldauer in W (siehe Kap. 11.4 Bestimmung der Antriebsleistung)
P_{vN}	Nennverlustleistung des Motors in W
ϑ_{emax}	Maximale Endübertemperatur des Motors in K
F_{eff}	Effektivkraft in N (aus Anwendung)
F_{dn}	Dauernennkraft des Motors in N
t_{th}	Thermische Zeitkonstante in min

Abb. 9-11: Zu erwartende Endübertemperatur des Motors

Abkühlung

$$\vartheta(t) = \vartheta_e \cdot e^{-\frac{t}{t_{th}}}$$

ϑ_e	Endübertemperatur bzw. Abschalttemperatur in K
t	Zeit in min
t_{th}	Thermische Zeitkonstante in min

Abb. 9-12: Abkühlung einer elektrischen Maschine

9.10.3 Kühlkonzept

Die Forderung nach höchsten Vorschubkräften bei minimalem Einbauvolumen macht bei Linearmotoren im allgemeinen eine Flüssigkeitskühlung erforderlich. Die Flüssigkeitskühlung sorgt dabei für

- die Abfuhr der Verlustleistung und somit für die Einhaltung der spezifizierten Dauervorschubkräfte
- das Aufrechterhalten eines bestimmten Temperaturniveaus an der Maschine

Das Kühl- und Kapselungskonzept der MLF-Motoren beinhaltet zwei unterschiedliche Lösungen:

Standardkapselung

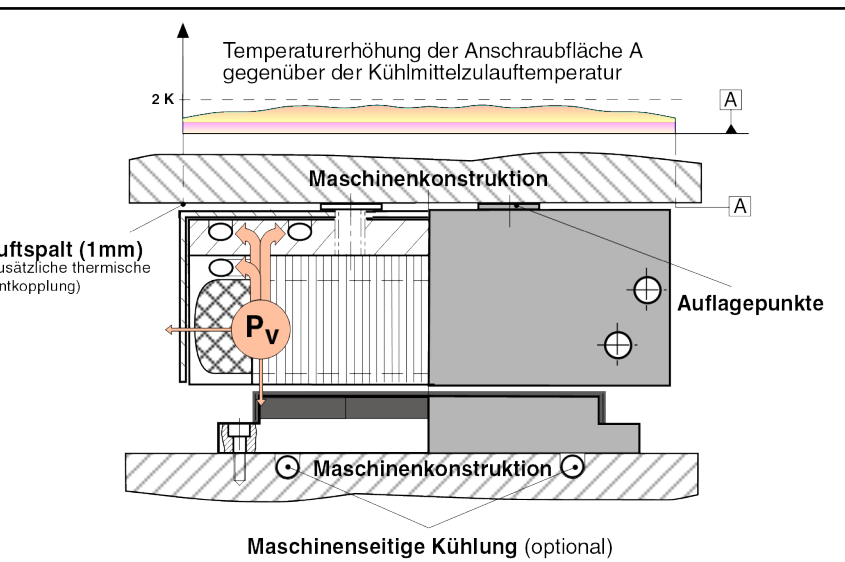
Primärteile der Ausführung Standardkapselung finden ihre Haupteinsatzgebiete im Bereich der allgemeinen Automation. Das Flüssigkeitskühlsystem dieser Motorausführung dient nur zur Abfuhr der Verlustwärme bzw. Einhaltung der spezifizierten Dauervorschubkräfte und bietet keine zusätzliche motorseitige thermische Entkopplung zur Maschine. Die maximale Temperatur der Anschraubfläche kann dabei lokal mehr als 60 °C betragen. Diese maximalen Temperaturgradienten können unabhängig von der Kühlmittelzulauftemperatur auftreten.

Thermokapselung

Primärteile der Ausführung Thermokapselung besitzen eine zusätzliche Flüssigkeitskühlung am Motorrücken sowie den Längs- und Stirnseiten zur optimalen thermischen Entkopplung zur Maschinenkonstruktion. Durch die sehr gute erreichbare Temperaturkonstanz sowie geringst möglichen Wärmeeintrag in die Maschine eignen sich Primärteile der Ausführung Thermokapselung vorrangig für den Einsatz in Werkzeugmaschinen und anderen Präzisionsanwendungen. Der interne Kühlkreislauf zur Verlustleistungsabfuhr und die Kühlkanäle der Thermokapselung sind motorintern bereits optimal verbunden, so das auch bei dieser Motorausführung nur zwei Kühlmittelanschlüsse vorhanden sind.

Das Primärteil ist nicht ganzflächig mit der maschinenseitigen Anschraubfläche verbunden, sondern liegt nur auf erhöhten Auflagepunkten. Damit wird unter anderem eine zusätzliche thermische Entkopplung und somit eine wei-

tere Minimierung des möglichen Wärmeeintrags in die Maschine erreicht (siehe Abb. 9-13).



Durch Einsatz der Thermokapselung verändern sich nicht die Leistungsdaten, z. B. die Dauervorschubkraft. Die Leistungsdaten bleiben bei beiden Ausführungen identisch.

Abb. 9-13: Kühlkonzept bei Thermokapselung

Sekundärteile

Die Sekundärteilausführung ist bei allen Primärteilausführungen identisch. Das Sekundärteil entwickelt eine vernachlässigbare Verlustleistung. Es kann jedoch bei ungünstigen Bedingungen (längerer Stillstand oder langsame Geschwindigkeit des Primärteils bei gleichzeitig hoher Dauerkraft) ein Wärmeeintrag durch das Primärteil durch Strahlung und Konvektion erfolgen.

Der Wärmeeintrag ist dabei von der Umgebungstemperatur sowie den Einbauverhältnissen in der Maschine abhängig.

Um das Temperaturniveau der Maschine konstant zu halten, kann in diesen Fällen eine maschinenseitige Kühlung - z. B. über zwei Kühlrohre erfolgen (siehe Abb. 9-13).

9.10.4 Kühlmedium

Allgemeines

Die spezifizierten Motordaten sowie die Charakteristik des Motorkühlsystems (z. B. Dauervorschubkräfte, Druckabfälle und Durchflusskennlinien) sowie alle weiteren Angaben in diesem Kapitel beziehen sich auf Flüssigkeitskühlung, Kühlmedium Wasser. Die meisten Kühlaggregate verwenden ebenfalls Wasser.



Die spezifizierten Motordaten sowie die Charakteristik des Motorkühlsystems (z. B. Dauervorschubkräfte, Druckabfälle und Durchflusskennlinien) sowie alle weiteren Angaben in diesem Kapitel beziehen sich auf Flüssigkeitskühlung, Kühlmedium Wasser.

Bei Verwendung von Kühlmedien mit anderen Stoffwerten sind diese Daten nicht mehr gültig bzw. verwendbar und müssen vom Anwender neu berechnet oder experimentell ermittelt werden.

Eine Beeinträchtigung der thermischen Entkopplung ist unter Umständen ebenfalls zu berücksichtigen.

⚠ WARNUNG **Beeinträchtigung der Kühlwirkung oder Beschädigung des Kühlsystems!**

- Kühlmedium und Durchfluss den geforderten Motorleistungsdaten anpassen
- bei Kühlmedium Wasser Korrosionsschutz verwenden und vorgeschriebenes Mischungsverhältnis sowie pH-Wert einhalten
- nur zulässige Korrosionsschutzmittel verwenden
- keine Kühlschmiermittel aus Bearbeitungsprozess verwenden
- Kühlmedium filtern
- kein Fließwasser verwenden
- geschlossenen Kühlkreislauf einsetzen
- spezifizierte Vorlauftemperaturen einhalten
- Maximaldruck einhalten
- Motorbetrieb möglichst nicht ohne Flüssigkeitskühlung

Kühlung mit Fließwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz ist nicht zulässig. Kalkhaltiges Wasser kann Ablagerungen oder Korrosion verursachen und Motor sowie Kühlsystem schädigen. Wasser das als Kühlwasser eingesetzt werden soll, muss bestimmte Kriterien erfüllen und ggf. entsprehend aufbereitet werden. Für detailierte Hinweise steht Ihnen ihr Hersteller für Kühlmittelzusatzstoffe zur Verfügung.

☞ **Beschädigungsgefahr durch unzureichende Wasserqualität im Kühlmittelkreislauf!**

Ablagerungen im Kühlsystem können den Kühlmittelfluss mindern und so die Leistung des Kühlsystems im Lauf der Zeit mindern.

Stellen Sie sicher, dass das verwendete Wasser folgende Eigenschaften hat:

- pH-Wert: 7 ... 8,5
- Härtegrad: 10° dH
- Chloride: max. 20 mg / l
- Nitrate: max. 10 mg / l
- Sulfate: max. 100 mg / l
- unlösliche Substanzen: max. 250 mg / l

In der Regel genügt Leitungswasser diesen Anforderungen.

Beachten sie die weiteren Hinweise zur geeigneten Zusammensetzung des Kühlmittels.

pH-Wert Neben dem Mischungsverhältnis muss auch der pH-Wert des eingesetzten Kühlmittels in geeigneten Abständen überprüft werden. Das Kühlmittel sollte chemisch neutral sein. Grobe Abweichungen können zur Veränderung des Verhaltens gegenüber Dichtungswerkstoffen und des Korrosionsschutzvermögens führen.

Korrosionsschutz Zum Korrosionsschutz und zur chemischen Stabilisierung muss dem Kühlwasser ein Zusatz beigemischt werden, der für Mischinstallationen mit Mate-

rialien wie z. B. Stahl bzw. Eisen, Aluminium, Kupfer und Messing geeignet ist.

Die Verwendung zu aggressiver Kühlmittel, Additive oder Kühlschmierstoffe kann zur irreparablen Schädigung der Motoren führen.

- Verwenden Sie Systeme mit geschlossenem Kreislauf und Feinfilter ≤ 100 µm.
- Beachten Sie bei der Auswahl der Kühlmittel die Umweltschutz- und Entsorgungsvorschriften am Einsatzort.

Reinigung des Kühlmittelkreislaufs

Führen Sie in regelmäßigen Abständen eine Kühlsystem-Kontrolle und -Reinigung (Spülung) nach Vorgabe des Wartungsplans des Maschinen- bzw. des Kühlsystemherstellers durch.

Beachten Sie, dass die Verwendung ungeeigneter Reinigungsmedien das Motorkühlsystem irreparabel schädigen kann. Schäden dieser Art liegen nicht im Verantwortungsbereich von Bosch Rexroth.

⚠ VORSICHT **Mögliche Beschädigungen des Motorkühlsystems durch ungeeignete Reinigungsmittel! Verlust der Garantieansprüche!**

- Verwenden Sie zur Reinigung wie auch zur Motorkühlung ausschließlich Flüssigkeiten oder Stoffe, die das Motorkühlsystem nicht angreifen bzw. nicht aggressiv auf die von uns verwendeten Materialien reagieren.
- Beachten Sie die Hinweise des Reinigungsmittelherstellers und die Hinweise des Kühlsystemherstellers.

☞ Nach dem Betrieb des Motors, z. B. im Falle einer Einlagerung oder Rücksendung, muss das Kühlmittel aus Umwelt- und Motorschutzgründen vollständig aus dem Motor entfernt werden.

Kühlmittelzusatzstoffe

☞ Bosch Rexroth kann keine generellen Aussagen oder Untersuchungen hinsichtlich der Eignung anlagenspezifischer Kühlmittel, Zusatzstoffe oder Einsatzbedingungen machen und übernimmt grundsätzlich keine Gewährleistung für Fremderzeugnisse.

Die Eignungsprüfung für die verwendeten Kühlmittel und die Auslegung des Flüssigkeits-Kühlsystems liegen im Verantwortungsbereich des Maschinenherstellers. Die vom Anwender gewählten Kühlmittelzusatzstoffe müssen mit den Materialien im Kühlsystem verträglich sein.

Beachten Sie bei der Auswahl der Kühlmittelzusatzstoffe die Umweltschutz- und Entsorgungsvorschriften am Einsatzort.

Die richtige chemische Behandlung geschlossener Wassersysteme ist Voraussetzung zur Verhinderung von Korrosion, zur Aufrechterhaltung der Wärmeübertragung und Minimierung des systemweiten Bakterienwachstums.

Bosch Rexroth empfiehlt Kühlmittelzusatzstoffe der Fa. NALCO Deutschland GmbH.

Je nach Größe des Kühlsystems stehen dem Anwender verschiedene Zusatzstoffe in Form von "gebrauchsfertigen Kühlwasser" und "Water Treatment Kits" zur Verfügung.

- Der Einsatz folgender Chemikalien ist auf geschlossene Kühlsysteme und folgende Metallurgien ausgelegt: Edelstahl, Aluminium, Kupfer und Buntmetalle.
- Die Gebindegröße und die Inhaltsstoffe eines Water Treatments Kits sind dem jeweiligen Systemvolumen angepasst und können vom Anwender ohne Berücksichtigung weiterer Mischungsverhältnisse in den Kühlmitteltank gegeben werden.

Gebrauchsfertiges Kühlwasser (Fa. NALCO)

Systemvolumen in Liter	Bestellbezeichnung	Zusatzstoffe NALCO...
0,5 ... 50	Nalco CCL100.11R	CCL100

Tab. 9-9: Gebrauchsfertiges Kühlwasser (Fa. NALCO)

Kühlwasser NALCO CCL100

Nalco CCL100 ist ein gebrauchsfertiges, konserviertes Kühlwasser für die Verwendung in geschlossenen Kühlwassersystemen. Es wird den geschlossenen Systemen direkt zugeführt und enthält alle Wirkstoffe in der richtigen Behandlungskonzentration.

Nalco CCL100 enthält Korrosionsschutzmittel, das Eisenmetall, Kupfer, Kupferlegierungen und Aluminium vor Korrosion schützt. Nalco CCL100 ist frei von Nitrit und minimiert das mikrobiologische Wachstum.

Water Treatment Kits (Fa. NALCO)

Systemvolumen in Liter	Bestellbezeichnung	Zusatzstoffe NALCO...
50 ... 99	480-BR100-100.88	TRAC100 7330 73199
100 ... 199	480-BR100-200.88	
200 ... 349	480-BR100-350.88	
350 ... 500	480-BR100-500.88	

Tab. 9-10: Water Treatment Kits (Fa. NALCO)

Kühlmittelzusatz NALCO TRAC100

Nalco TRAC100 ist ein flüssiger Korrosions- und Belagsinhibitor für den Einsatz in geschlossenen Kühlsystemen. Optional mit TRASAR-Technologie: sie überwacht, zeigt und dosiert automatisch das Produkt zu einer Zielkonzentration und schützt das System kontinuierlich. NALCO TRAC100 ist ein kompletter Inhibitor, der Eisenmetall, Kupferlegierungen und Aluminium Korrosionsschutz bewirkt. NALCO TRAC100 ist frei von Nitrit und minimiert die Anforderung an mikrobiologische Kontrolle.

Kühlmittelzusatz NALCO 7330

Nalco 7330 ist ein nicht-oxidierendes Breitband-Biozid und für den Einsatz in geschlossenen Kühlkreislaufsystemen geeignet.

Kühlmittelzusatz NALCO 73199

Nalco 73199 ist ein organischer Korrosionsinhibitor, der eine schnelle Eigenschutzschicht und Deckschutzschicht bei Buntmetallen fördert.

Vorgenannte Zusatzstoffe sind Bestandteil eines präventiven Wasserbehandlungsprogramms der Fa. Nalco. Dieses umfasst neben den einzusetzenden Chemikalien auch Testmethoden, Service und Equipment und wird dem Anwender der Produkte zur Verfügung gestellt.

Wasserqualität des Zusatzwasser

Leitfähigkeit	< 20 µS/cm (z. B. vollentsaltztes Wasser, Osmosewasser usw.)
Gesamthärte	< 0,5 °dH bzw. < 10 mg/l $CaCO_3$

Mikrobiologie	< 100 KBE/ml (CFU/ml)
Eisen /Kupfer	< 0,1 mg/l
Trübstoffe	frei von Trübstoffen

Tab. 9-11: Wasserqualität des Zusatzwasser

Das Wasserbehandlungsprogramm ist eine Spezifikation für den Anwender und beschreibt das erforderliche Minimum.

Zusätzliches Equipment, Tests und Service müssen mit Fa. Nalco abgestimmt werden, um für die Kühlsysteme eine optimale Leistung und optimalen Schutz der Systeme zu erreichen.

Für weitere Informationen oder Bestellungen wenden Sie sich bitte an:

NALCO Deutschland GmbH

http://www.nalco.com

Hersteller von Kühlmittelzusatzstoffen

Kühlmittelzusatzstoffe können u. a. auch von nachfolgenden Herstellern bezogen werden:

Hersteller von chemischen Additiven:

FUCHS PETROLUB AG	http://www.fuchs-oil.com
Clariant Produkte (Deutschland) GmbH	http://www.antifrogen.de
hebro chemie GmbH	http://www.hebro-chemie.de
TYFOROP Chemie GmbH	http://www.tyfo.de
Schweizer-Chemie GmbH	http://www.schweitzer-chemie.de

Kühlmitteltemperatur

Kühlmitteleintrittstemperatur

Die zulässige Kühlmitteleintrittstemperatur liegt bei +5 ... +40 °C. Die einzustellende Kühlmitteleintrittstemperatur ist in Abhängigkeit von der tatsächlich vorhandenen Umgebungstemperatur zu wählen und darf maximal 5 K unter der gemessenen Umgebungstemperatur liegen.

Die Überschreitung der empfohlenen Temperaturspanne führt zu einer stärkeren Reduzierung der Dauervorschubkraft (siehe Kap. 9.3 , Umweltbedingungen).

☞ Die Kühlmitteleintrittstemperatur darf maximal 5 K unterhalb der tatsächlich vorhandenen Raumtemperatur liegen um Betauung zu vermeiden.

⚠ WARNUNG **Reduzierung der Dauervorschubkraft oder Zerstörung des Motors!**

Zulässigen Temperaturbereich des Kühlmittels einhalten

Dauervorschubkraft in Abhängigkeit der Kühlmitteltemperatur

Die Angabe der Dauervorschubkraft in den technischen Motordaten bezieht sich auf eine Zulauftemperatur des Kühlmittels von 30 °C.

Bei Abweichung der Zulauftemperatur kommt es zu einer geringfügigen Änderung der Dauervorschubkraft nach Abb. 9-14:

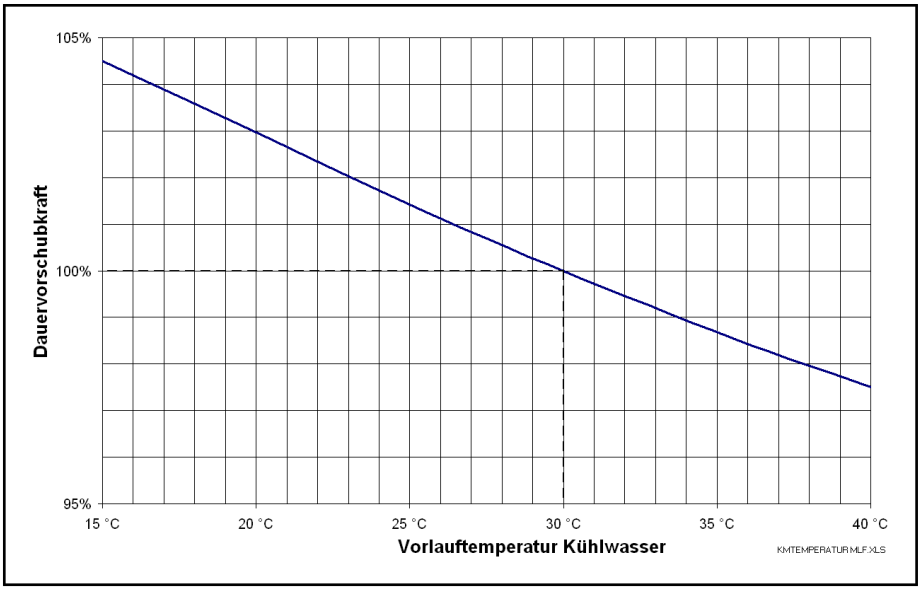


Abb. 9-14: Dauervorschubkraft in Abhängigkeit von der Kühlmittelvorlauftemperatur

9.10.5 Betrieb von Synchron-Linearmotoren MLF ohne Flüssigkeitskühlung

Theoretisch ist der Betrieb von MLF-Motoren auch ohne Flüssigkeitskühlung möglich.

Beachten Sie hierzu folgende Hinweise und Einschränkungen:

- Ohne Flüssigkeitskühlung stehen nur **deutlich reduzierte Leistungsdaten** zur Verfügung, die in dieser Dokumentation nicht aufgeführt sind.
- Die in den Datenblättern angegebenen Werte zur Bemessungskraft und zum Bemessungsstrom der Motoren müssen in Abhängigkeit von der Ankopplung des Motors auf **~40 %** des angegebenen Wertes abgesenkt werden.
- Aufgrund der zu erwartenden höheren Temperaturbelastung der Maschinen und den dadurch resultierenden Ausdehnungen ist der im Datenblatt zu den Motoren angegebene Nennluftspalt um mindestens 0,2 mm zu vergrößern.

Die verfügbare Maximalkraft der Motoren wird dadurch nicht reduziert.

Die Temperatur an der Anschraubfläche des Primärteils kann beim Betrieb ohne Flüssigkeitskühlung je nach Belastung bis zu 140 °C betragen. Die Verlustleistung der Motoren wird hierbei über die Anschraubfläche und die kundenseitige Maschinenkonstruktion abgeführt.

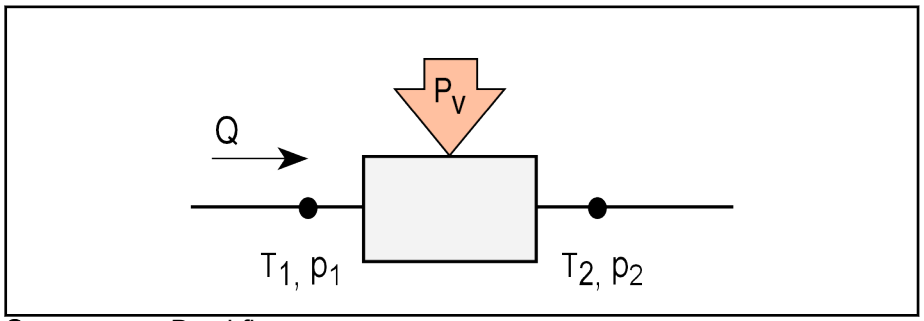
⚠ WARNUNG **Drastische Reduzierung der Dauervorschubkraft sowie starke Erwärmung und Verspannungen der Maschinenkonstruktion durch Betrieb von Synchron-Linearmotoren ohne Flüssigkeitskühlung!**

- Flüssigkeitskühlung vorsehen
- Bei Achsen welche ohne Flüssigkeitskühlung betrieben werden ist die Dauernennkraftreduzierung und die Erwärmung der Maschinenkonstruktion (Verspannung durch Ausdehnung) in die Dimensionierung und Konstruktion einzubeziehen.
- Strom am nicht wassergekühlten Motor bei der Inbetriebnahme über Parameter S-0-0111 entsprechend reduzieren! Ohne eine Reduzierung des Bemessungsstromes erwärmt sich der Motor so schnell, dass die Thermokontakte nicht in jedem Fall den Motor rechtzeitig abschalten können. Eine Überhitzung der Wicklung wäre die Folge. Durch eine Überhitzung der Wicklung wird die Wicklungsisolation geschwächt oder im Extremfall zerstört.

☞ Beachten Sie hierzu auch die Angaben zur Parametrierung in Kap. 13.4 "Parametrierung " auf Seite 293 zum Betrieb von Synchron-Linearmotoren MLF ohne Flüssigkeitskühlung.

9.10.6 Dimensionierung des Kühlkreislaufes

Allgemeines



Q Durchflussmenge
T_1 Zuflusstemperatur Kühlmedium
T_2 Abflusstemperatur Kühlmedium
p_1 Eingangsdruck
p_2 Ausgangsdruck

Abb. 9-15: Flüssigkeitsgekühlte Komponente

Temperaturerhöhung Kühlmedium

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

T_1 Zuflusstemperatur Kühlmedium in K
T_2 Abflusstemperatur Kühlmedium in K
ΔT Temperaturerhöhung Kühlmedium in K

Abb. 9-16: Temperaturerhöhung Kühlmedium in K

Druckabfall

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

p_1 Eingangsdruck
p_2 Ausgangsdruck
Δp Druckabfall

Abb. 9-17: Druckabfall über durchströmter Komponente

Auslegungskriterien

Bei der Dimensionierung des Kühlkreislaufes der Synchron-Linearmotoren muss - bezogen auf den Motor - anwendungsabhängig zwischen zwei Grundanforderungen unterschieden werden:

1. Flüssigkeitskühlung wird nur zur Abfuhr der Verlustleistung und somit zur Einhaltung der spezifizierten Dauernennkräfte benötigt, z. B. bei der Motorausführung Standardkapselung
2. Flüssigkeitskühlung soll gleichzeitig definiertes Temperaturniveau an der Anschraubfläche gewährleisten, z. B. bei der Motorausführung Thermokapselung

Kühlmitteldurchfluss

Rexroth empfiehlt den Kühlmitteldurchfluss bei Motoren bis Baugröße 070 auf ~ 5 l/min, ab Baugröße 100 auf ~ 6 l/min auszulegen. Beachten Sie hierzu die Angaben im jeweiligen Motordatenblatt im Kapitel Technische Daten.

Der mindestens erforderliche Kühlmitteldurchfluss zur Einhaltung der spezifizierten Dauervorschubkraft wird in Kapitel Technische Daten angegeben.

Bei der Angabe dieses Wertes wird eine Temperaturerhöhung des Kühlmittels von 10 K zugrunde gelegt.

Zur Bestimmung des erforderlichen Kühlmitteldurchflusses bei abweichenden Temperaturerhöhungen und / oder anderen Kühlmedien als Wasser dienen Abb. 9-18 und Abb. 9-12.

$$Q = \frac{P_{co} \cdot 60000}{c \cdot \rho \cdot \Delta T}$$

Q erforderlicher Kühlmitteldurchfluss in l/min
P_{co} abzuführende Verlustleistung in W
c spezifische Wärmekapazität des Kühlmediums in J/kg · K
ρ Dichte des Kühlmediums in kg/m³
ΔT Temperaturerhöhung Kühlmedium in K

Abb. 9-18: Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss zur Abfuhr einer gegebenen Verlustleistung

Kühlmittel	Spezifische Wärmekapazität c in J/kg · K	Dichte ρ in kg/m³
Wasser	4183	998,3

Tab. 9-12: Stoffwerte Kühlmedium Wasser bei 20°C

Einhaltung eines konstanten Temperaturniveaus bei Thermokapselung

Soll ein definiertes Temperaturniveau an der Anschraubfläche des Primärteils bei der Motorausführung Thermokapselung gewährleistet werden, so ist der erforderliche Kühlmitteldurchfluss zur Einhaltung einer maximalen Temperaturerhöhung des Kühlmediums nach Abb. 9-19 zu ermitteln. Hierbei wird berücksichtigt, dass nur noch ein Teil der abzuführenden Verlustleistung über die Thermokapselung abgeführt werden muss. ΔT_m ist hierbei die Temperatur an der Anschraubfläche des Primärteils.

☞ Die Einhaltung eines definierten Temperaturniveaus an der Anschraubfläche ist nur mit der Motorausführung Thermokapselung möglich.

$$Q = \frac{P_{\infty} \cdot 25200}{c \cdot \rho \cdot \Delta T_m}$$

Q	erforderlicher Kühlmitteldurchfluss in l/min
P_{∞}	abzuführende Verlustleistung in W
c	spezifische Wärmekapazität des Kühlmediums in J/kg · K
ρ	Dichte des Kühlmediums in kg/m³
ΔT_m	Temperaturerhöhung Anschraubfläche in K

Abb. 9-19: Erforderlicher Kühlmitteldurchfluss zur Einhaltung eines konstanten Temperaturniveaus an der Motoranschraubfläche bei Thermokapselung

Voraussetzung: $Q \geq Q_{min}$

Druckabfall

Der Strömungswiderstand an den Rohrwänden, Umlenkungen und Querschnittsänderungen erzeugt einen Druckverlust über der durchströmten Komponente (Abb. 9-15).

Der Druckabfall Δp steigt mit Erhöhung der Durchflussmenge (Abb. 9-20).

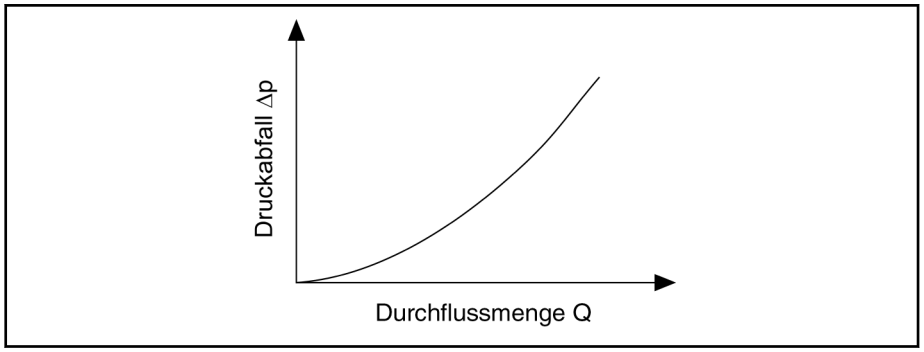


Abb. 9-20: Druckabfall in Abhängigkeit von der Durchflussmenge, allgemeine Darstellung

Der Druckabfall über dem internen Kühlkreislauf des Motors kann anhand der in Kapitel Technische Daten angegeben Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls k_{dp} wie folgt ermittelt werden:

$$\Delta p_m = k_{dp} \cdot Q^{1.75}$$

Δp_m	Druckabfall über internen Kühlkreislauf des Motors in bar
Q	Durchflussmenge in l/min
k_{dp}	Konstante zur Ermittlung des Druckabfalls

Abb. 9-21: Ermittlung des Druckabfalls in Abhängigkeit von der Durchflussmenge

Der Druckabfall über dem Gesamtsystem wird durch die Summe einer Reihe von Teildruckabfällen bestimmt (Abb. 9-22). Der Druckabfall über dem internen Kühlsystem des Motors ist im allgemeinen relativ gering.

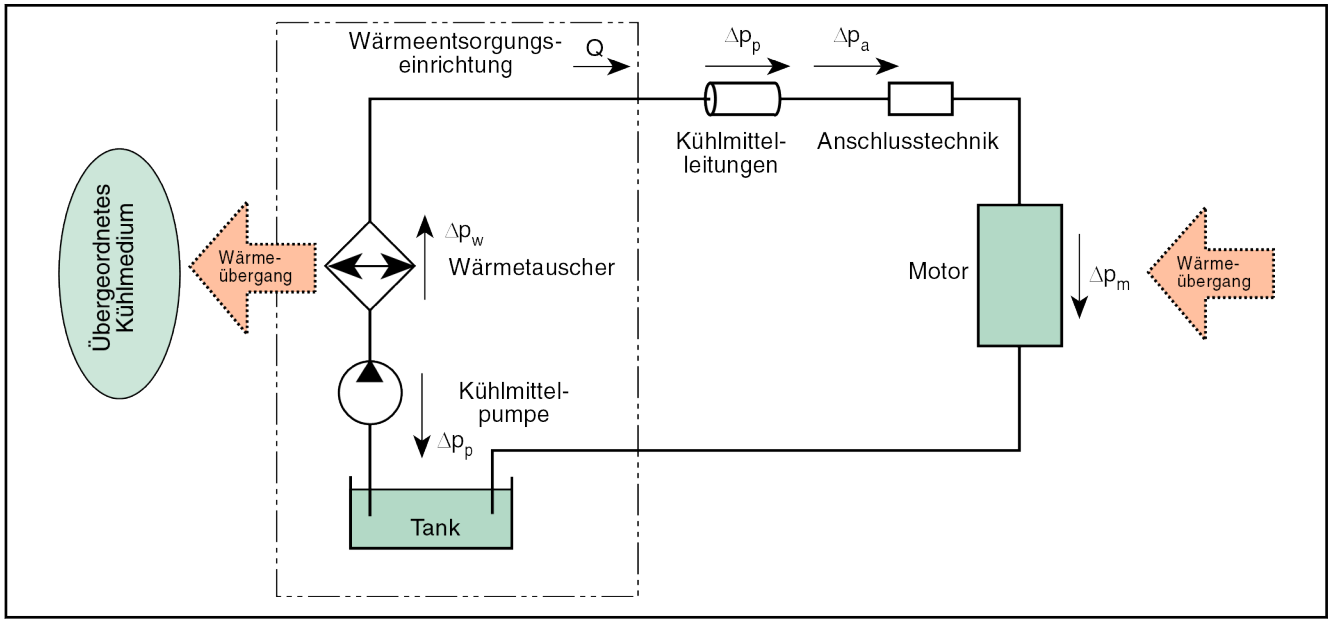


Abb. 9-22: Prinzipielle Anordnung eines flüssigkeitsgekühlten Motors mit Wärmeentsorgungseinrichtung

Der Gesamtdruckabfall des Kühlsystems wird von diversen Teildruckabfällen (Motor, Zuleitungen, Anschlusstechnik usw.) bestimmt. Bei der Dimensionierung des Kühlkreislaufes ist dies - mit Hilfe herstellerspezifischer Daten - zu berücksichtigen.

9.10.7 Flüssigkeitskühlsystem

Allgemeines

An Maschinen und Anlagen kann Flüssigkeitskühlung für eine oder mehrere Antriebskomponenten erforderlich sein. Sind mehrere flüssigkeitsgekühlte Antriebskomponenten vorhanden, werden diese über eine Verteilung an die Wärmeentsorgungseinrichtung angeschlossen.

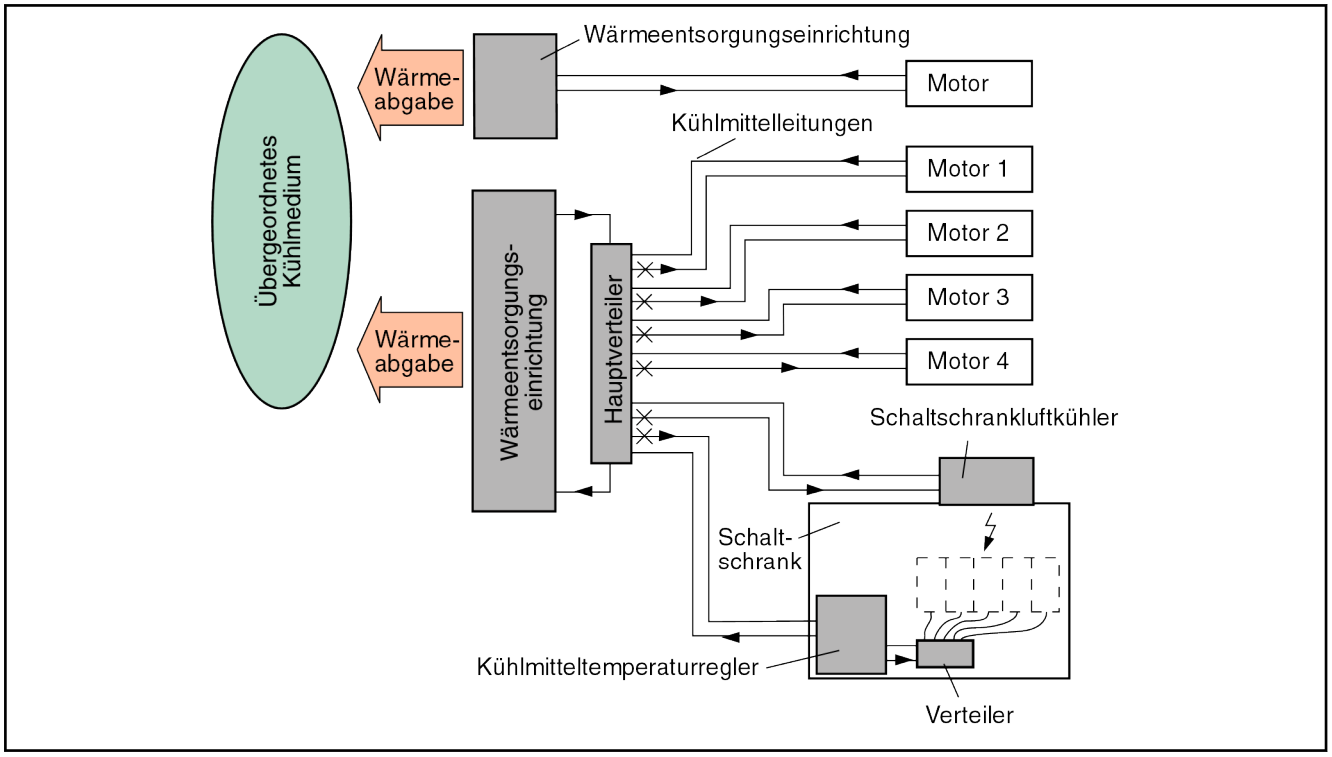


Abb. 9-23: Prinzipieller Aufbau von Kühlsystemen mit einer und mehreren Antriebskomponenten

Wärmeentsorgungseinrichtung

Die Wärmeentsorgungseinrichtung führt die Summe aller in Flüssigkeit eingeleiteten Wärmeleistungen in ein übergeordnetes Kühlmedium ab. Sie stellt ein temperiertes Kühlmedium zur Verfügung und hält hierdurch ein gefordertes Temperaturniveau an den zu kühlenden Komponenten aufrecht.

Zu einer Wärmeentsorgungseinrichtung gehört neben dem eigentlichen Wärmetauscher eine Kühlmittelpumpe und ein Kühlmittelbehälter.

Es gibt drei Arten von Wärmeentsorgungseinrichtungen. Sie sind nach Art des Wärmeaustausches von einem Medium zum anderen gekennzeichnet:

1. **Luft-Flüssigkeits-Kühlaggregat**
2. **Flüssigkeits-Flüssigkeits-Kühlaggregat**
3. **Kälteaggregat**

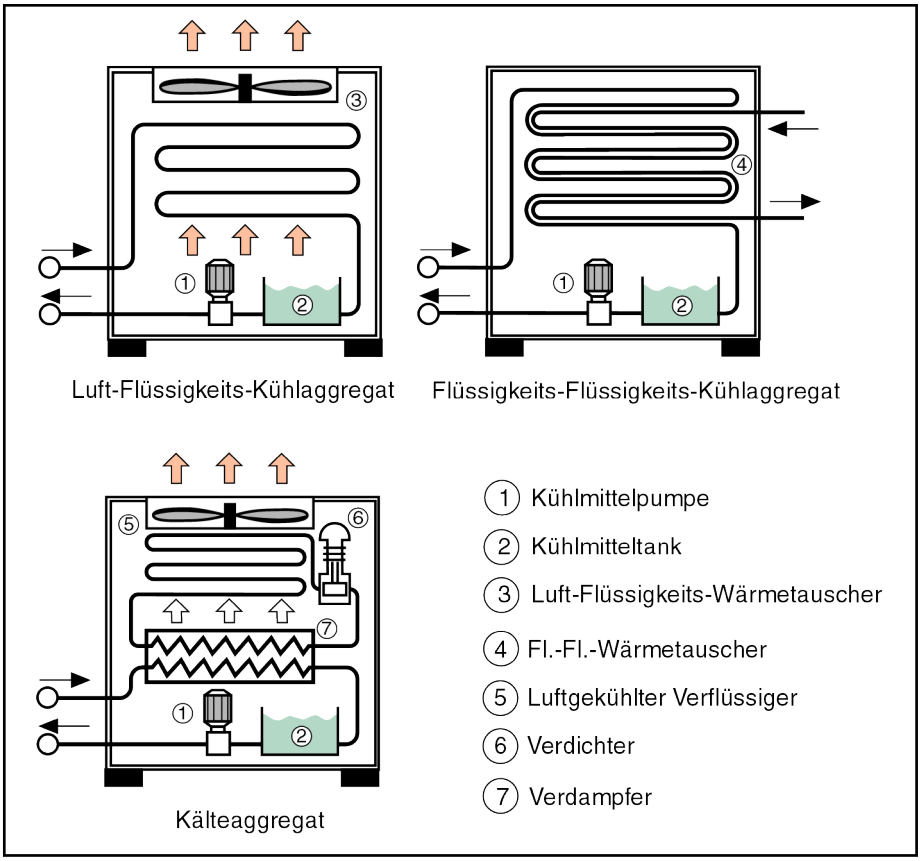


Abb. 9-24: Wärmeentsorgungseinrichtungen

	Luft-Flüssigkeits-Kühlaggregat	Flüssigkeits-Flüssigkeits-Kühlaggregat	Kälteaggregat
Regelgenauigkeit der Kühlmitteltemperatur	gering (±5 K)	gering (±5 K)	gut (±1 K)
Übergeordneter Kühlmittelkreislauf erforderlich	nein	Ja	nein
Erwärmung Umgebungsluft	ja	Nein	ja
Rückgewinnung Verlustleistung	nein	Ja	nein
Dimensionen des Kühlaggregats	klein	Klein	groß
Abhängigkeit Umgebungstemperatur	ja	Nein	nein

	Luft-Flüssigkeits-Kühlaggregat	Flüssigkeits-Flüssigkeits-Kühlaggregat	Kälteaggregat
Umweltschädigende Kühlmittel	nein	Nein	ja
Bemerkungen zu den Einsatzkriterien	Besondere Eignung für Stand-Alone-Maschinen bei denen kein übergeordneter Kühlkreislauf zur Verfügung steht und keine hohen Anforderungen an die Stabilität der Kühlmitteltemperatur gestellt werden.	Dieser Kühlertyp ist besonders für Anlagen mit vorhandener zentraler Rückkühlung geeignet. Er erfüllt ebenfalls keine hohen Ansprüche an die Stabilität der Kühlmitteltemperatur.	Besondere Eignung bei hohen Anforderungen an die thermische Stabilität, z. B. bei hochpräzisen Anwendungen.

Tab. 9-13: Übersicht der Wärmeentsorgungseinrichtungen nach Einsatzkriterien

Kühlmittelleitungen

Die Kühlmittelleitungen sind ein wesentlicher Bestandteil des Kühlsystems. Sie haben großen Einfluss auf Betriebssicherheit und den Druckabfall des Systems. Sie können als Schlauch- oder Rohrleitungen ausgeführt werden.

Verlegung von flexiblen Kühlmittelleitungen innerhalb der Energiekette

Bei Linearmotorantrieben mit bewegtem Primärteil müssen die Kühlmittelleitungen innerhalb einer flexiblen Energiekette verlegt werden.

Die Dauerbiegebelastung der Kühlmittelleitungen ist bei der Dimensionierung und Auswahl unbedingt zu berücksichtigen.

Weitere optionale Komponenten

- Verteilungen
- Kühlmitteltemperaturregler
- Strömungswächter

  Bei Unterschreiten einer einstellbaren Mindestdurchflussmenge wird eine Meldung ausgeben.
- Füllstandswächter

  Vorwiegend Minimum-Maximum-Füllstandswächter zur Kontrolle des Kühlmittelniveaus im Kühlmitteltank.
- Überströmventil
- Sicherheitsventil

  Beim Erreichen eines bestimmten Druckes Öffnung einer Verbindung zwischen Kühlmittelvorlauf und Tank
- Kühlmittelfilter (100 µm)
- Kühlmittelheizungen

  Zur Bereitstellung von korrekt temperiertem Kühlmittel, insbesondere bei Kühlmitteltemperaturregelung
- Drossel- und Absperrarmaturen

Schaltungsarten

Die beiden möglichen Schaltungsarten von hydraulischen Komponenten (Reihenschaltung/Parallelschaltung) zeigen wesentliche Unterschiede in Bezug auf:

- Druckabfall des gesamten Kühlsystems
- Fördermenge der Kühlmittelpumpe

- Temperaturniveau und -regelbarkeit der einzelnen zu kühlenden Komponenten

Parallelschaltung

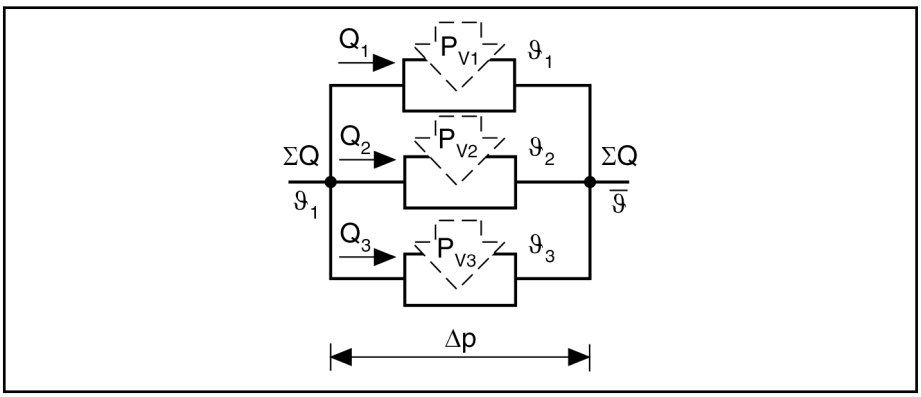


Abb. 9-25: Parallelschaltung von flüssigkeitsgekühlten Antriebskomponenten

Die Parallelschaltung ist charakterisiert durch Knotenpunkte im hydraulischen System. Die Summe der auf einen Knoten zufließenden Kühlmittelströme ist gleich der Summe der von diesem Knoten abfließenden Kühlmittelströme. Zwischen zwei Knoten herrscht für alle dazwischen liegenden Kühlsystemzweige gleicher Druckunterschied (Druckabfall).

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad \ldots + Q_n$$

$$\Delta p = \Delta p_1 = \Delta p_2 = \Delta p_n$$

Δp Druckabfall
Q Durchflussmenge

Abb. 9-26: Druckabfall und Durchflussmenge bei Parallelschaltung hydraulischer Komponenten

Bei Kühlung von mehreren Antriebskomponenten ist die Parallelschaltung aus folgenden Gründen vorteilhaft:

- Die einzelnen zu kühlenden Komponenten können mit der individuell erforderlichen Durchflussmenge gekühlt werden. Dies bedeutet hohe thermische Betriebssicherheit.
- Gleiches Temperaturniveau am Kühlmitteleintritt aller Komponenten. (Gleichmäßige Maschinenerwärmung)
- Gleiche Druckdifferenz zwischen Kühlmittelein- und -austritt aller Komponenten (kein hoher Gesamtdruck erforderlich)

Reihenschaltung

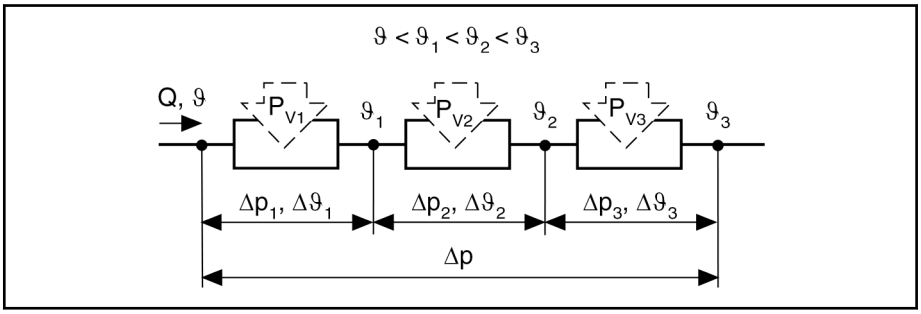


Abb. 9-27: Reihenschaltung von flüssigkeitsgekühlten Antriebskomponenten

Bei der Reihenschaltung werden alle zu kühlenden Komponenten vom gleichen Kühlmittelstrom durchflossen. Jede Komponente hat zwischen Kühlmit-

telein- und austritt einen Druckabfall. Die einzelnen Druckabfälle addieren sich zum Gesamtdruckabfall der Antriebskomponenten.

Die Reihenschaltung erlaubt keine individuelle Einstellung der erforderlichen Durchflussmenge für jede der Einzelkomponenten . Sie ist nur dann sinnvoll, wenn die einzelnen zu kühlenden Komponenten annähernd die gleiche Durchflussmenge benötigen und nur geringen Druckabfall verursachen oder sehr weit von der Wärmeentsorgungseinrichtung entfernt angebracht sind.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_n$$

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad \ldots \quad + \Delta p_n$$

Δp Druckabfall
Q Durchflussmenge

Abb. 9-28: Druckabfall und Durchflussmenge bei Parallelschaltung hydraulischer Komponenten

Folgende Nachteile der Reihenschaltung müssen grundsätzlich beachtet werden:

- Der erforderliche Systemdruck entspricht der Summe aller Druckabfälle der Einzelkomponenten. Das bedeutet geringere hydraulische Betriebssicherheit durch hohen Systemdruck.
- Das Temperaturniveau des Kühlmittels steigt von Komponente zu Komponente, da jeder Verlustleistungseintrag ins Kühlmittel dessen Temperatur erhöht (ungleichmäßige Maschinenerwärmung).
- Einige Komponenten werden unter Umständen nicht wie erforderlich gekühlt, da die Durchflussmenge nicht individuell einstellbar ist.

Kombination von Reihen- und Parallelschaltung

Durch die Kombination von Reihen- und Parallelschaltung der zu kühlenden Antriebskomponenten können die Vorteile beider Schaltungsarten genutzt werden.

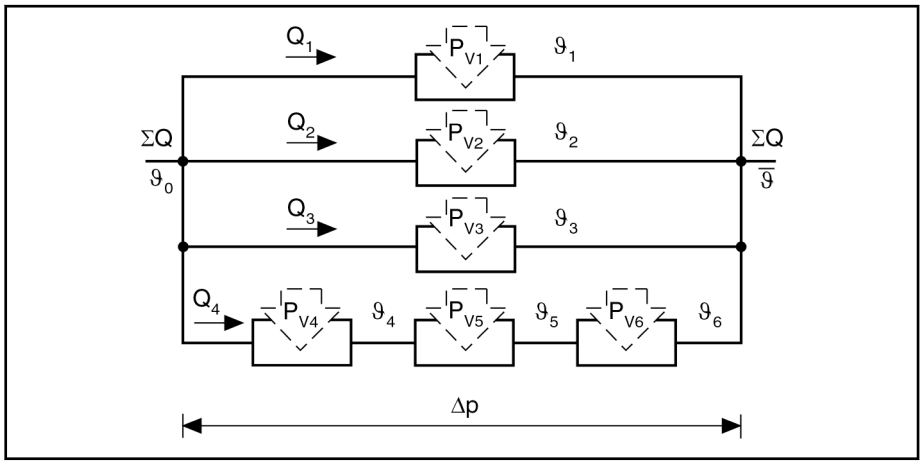


Abb. 9-29: Kombination aus Reihen- und Parallelschaltung

9.11 Motortemperaturüberwachung

⚠ VORSICHT **Fehlfunktion der Anlage oder Beschädigungen durch unsachgemäße Nutzung der Sensoren!**

- Die PTC-Sensoren sind keine Sicherheitseinrichtungen und nicht für die Einbindung in Sicherheitssysteme zum Personen- oder Maschinenschutz geeignet.
- Die PTC-Sensoren sind für die Erfassung der Gehäuse-, Rotor- oder Motorlager-Temperatur weder konzipiert noch geeignet. Zusätzliche Anforderungen an die Temperaturüberwachung müssen vom Maschinenhersteller umgesetzt werden.
- Um einen sicheren Motorschutz vor thermischer Überlastung zu gewährleisten, muss der Temperatursensor SNM.150.DK am Antriebsregelgerät angeschlossen und ein geeignetes thermisches Modell im Regelgerät verwendet werden.

Primärteile von MLF-Motoren sind standardmäßig mit integrierten Temperatursensoren zum Motorschutz ausgerüstet. Jede Motorphase enthält einen von drei in Reihe geschalteten Keramik-Kaltleiter-Widerständen (PTC), so das eine sichere thermische Überwachung des Motors in allen Betriebsphasen möglich ist. Diese Temperatursensoren (im weiteren: Temperatursensor Motorschutz) haben eine schaltende Charakteristik (Abb. 9-38) und werden an allen Rexroth-Antriebsregelgeräten ausgewertet.

Zusätzlich sind alle Primärteile mit einem weiteren Temperatursensor zur Temperaturmessung ausgestattet. Dieser Sensor (im weiteren: Sensor Temperaturmessung) hat eine annähernd lineare Kennlinie (Abb. 9-32).

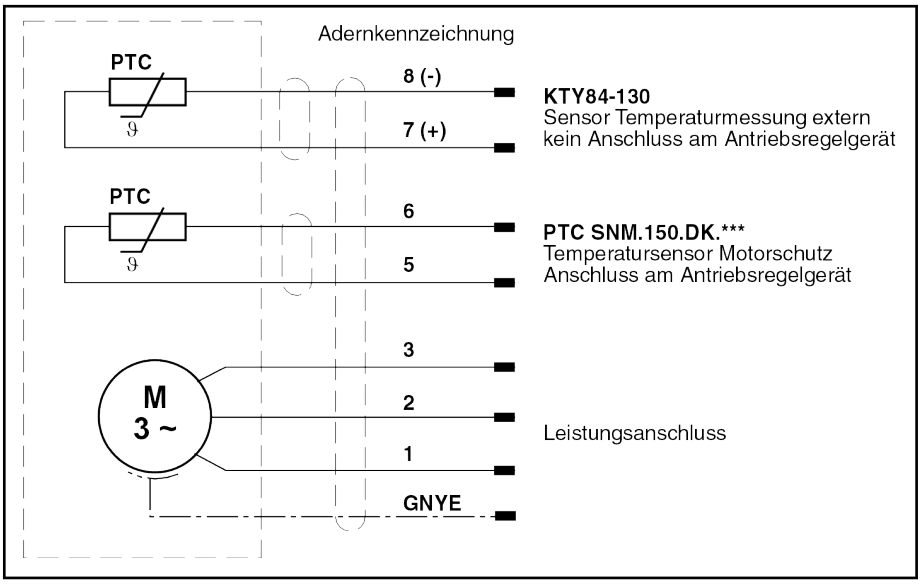


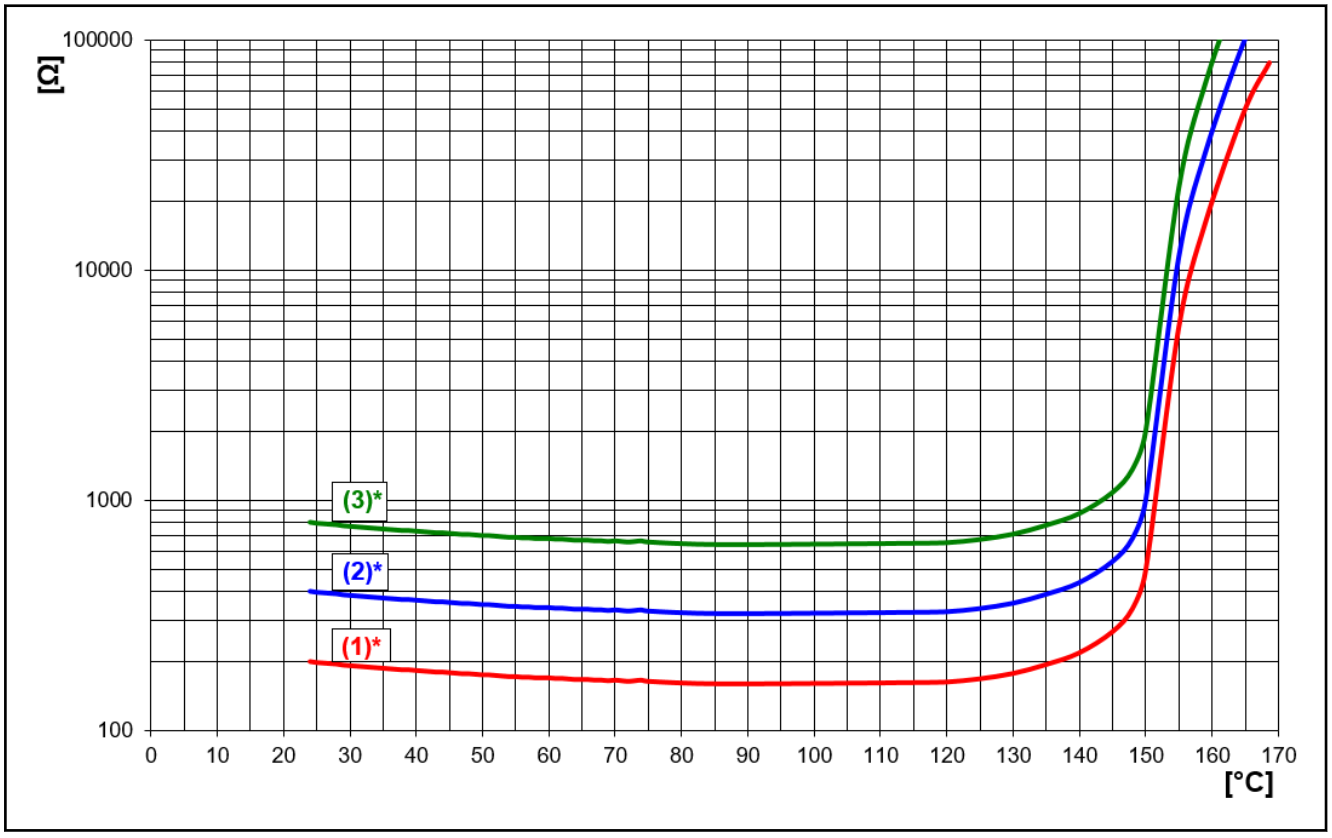
Abb. 9-30: Anordnung Temperatursensoren bei MLF-Motoren

Temperatursensor Motorschutz

Typ	PTC SNM.150.DK.***
Nenn-Ansprechtemperatur ϑ_{NAT}	150 °C
Widerstand bei 25 °C	≈ 100 ... 250 Ohm

Tab. 9-14: Temperatursensor Motorschutz

☞ Bei Parallelschaltung von zwei oder mehreren Primärteilen werden die Temperatursensoren Motorschutz aller Primärteile in Reihe geschaltet.



(1) 1x SNM.150.DK bei 1x MLP
(2) 2x SNM.150.DK bei 2x MLP
(3) 4x SNM.150.DK bei 4x MLP

Abb. 9-31: Charakteristik Temperatursensoren zum Motorschutz (SNM150.DK)

Sensor Temperaturmessung extern

Typ	PTC KTY84-130
Widerstand bei 25 °C	577 Ohm
Widerstand bei 100 °C	1000 Ohm
Dauerstrom bei 100 °C	2 mA

Tab. 9-15: Sensor Temperaturmessung extern

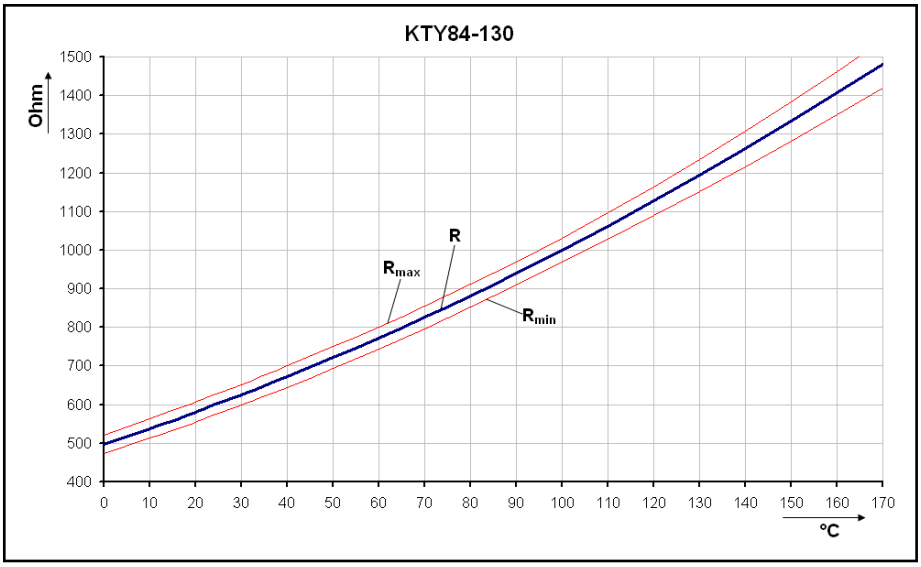


Abb. 9-32: Charakteristik Sensor Temperaturmessung KTY84-130 (PTC)

Die Beschreibung der Widerstandscharakteristik des Sensors zur Temperaturmessung (KTY84-130) erfolgt hinreichend genau über ein Polynom 3. Grades. Nachfolgend wird dieses für die Ermittlung einer Temperatur bei bekanntem Widerstand und umgekehrt angegeben.

Temperatur in Abhängigkeit vom Widerstand

$$T_W = A \cdot R_{KTY}^{\ 3} + B \cdot R_{KTY}^{\ 2} + C \cdot R_{KTY} + D$$

T_W Wicklungstemperatur des Motors in °C
R_{KTY} Widerstand des Temperatursensors in Ohm
$A=3.039 \cdot 10^{-8}$
$B = -1.44 \cdot 10^{-4}$
$C = 0.358$
$D = -143.78$

Abb. 9-33: Polynom zur Ermittlung der Temperatur bei bekanntem Sensorwiderstand (KTY84)

Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur

$$R_{KTY} = A \cdot T_w^{\ 3} + B \cdot T_w^{\ 2} + C \cdot T_w + D$$

T_W Wicklungstemperatur des Motors in °C
R_{KTY} Widerstand des Temperatursensors in Ohm
$A=1.065 \cdot 10^{-6}$
$B = 0.011$
$C = 3.93$
$D = 492.78$

Abb. 9-34: Polynom zur Ermittlung des Sensorwiderstandes (KTY84) bei bekannter Temperatur

- Bei Verwendung des Sensors zur Temperaturmessung ist auf richtige Polarität zu achten.
- Treffen Sie vor dem Anschluss des Sensors Maßnahmen zum ESD-Schutz (ESD, engl. = electrostatic discharge).
- Die verwendeten Temperatursensoren sind gemäß DIN EN 50178 doppelt bzw. verstärkt isoliert, so dass gemäß DIN EN 61800-5-1 Schutztrennung vorliegt.

Angaben zum Anschluss der Temperatursensoren finden Sie im Kapitel Kap. 8.4.1 "Temperatursensoren" auf Seite 177.

Stillstandsbetrieb

Soll der Motor im oder nahe Stillstand betrieben werden, sind besondere Bedingungen zu berücksichtigen. Beachten Sie in diesem Zusammenhang die Hinweise im Kapitel 9.15 .

9.12 Anforderungen an die Maschinenkonstruktion

9.12.1 Allgemeines

An die Maschinenkonstruktion wird – abgeleitet aus dem Aufbau und den Eigenschaften linearer Direktantriebe – eine Reihe von Anforderungen gestellt. So ist z. B. eine Minimierung der bewegten Massen bei gleichzeitig hoher Steifigkeit anzustreben.

9.12.2 Massenreduzierung

Um ein hohes Beschleunigungsvermögen zu gewährleisten, muss die Masse der bewegten Maschinenelemente auf ein Minimum reduziert werden. Dies kann durch die Verwendung von Werkstoffen mit geringem spezifischem Gewicht (z. B. Aluminium oder Verbundwerkstoffe) sowie durch konstruktive Maßnahmen (z. B. Fachwerkbauweise) realisiert werden.

Bestehen keine Anforderungen an höchste Beschleunigung, können auch problemlos Massen bis zu einigen Tonnen bewegt werden. Hierbei besteht kein regelungstechnischer Zusammenhang zwischen bewegter Schlittenmasse und der Motoreigenmasse, wie dies bei rotativen Antrieben der Fall ist.

Voraussetzung dafür ist eine sehr steife Ankopplung des Motors an die Last.

9.12.3 Mechanische Steifigkeit

Die Steifigkeit der mechanischen Einzelkomponenten innerhalb einer Maschine bestimmt in Verbindung mit der Masse und der daraus resultierenden Resonanzfrequenz wesentlich die erreichbare Güte der Maschine. Die Steifigkeit einer Bewegungsachse wird durch den mechanischen Gesamtaufbau bestimmt. Ziel bei der Konstruktion muss es sein, den Aufbau der Achse möglichst kompakt zu gestalten.

Eigenfrequenzen

Durch die erhöhte Regelbandbreite linearer Direktantriebe ergibt sich die Notwendigkeit höherer mechanischer Eigenfrequenzen der Maschinenstruktur, um Schwingungsanregung zu vermeiden.

Um eine ausreichende Regelgüte zu gewährleisten, sollte die innerhalb der Achse auftretende niedrigste Eigenfrequenz einen Betrag von ca. 200 Hz nicht unterschreiten. Bei Achsen mit nicht konstanten bewegten Massen (z. B. durch unterschiedliche zu bearbeitenden Werkstücke) ändern sich auch die Eigenfrequenzen, so dass mit höher werdender Masse eine Reduzierung der Eigenfrequenz mit $f \approx \sqrt{1/m}$ auftritt.

Mechanische gekoppelte Achsen

Bei der Steifigkeit von kinematisch gekoppelten Achsen ist zu beachten, dass sich die Nachgiebigkeiten der Achsen - sowohl die mechanische, als auch die regelungstechnisch Komponente - addieren.

Besteht die Notwendigkeit zur Erzeugung von Bahnbewegungen mehrere Achsen kinematisch zu koppeln (z. B. Kreuztisch oder Portalbauweise), sollten Rückwirkungen der Einzelachsen aufeinander minimiert werden. Bei Maschinen mit mehreren Achsen sind daher kinematische Ketten zu vermeiden. Kritisch sind dabei insbesondere Achskonfigurationen mit langen Auskraglängen, welche sich während des Betriebs ändern.

Reaktionskräfte

Ausgelöst durch Beschleunigungs-, Brems- sowie Prozesskräfte der bewegten Achse, können Reaktionskräfte den feststehenden Maschinengrundkörper zu Schwingungen anregen bzw. verformen.

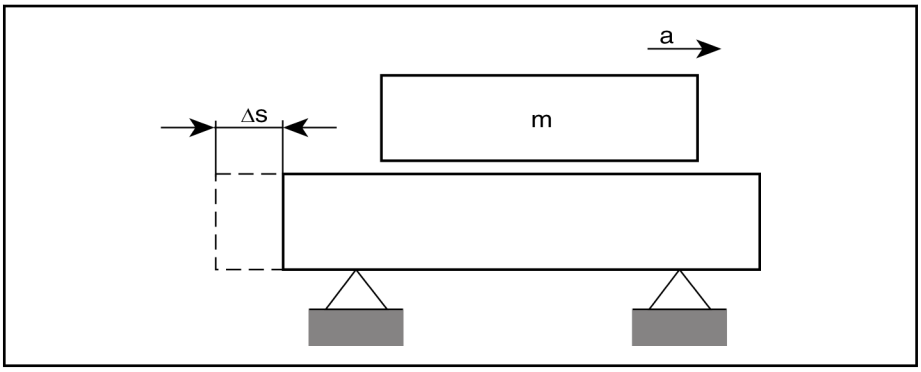


Abb. 9-35: Verformung des Maschinengrundkörpers in Folge der Reaktionskraft während des Beschleunigungsvorganges

$$\Delta s = \frac{m \cdot a}{c} = \frac{500\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2}{1000\ \text{N/}\mu\text{m}} = 5\ \mu\text{m}$$

Δs Verformung bzw. Verschiebung des Maschinengrundkörpers in µm
m Masse in kg
a Beschleunigung in m/s²
c Steifigkeit des Maschinengrundkörpers in N/µm

Abb. 9-36: Berechnungsbeispiel zur Verformung des Maschinengrundkörpers

Anbindung des Längenmesssystems

Der Steifigkeit der Anbindung des Längenmesssystems kommt besondere Bedeutung zu. Ausführungen hierzu erfolgen in Kap. 9.16 "Längenmesssysteme " auf Seite 230.

9.12.4 Schutz des Motoreinbauraumes

Um zu verhindern, dass im Betrieb des Motors Schmutz (z. B. Bearbeitungsrückstände, Späne, Schleifstaub, Fett der Führungen etc.) in den Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil gelangen können, sollte dem Schutz des Motoreinbauraumes besondere Beachtung geschenkt werden.

Berücksichtigen Sie bereits bei der Auslegung der Maschinenkonstruktion entsprechende Schutzmaßnahmen wie z. B.

- eigengefertigte Abdeckungen
- Faltenbalgabdeckungen

Gelangt durch ungenügende Schutzmaßnahmen dennoch Schmutz zwischen die Motorkomponenten, so führt dies während des Betriebs unter Umständen zu ...

- einem erhöhten Wärmeeintrag bedingt durch die Reibung zwischen den Motorkomponenten. Dabei können Temperaturen entstehen die bis zum Motorausfall führen können.
- Schleifspuren und/oder Riefenbildung an den Motorkomponenten, welche aufgrund der hohen mechanischen Krafteinwirkung zum Motorausfall führen können.

Beachten Sie, dass ein Eintrag von Schmutz auch durch Rückstände im Kühlschmierstoff, durch Pressluft oder durch andere Maschinenteile (z. B. Fett der Führungen) eingebracht werden kann und verhindert werden muss.

Stellen Sie zudem durch regelmäßige Wartung der getroffenen Schutzmaßnahmen sicher, dass diese ihre Funktion dauerhaft erfüllen und die Motorkomponenten nicht beschädigt werden.

9.13 Anordnung der Motorkomponenten

9.13.1 Einzelanordnung

Die Einzelanordnung des Primärteils ist die am häufigsten vorkommende Anordnungsart.

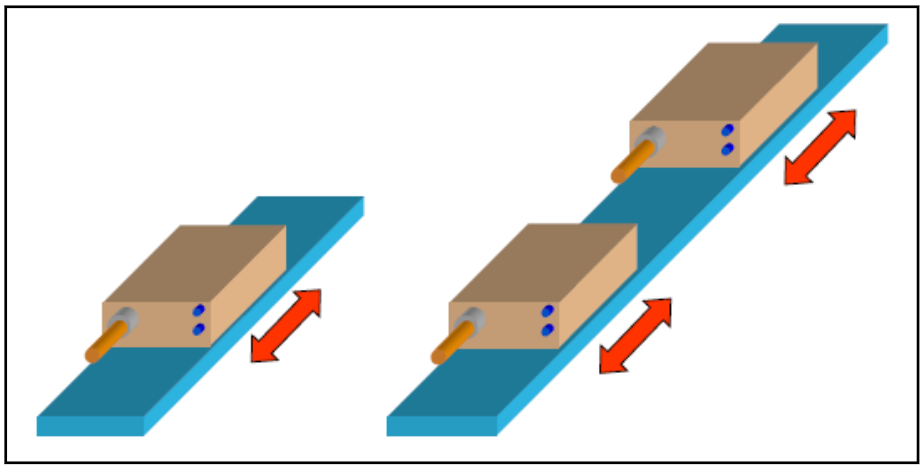


Abb. 9-37: Einzelanordnung von Primärteilen

Der unabhängige Betrieb von zwei oder mehr Primärteilen auf einer Sekundärteilstrecke (Abb. 9-37, rechts) ist ebenfalls möglich. Das Längenmesssystem kann bei einer solchen Anordnung ebenfalls bei einer Maßverkörperung mit zwei oder mehreren Abtastköpfen ausgestattet werden.

Bei gekapselten Längenmesssystemen ist die Anzahl der Abtastköpfe aufgrund der höheren Dichtlippenreibung meist auf zwei begrenzt. Nähere Angaben hierzu sind vom jeweiligen Hersteller einzuholen.

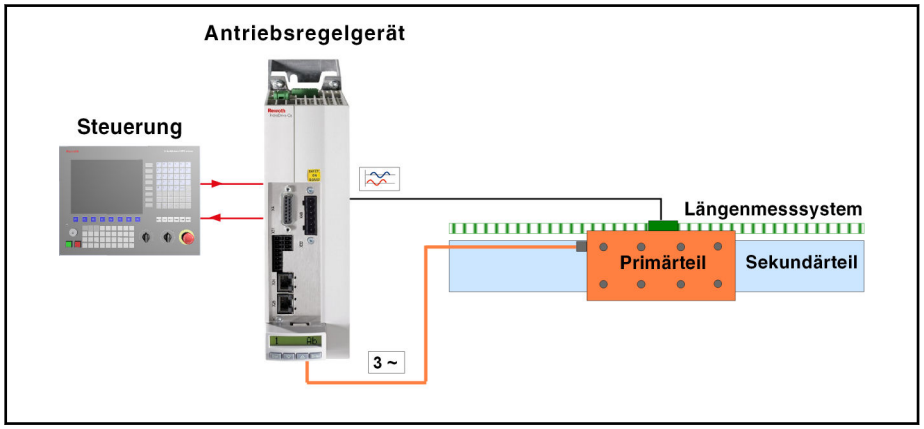


Abb. 9-38: Ansteuerung eines Linearmotors bei Einzelanordnung der Motorkomponenten

9.13.2 Mehrere Motoren pro Achse

Allgemeines

Die Anordnung mehrerer Motoren pro Achse bietet folgende Vorteile:

- Vervielfachung der Vorschubkräfte
- Bei entsprechender Anordnung Kompensation der Anziehungskräfte "nach außen"

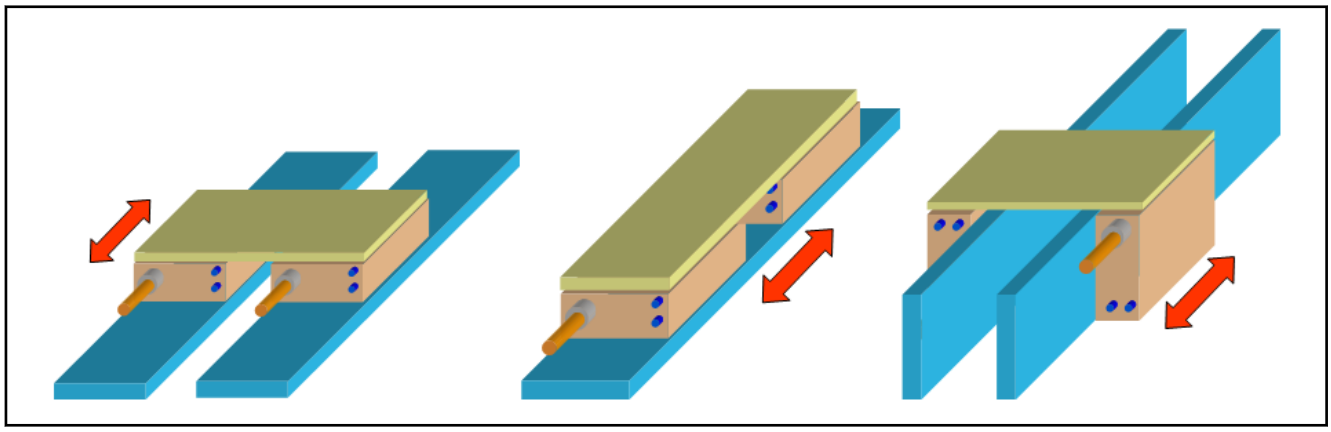


Abb. 9-39: Anordnung mehrerer Motoren pro Achse

Die Ansteuerung der Motoren kann dabei - je nach Anwendungsfall - auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen:

- Zwei oder mehrere Motoren an einem Antriebsregelgerät und einem Längenmesssystem (Parallelschaltung)
- Zwei oder mehrere Motoren an zwei Antriebsregelgeräten und zwei Längenmesssystemen (Gantry-Anordnung)

Parallelschaltung: Mehrere Primärteile nebeneinander

Die Anordnung von zwei oder mehreren Primärteilen an einem Antriebsregelgerät in Verbindung mit einem Längenmesssystem wird als Parallelschaltung bezeichnet. Eine Parallelschaltung ist möglich, wenn die Kopplung zwischen den beiden Motoren sehr steif erfolgt.

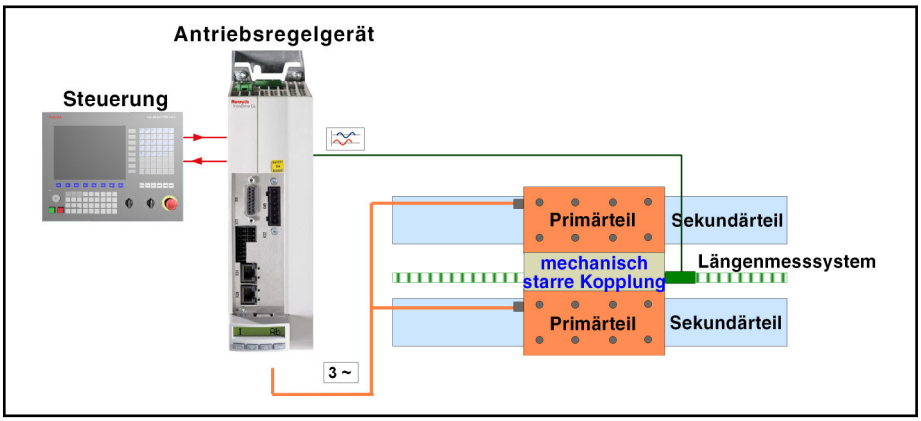


Abb. 9-40: Parallelschaltung zweier Primärteile an einem Antriebsregelgerät in Verbindung mit einem Längenmesssystem

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

- Identische Primär- und Sekundärteile
- Kopplung der Motoren innerhalb der Achse sehr steif
- Lageversatz der Primärteile zueinander < 1 mm in Vorschubrichtung

- Lageversatz der Sekundärteile zueinander < 1 mm in Vorschubrichtung
- Gleiche Polfolge der Sekundärteile zueinander
- Last möglichst ortsfest und symmetrisch zu den Motoren angeordnet

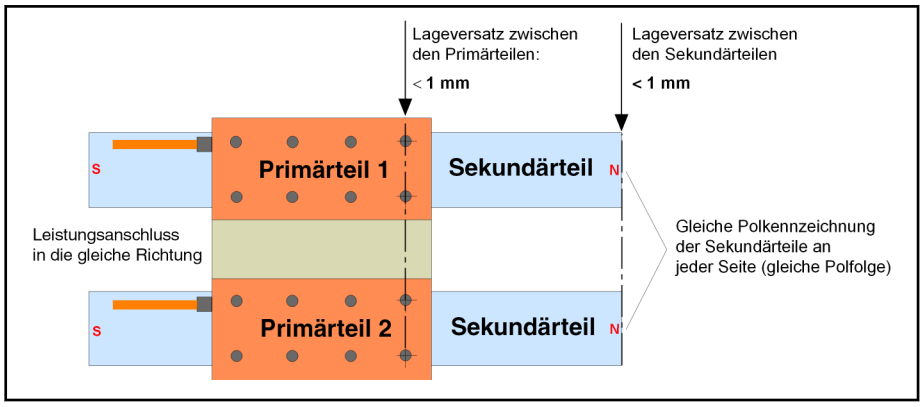


Abb. 9-41: Ausrichtung der Motorkomponenten bei Parallelschaltung

Zur Definition der korrekten Lage der parallelgeschalteten Motoren werden die Anschraubbohrungen der Primärteile verwendet. Hierbei ist immer die gleiche Bohrung im Raster bei beiden Primärteilen zu verwenden (siehe Abb. 9-41). Ein Versatz des Bohrungsrasters zwischen den Primärteilen ist nur entsprechend Abb. 9-44 oder Abb. 9-16 zulässig.

Ist die Verwendung der Anschraubbohrungen als Lagebezug nicht möglich, können auch die Stirnseiten der Primärteile verwendet werden. Die Motorteile sind hierfür entsprechend toleriert.

Parallelschaltung: Doppelkammanordnung

Bei Parallelschaltung können die Primärteile in Vorschubrichtung in Form einer so genannten Doppelkammanordnung, mechanisch gekoppelt, angeordnet werden (siehe rechts). Neben der Kraftvervielfachung werden die Anziehungskräfte zwischen Primär- und Sekundärteil dabei nach außen kompensiert. Die Linearführungen sind – bei entsprechender Anordnung – nicht zusätzlich belastet und können unter Umständen auch kleiner ausgelegt werden. Auch hier gilt:

- Identische Primär- und Sekundärteile
- Kopplung der Motoren innerhalb der Achse sehr steif
- Lageversatz der Primärteile zueinander < 1 mm in Vorschubrichtung
- Lageversatz der Sekundärteile zueinander < 1 mm in Vorschubrichtung
- Gleiche Polfolge der Sekundärteile zueinander
- Last möglichst ortsfest und symmetrisch zu den Motoren angeordnet

Bei der Doppelkammanordnung (nach Abb. 9-39, rechts) muss **kein** Mindestabstand zwischen den beiden Sekundärteilanschraubflächen eingehalten werden.

Parallelschaltung: Anordnung der Primärteile hintereinander

Bei Parallelschaltung können die Primärteile in Vorschubrichtung auch hintereinander, mechanisch gekoppelt, angeordnet werden.

Um hierbei einen erfolgreichen Betrieb zu gewährleisten, müssen die identischen Primärteile in einem bestimmten Raster zueinander angeordnet wer-

den. Die Ermittlung des einzuhaltenden Rastermaßes ist abhängig von der Richtung des Kabelabganges und vom zulässigen Biegeradius des Leistungskabels.

Kabelabgang in die gleiche Richtung

Bei der Anordnung der Primärteile hintereinander mit Kabelabgang in die gleiche Richtung nach Abb. 9-42, muss ein Abstand x_P eingehalten werden:

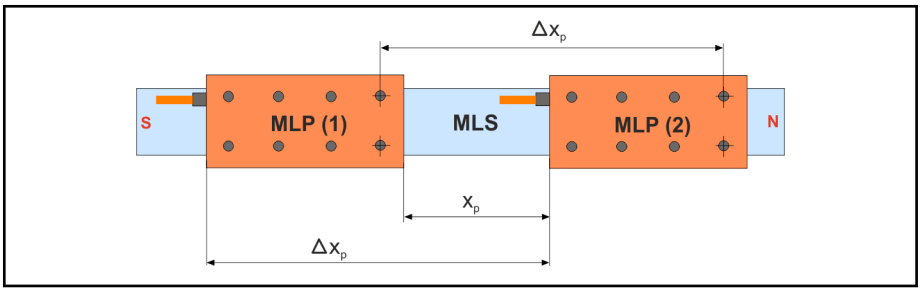


Abb. 9-42: Anordnung der Primärteile hintereinander bei Kabelabgang in die gleiche Richtung

$$x_p = n \cdot 2 \cdot \tau_p + x_{P\,min}$$

$$x_p > R$$

x_P	Abstand zwischen den Primärteil-Stirnseiten in mm
n	Frei wählbarer ganzzahliger Faktor
τ_p	Polweite (siehe Kap. Technische Daten)
x_{Pmin}	kleinster zulässiger Abstand zwischen den Primärteilen (siehe Tab 9-16)
R	Zulässiger Biegeradius des Anschlusskabels (siehe Tab. 8-1)

Abb. 9-43: Ermittlung des Abstandes x_P zwischen den Primärteilen bei gleicher Richtung des Kabelabganges

Das Rastermaß Δx_P nach Abb. 9-42 muss ein ganzzahliges Vielfaches der doppelten Polweite sein. Dabei ist immer der gleiche Bezugspunkt bei beiden Primärteilen zu verwenden, z. B. die gleiche Befestigungsbohrung oder die gleiche Primärteil-Stirnseite.

$$\Delta x_p = n \cdot 2 \cdot \tau_p$$

Δx_P	Erforderliches Rastermaß zwischen den Primärteilen in mm
x_P	Abstand zwischen den Primärteil-Stirnseiten in mm
n	Frei wählbarer ganzzahliger Faktor
τ_p	Polweite (siehe Kap. Technische Daten)

Abb. 9-44: Ermittlung des Rastermaß zwischen den Primärteilen bei gleicher Richtung des Kabelabganges

Der Abstand x_P zwischen den Primärteilen nach Abb. 9-42 darf folgende Mindestabstände x_{Pmin} nicht unterschreiten:

Motorausführung		X_{Pmin}	Phasenfolge L1 / L2 / L3	
			Primärteil 1*)	Primärteil 2
Standardkapselung (nur bei MLFxx0)		15 mm	U-V-W	U-V-W
Thermokapselung	MLFxx0	65 mm		
	MLP052A MLP102C MLP152B/D MLP202B/D	30 mm		
	MLP052B MLP102B/D MLP152A/C MLP202A/C	60 mm		

***)** Bezugsmotor zur Ermittlung der Geberpolarität und Kommutierungseinstellung ist immer Primärteil 1

Tab. 9-16: *Einzuhaltender Mindestabstand x_{Pmin} zwischen den beiden Primärteilen bei Kabelabgang in die gleiche Richtung*

Kabelanschluss in die entgegengesetzte Richtung (Variante 1: Rücken an Rücken)

Bei der Anordnung der Primärteile hintereinander mit Kabelabgang in die entgegengesetzte Richtung nach Abb. 9-45, muss ein definierter Abstand x_P zwischen den Primärteil-Stirnseiten eingehalten werden.

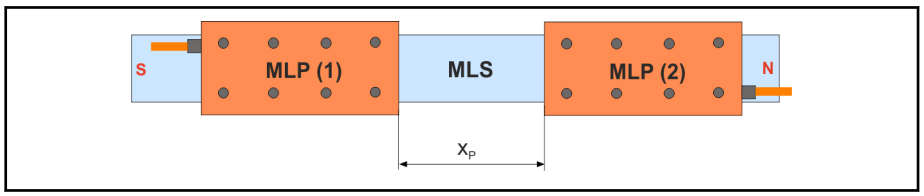


Abb. 9-45: *Variante 1: Anordnung der Primärteile hintereinander mit entgegengesetztem Kabelabgang*

$$x_P = n \cdot 2 \cdot \tau_p + x_{P\,min}$$

x_P Abstand zwischen den Primärteil-Stirnseiten in mm
n Frei wählbarer ganzzahliger Faktor
τ_p Polweite (siehe Kap. Technische Daten)
x_{Pmin} kleinster zulässiger Abstand zwischen den Primärteilen (siehe Tab. 9-17)

Abb. 9-46: *Ermittlung Abstand zwischen den Primärteilen bei entgegengesetzter Richtung des Kabelabganges*

☞ Bei der Bestimmung des korrekten Primärteilabstandes nach Abb. 9-45 kann nur der Abstand zwischen den Primärteil-Stirnseiten als Bezugspunkt verwendet werden.

Motorausführung		X_{Pmin}	Phasenfolge L1 / L2 / L3	
			Primärteil 1*)	Primärteil 2
Standardkapselung (nur bei MLFxx0)	MLPxx0	65 mm	U-V-W	U-W-V
Thermokapselung	MLPxx0	59 mm	U-V-W	U-W-V
	MLPxx2	5 mm	U-V-W	V-U-W

*) Bezugsmotor zur Ermittlung der Geberpolarität und Kommutierungseinstellung ist immer Primärteil 1

Tab. 9-17: Einzuhaltender Mindestabstand zwischen den beiden Primärteilen bei Kabelabgang in die entgegengesetzte Richtung

Kabelanschluss in die entgegengesetzte Richtung (Variante 2: Kabel zueinander)

Bei der Anordnung der Primärteile hintereinander mit Kabelabgang in die entgegengesetzte Richtung nach Abb. 9-47 muss ein definierter Abstand x_P zwischen den Primärteil-Stirnseiten eingehalten werden.

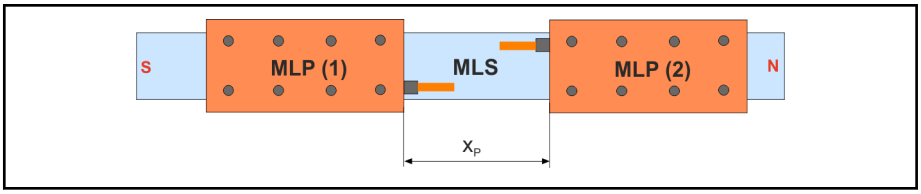


Abb. 9-47: Variante 2: Anordnung der Primärteile hintereinander mit entgegengesetztem Kabelabgang

$$x_p = n \cdot 2 \cdot \tau_p + x_{P\,min}$$

$$x_p > R$$

x_P Abstand zwischen den Primärteil-Stirnseiten in mm

n Frei wählbarer ganzzahliger Faktor

τ_p Polweite (siehe Kap. Technische Daten)

x_{Pmin} kleinster zulässiger Abstand zwischen den Primärteilen (siehe Tab. 9-18)

R Zulässiger Biegeradius des Anschlusskabels (siehe Tab. 8-1)

Abb. 9-48: Ermittlung des Abstandes x_P zwischen den Primärteilen bei gleicher Richtung des Kabelabganges

☞ Bei der Bestimmung des korrekten Primärteilabstandes nach Abb. 9-47 kann nur der Abstand zwischen den Primärteil-Stirnseiten als Bezugspunkt verwendet werden.

Motorausführung		X_{Pmin}	Phasenfolge L1 / L2 / L3	
			Primärteil 1*)	Primärteil 2
Standardkapselung (nur bei MLFxx0)	MLPxx0	40 mm	U-V-W	U-W-V
Thermokapselung	MLPxx0	71 mm	U-V-W	U-W-V
	MLPxx2	55 mm	U-V-W	V-U-W

*) Bezugsmotor zur Ermittlung der Geberpolarität und Kommutierungseinstellung ist immer Primärteil 1

Tab. 9-18: Mindestabstand zwischen den beiden Primärteilen bei Kabelabgang in entgegengesetzter Richtung

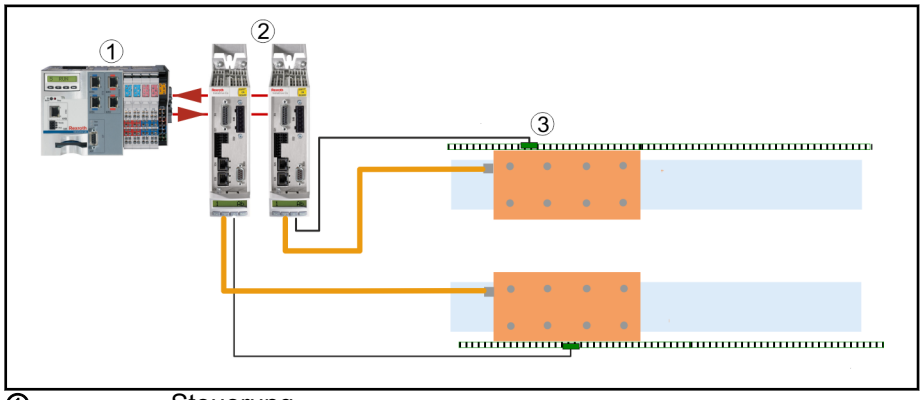
Gantry-Anordnung

Ergeben sich während des Betriebs örtlich und zeitlich unterschiedliche Lastverhältnisse und kann eine ausreichende Steifigkeit zwischen den Motoren nicht gewährleistet werden, ist der Betrieb mit zwei Längenmesssystemen und Antriebsregelgeräten (Gantry-Anordnung) vorzusehen. Dies ist zum Beispiel bei Achsen in Portalbauweise häufig der Fall.

☞ Innerhalb einer Gantry-Anordnung können auch parallelgeschaltete Motoren eingesetzt werden.

Doppelkammanordnung (Gantry)

Innerhalb einer Gantry-Anordnung können die Primärteile in Vorschubrichtung in Form einer so genannten Doppelkammanordnung, mechanisch gekoppelt, angeordnet werden.



① Steuerung
② Regelgerät (2 Stück)
③ Längenmessystem (2 Stück)

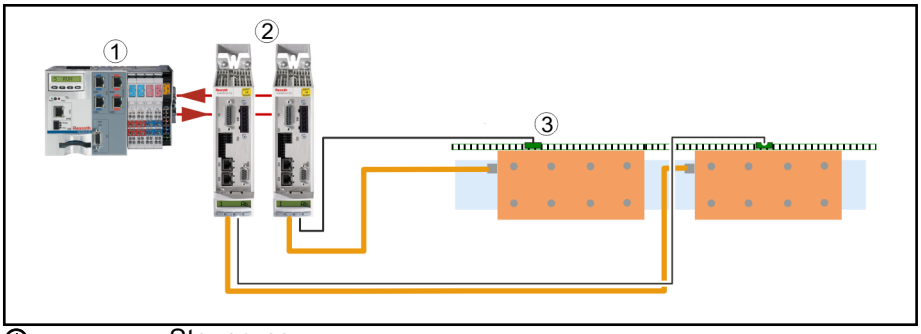
Abb. 9-49: Gantry-Anordnung

Bei dieser Anordnung ist zu beachten, dass zwar der Lageversatz minimiert wird, jedoch die Motoren unter Umständen unsymmetrisch belastet werden. Dies kann zur Folge haben, dass die Motoren durch die somit stets vorhandene Grundlast im allgemeinen höher belastet werden als bei einer Einzelanordnung. Bei der Antriebsauswahl muss dies berücksichtigt werden.

☞ Die unsymmetrische Belastung kann durch eine genaue Ausrichtung der Längenmesssysteme, Primär- und Sekundärteile zueinander sowie durch die antriebsinterne Achsfehlerkorrektur auf ein Minimum reduziert werden.

Anordnung der Primärteile hintereinander (Gantry)

Die Primärteile können in Vorschubrichtung auch hintereinander, mechanisch gekoppelt, angeordnet werden.



① Steuerung
② Regelgerät (2 Stück)
③ Längenmessystem (1 Maßstab, 2 Sensorköpfe)

Abb. 9-50: Gantry-Anordnung (Primärteile hintereinander)

9.13.3 Vertikale Achsen

⚠ WARNUNG **Unkontrollierte Bewegung**

Beim Einsatz von Linearmotoren in vertikalen Achsen ist zu berücksichtigen, dass der Motor bei Abschaltung der Leistung nicht selbsthemmend ist. Das Absinken der Achse kann nur durch eine entsprechende Haltebremse sichergestellt werden (siehe auch Kap. 9.18 "Bremssysteme und Haltevorrichtungen" auf Seite 236).

Das Verhindern des Absinkens der Achse nach Leistungsabschaltung muss mittels geeigneter Haltevorrichtungen erfolgen. In heute verfügbaren Gewichtsausgleichsystemen sind meist entsprechende Haltevorrichtungen integriert. Diese Haltevorrichtungen können elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch betätigt sein.

☞
- An vertikalen Achsen wird der Einsatz eines absoluten Messsystems empfohlen.
- Inkrementelle Messsysteme können nur verwendet werden, wenn zusätzlich zur Haltevorrichtung
  - eine Hall Sensor Box (siehe Kap. 7 "Zubehör und Optionen" auf Seite 163) verwendet wird.
  - das Sättigungsverfahren zur Kommutierungseinstellung benutzt werden kann, d.h. das Regelgerät den Maximalstrom des Motors bereit stellt.

    Siehe hierzu auch Kap. 9.16.2 "Auswahlkriterien Längenmesssystem " auf Seite 230.

Gewichtsausgleich

Durch den zusätzlichen Einsatz eines Gewichtsausgleichs ist sichergestellt, dass der Motor nicht unnötig durch Haltekräfte thermisch belastet wird und das Beschleunigungsvermögen der Achse unabhängig von der Bewegungsrichtung ist. Der Gewichtsausgleich kann pneumatisch oder hydraulisch erfolgen.

Ein Gewichtsausgleich mit einem Gegengewicht eignet sich nicht, da das Gegengewicht mit beschleunigt werden muss.

9.14 Vorschub- und Anziehungskräfte

9.14.1 Anziehungskräfte zwischen Primär- und Sekundärteil

Synchron-Linearmotoren haben im eingebauten Zustand eine prinzipbedingt permanent wirkende Anziehungskraft zwischen Primär- und Sekundärteil. Diese Anziehungskraft ist bei Synchron-Linearmotoren auch im ausgeschalteten Zustand vorhanden.

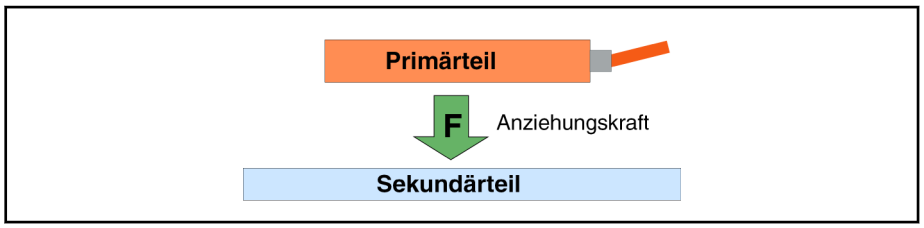


Abb. 9-51: Anziehungskraft zwischen Primär- und Sekundärteil

Bei der mechanischen Konstruktion der Anlage sind diese Anziehungskräfte unbedingt zu berücksichtigen. Als Folge der Anziehungskräfte kann es bei ungünstiger Anordnung der Motoren zu Verformungen (Durchbiegungen) in der Maschinenkonstruktion sowie zu unzulässigen Querbelastungen der Linearführungen kommen. Bei der konstruktiven Integration der Motoren in die Maschine sollte deshalb auf folgendes geachtet werden:

- Anordnung der Linearführungen möglichst nah am Motor
- Zur Kompensation der Anziehungskräfte eventuell Parallelschaltung nach Abb. 9-39 (Beispiel rechts) verwenden

⚠ VORSICHT

Möglicher Motorschaden aufgrund ungenügend steifer Konstruktion der Maschine bedingt durch ständige und starke Anziehungskräfte zwischen Primär- und Sekundärteil!

Die Anziehungskräfte müssen, abhängig von der Motoranordnung, von den Linearführungen bzw. der Schlitten- und Maschinenkonstruktion aufgenommen werden.

☞

- Nach Einbau und während des Betriebs des Linearmotors darf die Einbauhöhe L1 (siehe Tab. 5-1) nicht unterschritten werden. Beachten Sie hierzu die Hinweise in Kap. 5.2 .
- Die Angabe der Anziehungskräfte bei Nennluftspalt erfolgt im jeweiligen Datenblatt des Motors in Kap. 4 "Technische Daten" auf Seite 25.

9.14.2 Anziehungskräfte in Abhängigkeit vom Luftspalt

Die Anziehungskraft steigt mit Verringerung des Abstandes zwischen Primär- und Sekundärteil. Beim Absenken des Primärteils auf das Sekundärteil ergeben sich mit Reduzierung des Luftspaltes steigende Anziehungskräfte. Im folgenden Diagramm ist der Verlauf der Anziehungskraft in Abhängigkeit vom Luftspalt wiedergegeben.

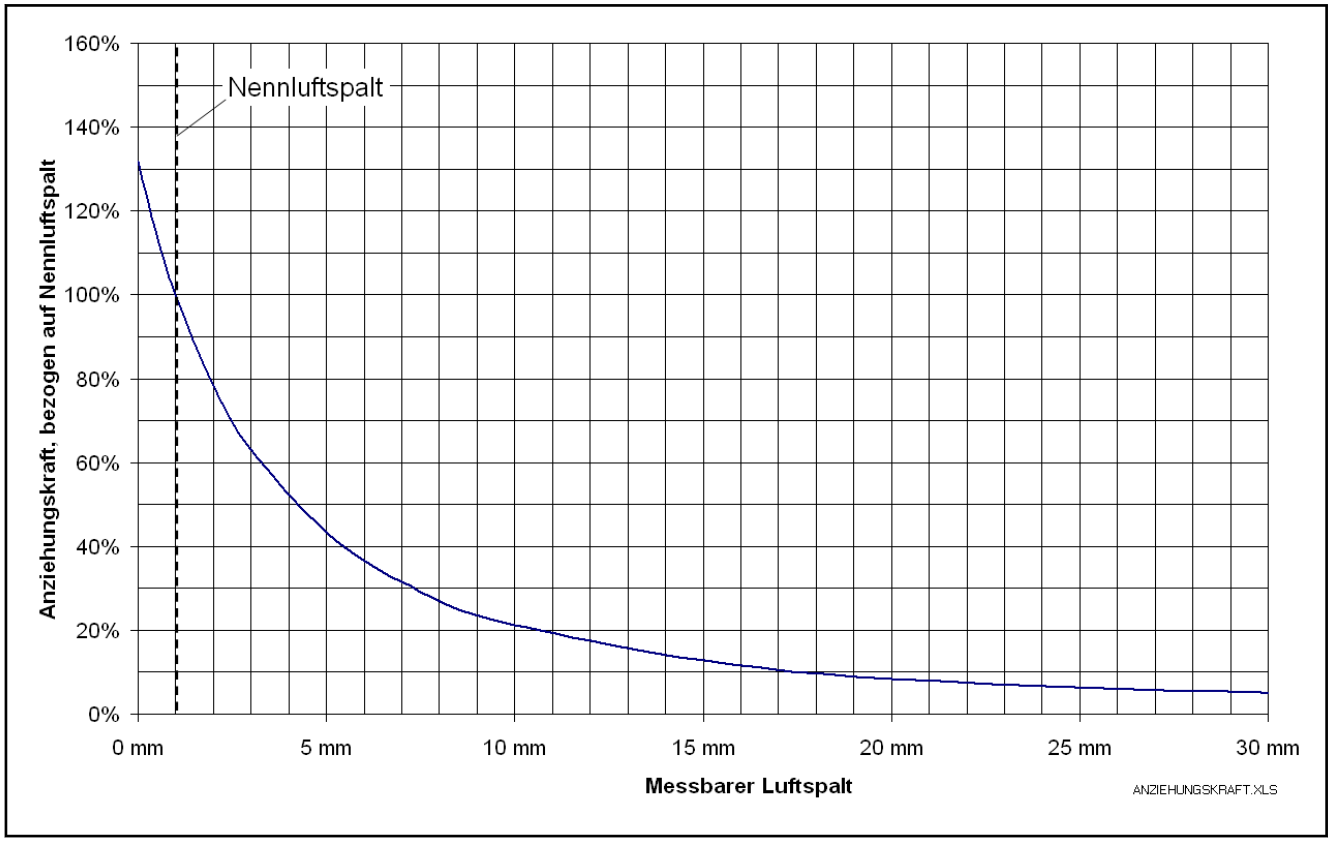
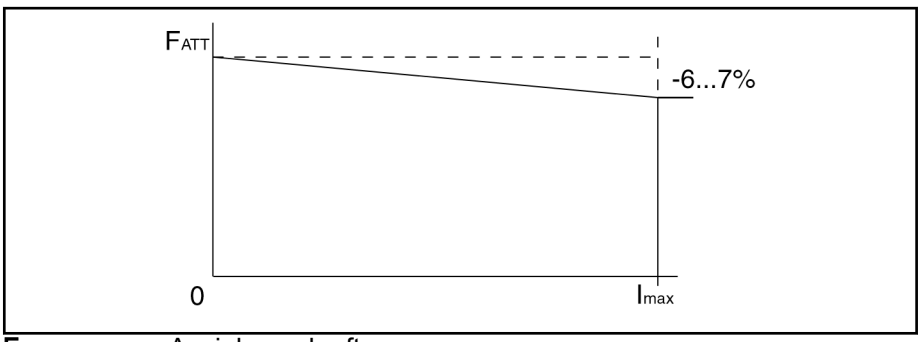


Abb. 9-52: Anziehungskraft in Abhängigkeit vom Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil

9.14.3 Anziehungskräfte in Abhängigkeit von der Bestromung

Die Anziehungskraft fällt mit zunehmender Bestromung des Primärteils. Im folgenden Diagramm ist der Verlauf der Anziehungskraft in Abhängigkeit von der Bestromung wiedergegeben.



F_{ATT} Anziehungskraft
I_{max} Maximalstrom

Abb. 9-53: Anziehungskraft in Abhängigkeit von der Bestromung

9.14.4 Luftspaltabhängige Vorschubkraft

Luftspalttoleranzen

Die in den technischen Daten spezifizierten Vorschubkräfte beziehen sich auf den angegebenen Nennluftspalt. Die zulässigen Toleranzen für den messbaren Luftspalt wirken sich auf die erreichbaren Vorschubkräfte aus. Die nachfolgende Grafik zeigt diese Abhängigkeit:

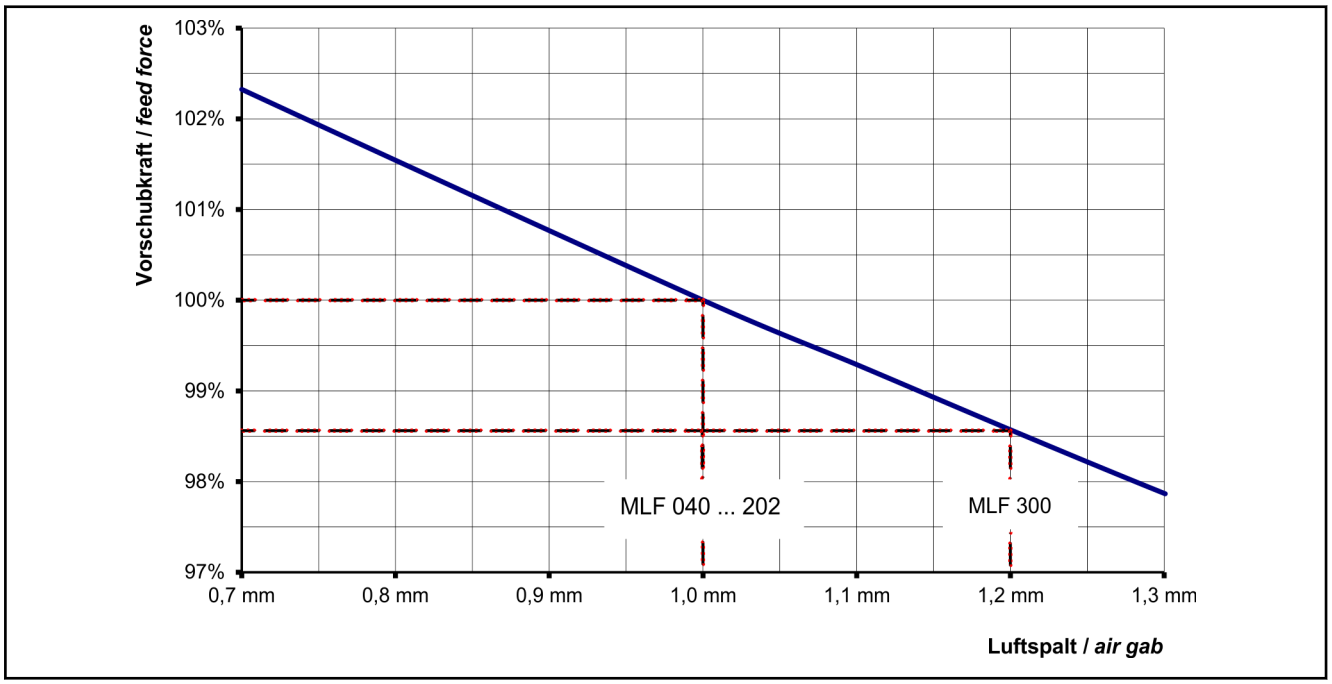


Abb. 9-54: Vorschubkraft innerhalb der Luftspalttoleranz bei Synchron-Linearmotoren MLF

9.14.5 Reduzierte Überdeckung zwischen Primär- und Sekundärteil

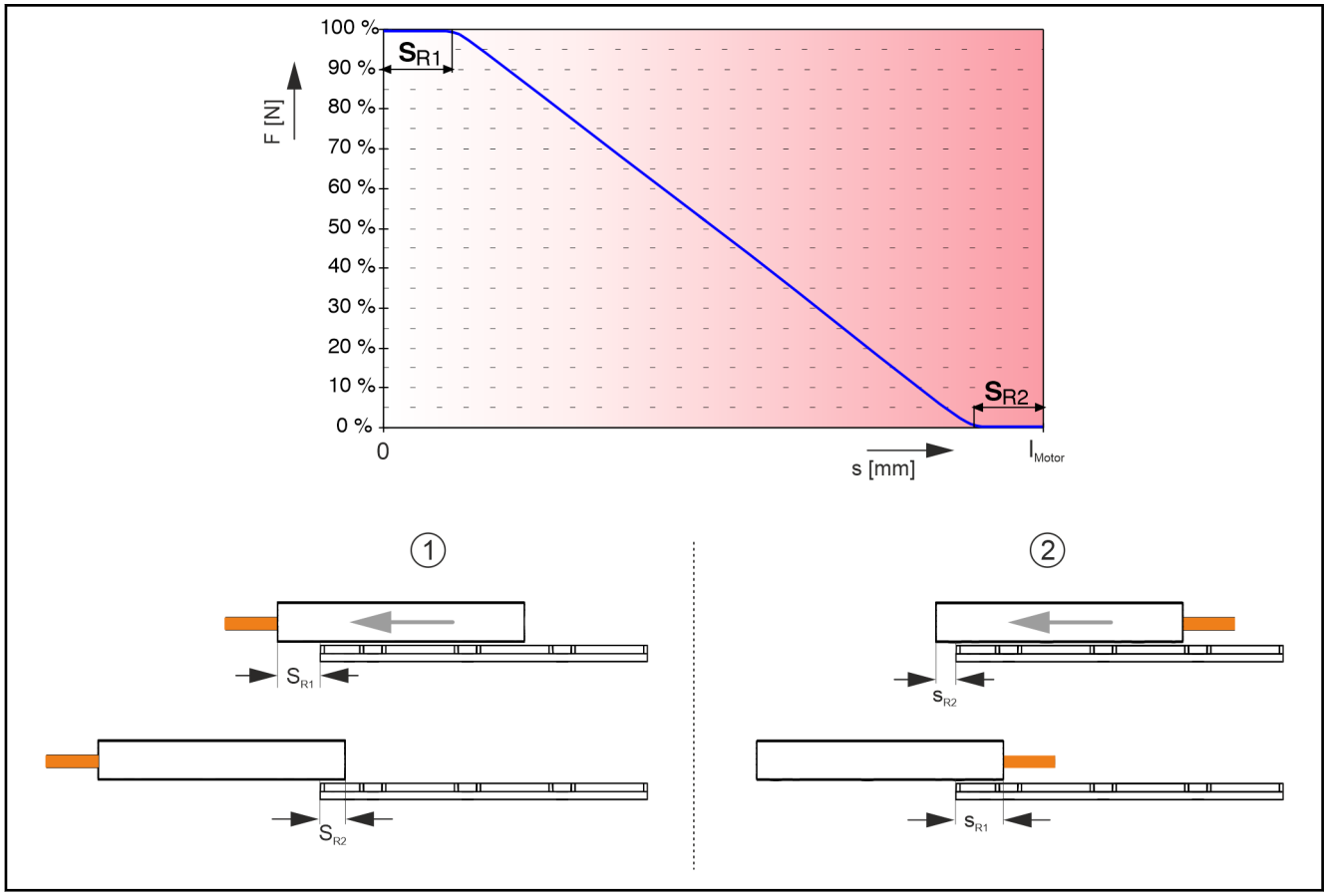
Beim Fahren in den Endlagenbereich einer Achse kann es notwendig sein, dass das Primärteil über das Sekundärteil hinausfährt. Somit kommt es zu einer nur teilweisen Überdeckung zwischen Primär- und Sekundärteil.

Sind Primär- und Sekundärteil nur teilweise überdeckt, ergibt sich daraus zwangsweise eine Reduzierung der Vorschubkräfte.

☞ Die teilweise Überdeckung des aktiven Bereichs des Primärteils mit dem Sekundärteil darf nicht im Dauerbetrieb genutzt werden, da es hierbei aufgrund der Regelstrategien zu einer erhöhten Stromaufnahme des Motors kommt. Ab einer gewissen Reduzierung des Überdeckungsgrades sind Instabilitäten im Regelkreis zu erwarten.

Einsetzen der Kraftreduzierung

Die Kraftreduzierung außerhalb der Anfangs- und Endbereiche (s_{R1} bzw. s_{R2}) erfolgt linear mit der reduzierten Überdeckungsfläche. Das folgende Diagramm verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Überdeckung von Primär- zu Sekundärteil und resultierender Kraftreduzierung.



① Variante 1 - Überfahrstrecke Richtung Kabelabgangsseite
② Variante 2 - Überfahrstrecke Richtung entgegen Kabelabgangsseite

Abb. 9-55: Kraftreduzierung bei nur teilweiser Überdeckung von Primär- und Sekundärteil

Ausführung MLP...		Aktive Länge	Überfahrstrecke	
		$L_{MLP,Fe}$ [mm]	S_{R1} [mm]	S_{R2} [mm]
040	A-__-FS-...	175	30	5
	A-__-FT-...		52	8
	B-__-FS-...	250	30	5
	B-__-FT-...		52	8
052	A-__-FT-...	145	45	20
	B-__-FT-...	295		
070	A-__-FS-...	250	30	5
	A-__-FT-...		52	8
	B-__-FS-...	325	30	5
	B-__-FT-...		52	8
	C-__-FS-...	475	30	5
	C-__-FT-...		52	8

Ausführung MLP...		Aktive Länge	Überfahrstrecke	
100	A-__-FS-...	325	30	5
	A-__-FT-...		52	8
	B-__-FS-...	475	30	5
	B-__-FT-...		52	8
	C-__-FS-...	625	30	5
	C-__-FT-...		52	8
	K-__-FS-...	400	30	5
	K-__-FT-...		52	8
102	B-__-FT-...	295	45	20
	C-__-FT-...	445		
	D-__-FT-...	595		
140	A-__-FS-...	325	30	5
	A-__-FT-...		52	8
	B-__-FS-...	475	30	5
	B-__-FT-...		52	8
	C-__-FS-...	625	30	5
	C-__-FT-...		52	8
152	A-__-FT-...	295	45	20
	B-__-FT-...	445		
	C-__-FT-...	595		
	D-__-FT-...	745		
200	A-__-FS-...	325	30	5
	A-__-FT-...		52	8
	B-__-FS-...	475	30	5
	B-__-FT-...		52	8
	C-__-FS-...	625	30	5
	C-__-FT-...		52	8
	D-__-FS-...	775	30	5
	D-__-FT-...		52	8
202	A-__-FT-...	295	45	20
	B-__-FT-...	445		
	C-__-FT-...	595		
	D-__-FT-...	745		

Ausführung MLP...		Aktive Länge	Überfahrstrecke	
300	A-__-FS-...	325	30	5
	A-__-FT-...		52	8
	B-__-FS-...	475	30	5
	B-__-FT-...		52	8
	C-__-FS-...	625	30	5
	C-__-FT-...		52	8

Tab. 9-19: Teilweise Überdeckung zwischen Primär- und Sekundärteil

⚠ WARNUNG

Fehlfunktion sowie unkontrollierte Motorbewegung durch teilweise Überdeckung von Primär- und Sekundärteil!

- Teilweise Überdeckung von Primär- und Sekundärteil nur beim Fahren in die Endlage bei Antriebsfehler
- Minimaler Überdeckungsfaktor 75 %

Setzen Sie sich im Rahmen der Projektierung der Maschine zunächst mit Ihrem Ansprechpartner von Bosch Rexroth in Verbindung und fragen Sie diesbezüglich nach Applikationsunterstützung.

9.15 Betrieb bei oder nahe Stillstand des Motors

Soll der Motor im oder nahe Stillstand betrieben werden, sind besondere Bedingungen zu berücksichtigen. Dieser Betrieb wird zur Vereinfachung im Folgenden mit Stillstandsbetrieb bezeichnet. Der Stillstandsbetrieb ist durch einen der folgenden Aspekte gekennzeichnet:

- Die Dauer des Stillstandsbetriebs ist länger als 10 % der jeweiligen thermischen Zeitkonstante T_{th}.
- Der Motor bewegt sich nicht.
- Der Motor vollzieht nur sehr kleine Hübe (≤ 2 * T_p).
- Der Motor bewegt sich bei sehr geringer Fequenz (f ≤ 0,1 Hz).

Aufgrund des 3-phasigen Systems ergibt sich im Stillstandsbetrieb in einer der drei Phasen immer ein Momentanwert des Stromes, dessen Betrag höher als der zulässige Dauerstrom ist. Fließt der Strom dauerhaft, wird der Motor überhitzt und thermisch beschädigt. Siehe hierzu auch Kap. 9.11 "Motortemperaturüberwachung" auf Seite 210).

Der Scheitelwert des Momentanstromes ist gleich der Amplitude des als sinusförmig angenommenen Strangstromes. Dessen Wert ist um Wurzel 2 höher als der Effektivwert des Dauerstroms (I_N). Die in der Spule erzeugte Verlustleistung P_V berechnet sich mit

$$P_V = 1{,}5 \cdot I^2 \cdot R_{12} \cdot (1 + \Delta\vartheta \cdot \alpha_{Cu})$$

$\Delta\vartheta$ Temperaturdifferenz zwischen Betriebstemperatur und 20 °C
α_{Cu} Temperaturkoeffizient 0,0039 1/K

Abb. 9-56: Verlustleistung Spule

Bei Nennstrom ergibt sich somit die doppelte Verlustleistung in der betroffenen Spule.

Schutz vor thermischer Überlastung im Stillstandsbetrieb

Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

1. **Verwendung des Temperatursensors SNM.150.DK**

   Wird zur Überwachung der Wicklungstemperatur der Drilling-Sensor SNM.150.DK verwendet (siehe Kapitel 9.11 , Motortemperaturüberwachung) werden alle drei Phasen überwacht. Die Motorwicklung ist geschützt.

2. **Verwendung des Temperatursensors KTY84-130**

   Der KTY84-130 ist lediglich in einer Phase verbaut. Somit können durch Auswertung des KTY84-130 die anderen beiden Phasen im Stillstandsbetrieb nicht vor einer thermischen Überlastung geschützt werden. Daher muss in diesem Fall der Strom im Stillstandsbetrieb gemäß folgender Tabelle reduziert werden.

Primärteil MLP	Reduzierung des Nennstroms I_N bei Stillstandsbetrieb auf
040 ... 300	**87 %**

Tab. 9-20: Erforderliche Stromreduzierung im Stillstandsbetrieb

☞ Bei Strömen > I_N kann trotz Verwendung des SNM.150.DK die Wicklung überhitzt und damit beschädigt werden. Um dies zu vermeiden, muss ein geeignetes thermisches Modell im Regelgerät implementiert sein. Dies ist bei Rexroth Regelgeräten der Fall.

9.16 Längenmesssysteme

9.16.1 Allgemeines

Zur Positions- und Geschwindigkeitserfassung wird ein Längenmesssystem benötigt. An das Längenmesssystem und dessen mechanische Ankopplung werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Das Längenmesssystem dient der Positionserfassung sowie der Ermittlung der Ist-Geschwindigkeit.

☞ Das Längenmesssystem ist nicht Bestandteil des Lieferumfangs von Bosch Rexroth und ist vom Maschinenhersteller bereitzustellen und einzubauen.

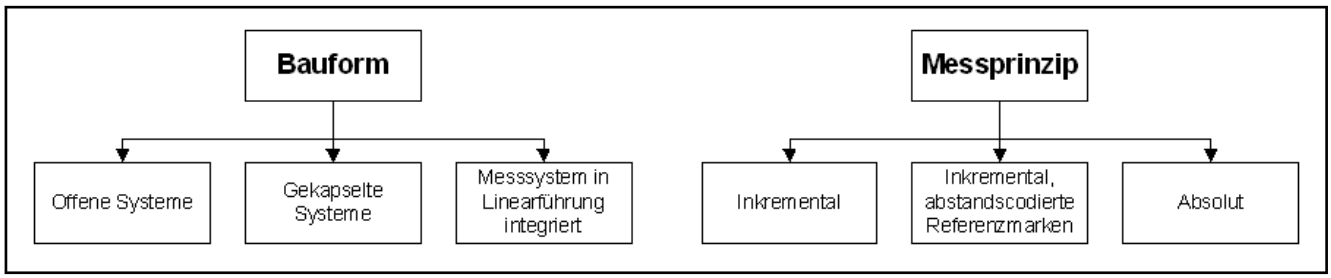


Abb. 9-57: Einteilung von Längenmesssystemen

Besonderheiten bei Synchron-Linearmotoren

Bei Synchron-Linearmotoren ist es prinzipbedingt erforderlich, die Position des Primärteils bezogen auf das Sekundärteil bereits sofort nach dem Einschalten bzw. nach einer Störung zu erhalten (Pollageerkennung). Der Einsatz eines absoluten Längenmesssystems ist hier die optimale Lösung.

9.16.2 Auswahlkriterien Längenmesssystem

Allgemeines

Je nach Einsatzbedingungen sind offene oder gekapselte Längenmesssysteme mit unterschiedlichen Messprinzipien und Signalperioden einsetzbar. Die Auswahl eines geeigneten Längenmesssystems richtet sich vor allem nach:

- der maximalen Verfahrgeschwindigkeit (Bauform, Signalperiode)
- dem maximalen Verfahrbereich (Messlänge, Bauform)
- eventuellem Einsatz von Kühlschmierstoffen (Bauform)
- anfallendem Schmutz, Späne usw. (Bauform)
- den Genauigkeitsanforderungen (Signalperiode)

Bauformen

Offene Bauform	Gekapselte Bauform	Messsystem in Schienenführung integriert
Vorteile:		
- Hohe Verfahrgeschwindigkeiten - Hohe Genauigkeiten - Keine Reibung - inkrementell und absolut messend verfügbar	- Einfache Montage - Hohe Schutzart - inkrementell und absolut messend verfügbar	- Führen und Messen vereint - Kein zusätzlicher Montageaufwand - Höchste Schutzart - Hohe Verfahrgeschwindigkeiten - Geringerer Platzbedarf

Offene Bauform	Gekapselte Bauform	Messsystem in Schienenführung integriert
Nachteile:		
- Geringe Schutzart - Montage und Justage aufwendiger	Begrenzung der maximalen Geschwindigkeit	- keine oder wenige absolut messenden Systeme verfügbar

Tab. 9-21: Vor- und Nachteile unterschiedlicher Bauformen von Längenmesssystemen

Offene Bauform

Wenn in einer Maschine oder Anlage keine Verschmutzungen, Späne usw. auftreten sowie der Einsatz von Kühlschmierstoffen ausgeschlossen werden kann, ist der Einsatz von offenen Längenmesssystemen empfehlenswert. Offene Längenmesssysteme werden daher häufig an Handlingachsen, Präzisions- und Messmaschinen sowie in der Halbleiterindustrie eingesetzt.

Gekapselte Bauform

Bei Spanaufkommen und / oder Einsatz von Kühlschmierstoffen sind gekapselte Systeme einzusetzen. Um höchste Betriebszuverlässigkeit zu gewährleisten, können gekapselte Systeme mit Sperrluft beaufschlagt werden. Gekapselte Längenmesssysteme werden daher vorrangig an spanenden Werkzeugmaschinen eingesetzt.

Messsystem in Schienenführung integriert

Kugel- und Rollenschienenführungen von Rexroth sind mit einem integrierten induktiven Längenmesssystem lieferbar. Das System besteht aus einer separaten Abtasteinheit (Lesekopf) und einer in die Schiene integrierten Maßverkörperung. Die Maßverkörperung ist in einer Nut der Führungsschiene angebracht und wird durch ein nichtrostendes, dicht verschweißtes, Edelstahlband geschützt. Der Lesekopf ist direkt am Führungswagen angebaut.

Das System ist unempfindlich gegen Verschmutzung (z. B. Staub, Späne, Kühlmittel usw.) und Magnetfelder. Die kompakte und robuste Einheit (Messsystem und Führung) ermöglicht aufgrund des geringen Platzbedarfes gegenüber extern angebauten Messsystemen vereinfachte Konstruktionen. Die Kosten für Material und Montage externer Systeme entfallen.

Messprinzipien

Absolute Messsysteme

Die Vorteile eines absoluten Längenmesssystems ergeben sich dadurch, dass eine hohe Verfügbarkeit und Betriebssicherheit der Bewegungsachse und damit der gesamten Anlage gewährleistet wird:

Vorteile

- Überwachungs- und Diagnosefunktionen der Antriebselektronik sind ohne zusätzliche Verdrahtung möglich
- keine Fahrbereichsendschalter notwendig
- die maximal verfügbare Motorkraft steht sofort nach dem Einschalten an jedem Punkt des Verfahrbereichs zur Verfügung
- keine Referenzpunktfahrt notwendig
- einfache Inbetriebnahme horizontaler und vertikaler Achsen
- Polllageerkennung nur bei Erstinbetriebnahme erforderlich

Nachteil

- Höhere Anschaffungskosten als bei inkrementellen Messsystemen

Durch den Einsatz eines absoluten Längenmesssystems wird ermöglicht, dass die Pollageerkennung des Motors lediglich einmal zur Erstinbetriebnahme vorgenommen werden muss. Diese antriebsinterne Prozedur ist ohne Leistungszuschaltung d.h. ohne Bewegung der Achse möglich. Dies bietet besondere Vorteile bei der Inbetriebnahme von vertikalen Achsen.

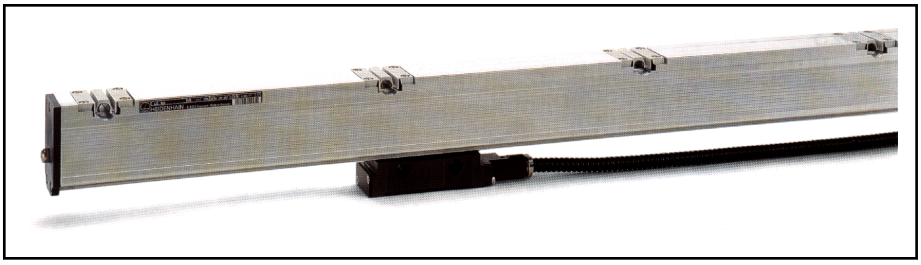


Abb. 9-58: Absolutes gekapseltes Längenmesssystem

Inkrementelle Messsysteme

Beim Einsatz eines inkrementellen Längenmesssystems in Verbindung mit Synchron-Linearmotoren muss bei jedem Einschalten die Pollage erfasst werden. Dies erfolgt mittels einer antriebsinternen Prozedur, die nach jedem Einschalten der Achse ablaufen muss. Danach ist erst eine Kraftentwicklung des Motors möglich.

☞ Die antriebsinterne Prozedur zur Pollageerkennung (Kommutierungseinstellung) muss bei inkrementellen Längenmesssystemen nach jedem Einschalten durchgeführt werden.

In Abhänigkeit vom ausgewählten Regelgerät, in Verbindung mit einem inkrementellen Messsystem, können zwei verschieden Verfahren zur Pollageerkennung angewendet werden.

- **Sinusverfahren** in Verbindung mit Regelgeräten mit kleinerem Typenstrom als der Motormaximalstrom.

  Hier erfolgt eine Achsbewegung während der Kommutierung.

- **Sättigungsverfahren** in Verbindung mit Regelgeräten mit gleichem oder größerem Typenstrom als der Motormaximalstrom.

  Hier ist keine Achsbewegung während der Kommutierung erforderlich (Achse kann festgebremst sein)

Genauere Beschreibung der Kommutierungsverfahren siehe Firmwarebeschreibung des Regelgerätes und Kap. 13.6 "Kommutierungseinstellung " auf Seite 297.

Vorteile

- Verfahrweg abhängig von Bauart bis 30 m bzw. unbegrenzt möglich
- Hohe Verfahrgeschwindigkeiten möglich
- Unterschiedliche Signalperioden und somit unterschiedliche Positionsauflösungen möglich

Nachteile

- Erfassung der Pollage nach jedem Einschalten notwendig
- Bewegung des Primärteils bei Pollageerfassung erforderlich (nur bei Sinusverfahren)
- Pollageerfassung bei vertikalen Achsen nur mit dem Sättigungsverfahren möglich
- Pollageerfassung bei festgebremsten Achsen oder bei am Festanschlag befindlichen Achsen nur mit dem Sättigungsverfahren möglich
- Pollageerfassung bei Gantry-Achsen unter Umständen problematisch
- Referenzmarkenauswertung und Referenzschalter notwendig
- Sicherheitsendschalter erforderlich

Inkrementelle Längenmesssysteme mit abstandscodierten Referenzmarken

Inkrementelle Längenmesssysteme mit abstandscodierten Referenzmarken, bieten den Vorteil einer vereinfachten und vor allem verkürzten Referenzfahrt. Bei der Referenzfahrt muss bei einem solchen System, je nach Ausführung, lediglich ein Bereich von einigen Zentimetern verfahren werden.

☞ Abstandscodierte Messsysteme sind nicht absolut messend. Die Pollageerkennung muss ebenfalls wie bei nicht abstandscodierten inkrementellen Systemen bei jedem Einschalten erfolgen.

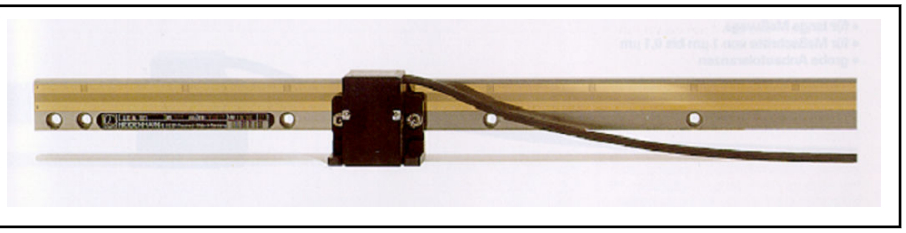


Abb. 9-59: Offenes inkrementelles Längenmesssystem mit abstandscodierten Referenzmarken

Maximal zulässige Geschwindigkeit und Beschleunigung

Maximal zulässige Verfahrgeschwindigkeit

Die maximal zulässige Verfahrgeschwindigkeit eines Längenmesssystems wird zum einen bei gekapseltem System durch die Dichtlippen sowie die Führung des Abtastwagens am Maßstab begrenzt.

Zum anderen erfolgt eine Begrenzung durch die Grenzfrequenz der Ausgangssignale (Herstellerangaben) oder die maximal zulässige Eingangsfrequenz der Folgeelektronik (Antriebsregelgerät).

$$v_{max} = f_{max} \cdot \text{Signalperiode} \cdot 60$$

v_{max}	Maximale Verfahrgeschwindigkeit in m/min
Signalperiode	Signalperiode Längenmesssystem in mm
f_{max}	Maximale Eingangsfrequenz Auswerteelektronik

Abb. 9-60: Maximale Verfahrgeschwindigkeit Längenmesssystem in Bezug auf die maximale Eingangsfrequenz Auswerteelektronik

Maximal zulässige Beschleunigung in Messrichtung

Bei offenen Längenmesssystemen sind aufgrund des sehr steifen internen Aufbaus sehr hohe maximale Beschleunigungen in Messrichtung zulässig. Um relativ hohe Anbautoleranzen zu ermöglichen, kann bei gekapselten Längenmesssystemen der Abtastwagen mit dem Montagefuß nicht starr verbunden werden. Gekapselte Längenmesssysteme für Linearmotoren sind jedoch vergleichsweise steif.

☞ Für detaillierte und aktualisierte Informationen sind die Unterlagen der entsprechenden Hersteller zu verwenden.

Positionsauflösung und Positioniergenauigkeit

Zum Erreichen einer hohen Auflösung des Längenmesssystems wird im Antriebsregelgerät eine Interpolation des sinusförmigen Eingangssignals des Längenmesssystems durchgeführt. Abhängig vom maximalen Verfahrbereich und von der Signalperiode ist eine antriebsinterne Positionsauflösung von kleiner 1 nm möglich.

☞ Die antriebsinterne Positionsauflösung entspricht nicht der Positioniergenauigkeit! Die absolute Positioniergenauigkeit ist vom gesamten Antriebssystem inklusive Mechanik abhängig.

Messsystemkabel

Für die elektrische Verbindung zwischen dem Ausgang des Längenmesssystems und dem Eingang der Auswerteelektronik stehen von Rexroth entsprechende konfektionierte Kabel zur Verfügung. Zur Sicherstellung einer maximalen Übertragungs- und Störsicherheit sind vorzugsweise diese konfektionierten Kabel von Rexroth zu verwenden.

Empfohlene Längenmesssysteme für Linearmotoren

Bosch Rexroth empfiehlt folgende Hersteller geeigneter Längenmesssysteme in Verbindung mit unseren Linearmotoren:

Bosch Rexroth Linear- und Montagetechnik (Integriertes Messsystem für Profilschienenführungen)	Maria-Theresien-Str. 23 97816 Lohr am Main, Deutschland info@boschrexroth.de http://www.boschrexroth.com/
Renishaw GmbH	Karl-Benz Straße 12 72124 Pliezhausen, Deutschland http://www.renishaw.de/
DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH	Postfach 1260 83292 Traunreut, Deutschland info@heidenhain.de http://www.heidenhain.de/

Tab. 9-22: Empfohlene Hersteller von Längenmesssystemen

- Zur Gewährleistung maximaler Störsicherheit wird von Rexroth die Spannungsschnittstelle mit 1 V_{SS} empfohlen.
- Für detaillierte und aktuelle Informationen sind die Unterlagen der entsprechenden Hersteller zu verwenden.

9.16.3 Anbau des Längenmesssystems

Nachgiebigkeit der Ankopplung an der Maschine

Die Ankopplung des Messsystems an die Maschine kann bei Linearantrieben eine Begrenzung der Bandbreite des Lageregelkreises bewirken. Für die konstruktive Auslegung bedeutet dies, dass die Ankopplung der Abtasteinheit und des Maßstabes bei offenen Längenmesssystemen, bzw. des Maßstabgehäuses bei gekapselten Längenmesssystemen, an die Maschine hinsichtlich der Eigenfrequenz deutlich über der des Längenmesssystems auszuführen ist.

Ferner ist darauf zu achten, dass das Längenmesssystem nicht an schwingenden Maschinenteilen befestigt wird. Insbesondere ist eine Anbringung in der Nähe von Schwingungsmaxima zu vermeiden.

Anbauart

Um die bewegten Massen zu minimieren und die höchste Steifigkeit in Messrichtung zu erhalten, sollte nach Möglichkeit immer die Abtasteinheit bewegt werden.

Offene Längenmesssysteme

Bei der Verwendung eines offenen Längenmesssystems trotz widriger Umgebungsbedingungen (Späne, Staub usw.) ist eine anwenderseitige Kapselung vorzusehen. Weiter ist zu beachten, dass beim Einbau des offenen Längenmesssystems eine Justage des Abtastkopfes erforderlich ist. Entsprechende Justagemöglichkeiten sind bei der Konstruktion vorzusehen (Herstellerangaben beachten).

Gekapselte Längenmesssysteme

Um vergleichsweise hohe Montagetoleranzen zu erreichen, ist bei gekapselten Längenmesssystemen der Abtastwagen über eine in Messrichtung sehr steife und senkrecht zur Messrichtung geringfügig bewegliche Kupplung mit dem Montagefuß verbunden. Ist die Steifigkeit dieser Ankopplung in Messrichtung zu gering ausgeführt, so ergeben sich in der Rückführung für den Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis niedrige Eigenfrequenzen, welche die Bandbreite begrenzen können. Die Eigenfrequenz des Längenmesssystems in Messrichtung kann somit gegenüber mechanischen Eigenfrequenzen der Maschine vernachlässigt werden.

Parallelschaltung: Mehrere Motoren an einem Längenmesssystem

Werden mehrere Motoren pro Achse über nur ein Längenmesssystem betrieben, so ist eine möglichst symmetrische Anbringung bezüglich der Lage der Motoren vorzusehen.

Gantry-Achsen

Bei einer Gantry-Achse, bei der ein Motor bzw. Motorpaar jeweils einem Längenmesssystem zugeordnet wird, ist auf möglichst geringen Abstand zwischen Motor und Längenmesssystem zu achten. Ferner muss die Genauigkeit der Längenmesssysteme in sich und zueinander kleiner 5 µm/m betragen. Antriebsinterne Achsfehlerkorrekturen können verbleibende Fluchtungsfehler zwischen den Messsystemen minimieren.

9.17 Linearführungssysteme

Linearführungssysteme für Linearmotoren sind, abhängig von der Motoranordnung, durch die Anziehungs-, Vorschub- und Prozesskräfte sowie durch heute erreichbare Geschwindigkeiten von über 600 m/min gefordert. Die eingesetzten Linearführungssysteme müssen

- die Anziehungskraft zwischen Primär- und Sekundärteil und
- die Bearbeitungs- und Beschleunigungskräfte

aufnehmen können.

Folgende Linearführungssysteme finden je nach Einsatzgebiet Verwendung:

- Kugel- oder Rollenschienenführungen
- Gleitführungen
- Hydrostatische Führungssysteme

- Aerostatische Führungssysteme

Bei der Auswahl eines geeigneten Linearführungssystems sollten folgende Anforderungen berücksichtigt werden:

- hohe Genauigkeit und Spielfreiheit
- geringe Reibung sowie kein Stick-Slip-Effekt
- hohe Steifigkeit
- ruhiger Lauf auch bei hohen Geschwindigkeiten
- leichte Montage und Justage

Hersteller Linearführungssysteme

In Kombination mit unseren Motoren empfehlen wir Produkte aus unserem Bereich der Linear- und Montagetechnik einzusetzen.

Bosch Rexroth Linear- und Montagetechnik	Maria-Theresien-Str. 23 97816 Lohr am Main, Deutschland info@boschrexroth.de http://www.boschrexroth.com/

Tab. 9-23: Hersteller von Linearführungssystemen

9.18 Bremssysteme und Haltevorrichtungen

Als Bremssystem bzw. Haltevorrichtung für Linearmotoren können folgende Systeme zum Einsatz kommen:

- Externe Bremseinrichtungen
- Klemmelemente für Linearführungen
- In Gewichtsausgleich integrierte Haltebremsen

Siehe auch Kap. 14.1 "Empfohlene Lieferanten von Zusatzkomponenten " auf Seite 313.

☞ Weitere Ausführungen zum Stillsetzen von Linearmotoren erfolgen im Kap. 9.19 "Endlagendämpfer " auf Seite 236 und Kap. 9.23 "Stillsetzen bei NOT-AUS sowie im Fehlerfall " auf Seite 240 sowie in der entsprechenden Funktionsbeschreibung des Antriebsregelgerätes.

9.19 Endlagendämpfer

Bei Linearantrieben mit zumeist großen Verfahrgeschwindigkeiten und -beschleunigungen sind unkontrollierte Bewegungen – zum Beispiel Auslaufen des Antriebs bei Netzausfall – nicht mit Sicherheit auszuschließen.

Zum Schutz vor Maschinenschaden bei unkontrolliertem Auslaufen einer Achse müssen geeignete energieabsorbierende Endlagendämpfer vorgesehen werden.

⚠ WARNUNG **Beschädigungen von Maschine und Motorkomponenten durch Fahren gegen Festanschlag!**

- Einsatz geeigneter energieabsorbierender Endlagendämpfer
- Einhaltung der vorgegebenen maximalen Verzögerungen

☞ Bei der Integration der Endlagendämpfer in die Maschine, vor allem bei der Festlegung des Gesamtverfahrwegs, ist der entsprechend notwendige Federweg der Stoßdämpfer zu berücksichtigen.

Maximale Verzögerung bei Fahren gegen Festanschlag

Gegeben durch die Art von Befestigung und Typ des Primärteils (Anzahl der Befestigungsschrauben, Anziehungskraft, Masse usw.) ergibt sich eine maximale Verzögerung beim Fahren auf einen Endanschlag. Wird diese maximale Verzögerung überschritten, kann dies zum Lösen des Primärteils und zur Beschädigung der Motorkomponenten führen.

☞ Die maximal zulässige Verzögerung beim Fahren gegen Festanschlag ist durch einen geeigneten energieabsorbierenden Endlagendämpfer auf **300 m/s²** zu begrenzen.

Einzuhaltender Bremsweg bei Fahren gegen Festanschlag

Mit der bekannten maximalen Verzögerung sowie der maximal möglichen Geschwindigkeit kann der minimal einzuhaltende Federweg wie folgt berechnet werden:

$$s_{min} = \frac{v_{max}^2}{2158}$$

s_{min} Minimaler Bremsweg in mm
v_{max} Maximal mögliche Geschwindigkeit in m/min

Abb. 9-61: Einzuhaltender Bremsweg bei Fahren gegen Festanschlag

9.20 Achsabdecksysteme

Zum Schutz des Motoreinbauraumes bzw. zum Schutz des Luftspaltes zwischen Primär- und Sekundärteil (siehe Kap. 9.12.4 "Schutz des Motoreinbauraumes" auf Seite 214) können Achsabdecksystem eingesetzt werden. Durch Aufbau, Funktionsprinzip und Leistungsmerkmale von Synchron-Linearmotoren ergeben sich je nach Einsatzgebiet u.a. folgende Anforderungen an Achsabdecksysteme:

- Hohe Dynamik (kein Nachschwingen, geringe Massen)
- Genauigkeit und Leichtlauf
- Schutz der Motorkomponenten vor Spänen, Staub und Fremdkörpern
- Beständigkeit gegen Öle und Kühlschmierstoffe
- Robustheit und Abriebbeständigkeit

Folgende Achsabdecksysteme können zum Einsatz kommen:

- Faltenbalgabdeckungen
- Teleskopabdeckungen
- Rolloabdeckungen

Die Projektierung eines geeigneten Achsabdecksystems sollte möglichst im frühen Entwicklungsprozess der Maschine oder Anlage - unterstützt durch entsprechende spezialisierte Zulieferer (siehe Kap. 14.1 "Empfohlene Lieferanten von Zusatzkomponenten " auf Seite 313) - stattfinden.

9.21 Abstreifer

Können die von Rexroth empfohlenen Maßnahmen zum Schutz des Motoreinbauraumes bzw. zum Schutz des Luftspaltes zwischen Primär- und Sekundärteil (siehe Kap. 9.12.4 "Schutz des Motoreinbauraumes" auf Seite

214) nicht optimal umgesetzt werden, ist es prinzipiell möglich, einen Abstreifer zum Abtransport von Fremkörpern auf dem Sekundärteil einzusetzen.

Wesentlicher Nachteil dieser Maßnahme ist jedoch, dass, wenn magnetischer Schmutz (Fremdkörper, Späne, Schleifstaub etc.) auf das Sekundärteil gelangt ist, dieser aufgrund der starken Anziehungkräfte des Sekundärteils nur unter erschwerten und verschleissbehafteten Bedingungen entfernt werden kann. Der Abstreifer und die Motorkomponenten sollten deshalb in entsprechend kurzen Zeitabständen auf Verschleiß bzw. Beschädigungen überprüft werden.

⚠ WARNUNG **Mögliche Beschädigung der Motorkomponenten! Ausfall der Maschine!**

Der Einsatz eines Abstreifers bei regelmäßigem Eintrag von Fremdkörpern (auch nicht-magnetischen oder nicht-metallischen) kann zu mechanischen Beschädigungen des Sekundär- oder Primärteils und in Folge davon zu einem Ausfall der Maschine führen.

Durch Abstreifer entstehende Schäden an den Motorkomponenten liegen nicht im Verantwortungsbereich von Rexroth und unterliegen somit nicht der Gewährleistungspflicht.

Bei der Auswahl sowie dem Einsatz eines geeigneten Abstreifersystems muss folgendes berücksichtigt werden:

Sekundärteilsegmente

Der Einsatz eines Abstreifers sollte möglichst nur auf ganzheitlichen Sekundärteilsegmenten erfolgen. Werden mehrere Sekundärteilsegmente eingesetzt, sind Stöße zwischen den Sekundärteilsegmenten zu berücksichtigen (Beschädigung des Abstreifers oder der Sekundärteile). In diesen Fällen kann ein definierter Abstand - kleiner als der Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil - zwischen Abstreifer und Sekundärteil oder ein Abstreifer in Form einer harten Bürste Abhilfe schaffen.

☞ Besteht das Sekundärteil aus aneinander gereihten Sekundärteilen und gelangen während des Betrieb des Motors Bearbeitungsrückstände, Kühlschmierstoffe, Fette etc. in den Einbauraum des Motors, muss zusätzlich folgendes beachtet werden:

- Technisch bedingt unterliegt der Abstreifer einem Verschleiß. Schmutz, Bearbeitungsrückstände etc. werden mit zunehmendem Verschleiß nicht mehr zuverlässig entfernt.
- Prüfen Sie regelmäßig und in entsprechend festgelegten Abständen den Verschmutzungsgrad des Sekundärteils und den Zustand des Abstreifers. Entfernen Sie hierbei ggf. bereits angesetzte Rückstände auf der Oberfläche des Sekundärteils.

Ferromagnetische Fremdkörper

Ferromagnetische Fremdkörper (z. B. Späne) werden ab einem Abstand von ca. 100 mm durch das Sekundärteil angezogen. Beim Abtransport ferromagnetischer Fremdkörper sind diese Anziehungskräfte zu berücksichtigen.

Temperaturentwicklung durch Reibung

Kommt es durch den Einsatz des Abstreifers zu einer nennenswerten Temperaturentwicklung an der Sekundärteiloberfläche, darf diese den Grenzwert von 70 °C nicht überschreiten.

Befestigung des Abstreifers

Die Befestigung des Abstreifers sollte an der übergeordneten Maschinenkonstruktion erfolgen. Eine Befestigung des Abstreifers mittels zusätzlichen Bohrungen direkt am Primärteil ist nicht zulässig.

⚠ WARNUNG **Beschädigung oder Zerstörung der Motorkomponenten durch unsachgemäßen Einsatz eines Abstreifers auf dem Sekundärteil!**

- Einsatz möglichst nur auf ganzheitlichen Sekundärteilsegmenten
- Berücksichtigung von geringfügigen Höhenunterschieden der Sekundärteilsegmente
- Temperaturentwicklung durch Reibung berücksichtigen
- Evtl. Oberflächenbeschädigungen durch Reibung berücksichtigen
- Befestigung direkt am Primärteil mittels zusätzlichen Bohrungen nicht zulässig

9.22 Steuern und Regeln der MLF-Motoren

9.22.1 Allgemeines

Die nachfolgende Grafik zeigt einen kompletten linearen Direktantrieb, bestehend aus Synchron-Linearmotor, Längenmesssystem, Antriebsregelgerät und übergeordneter Steuerung.

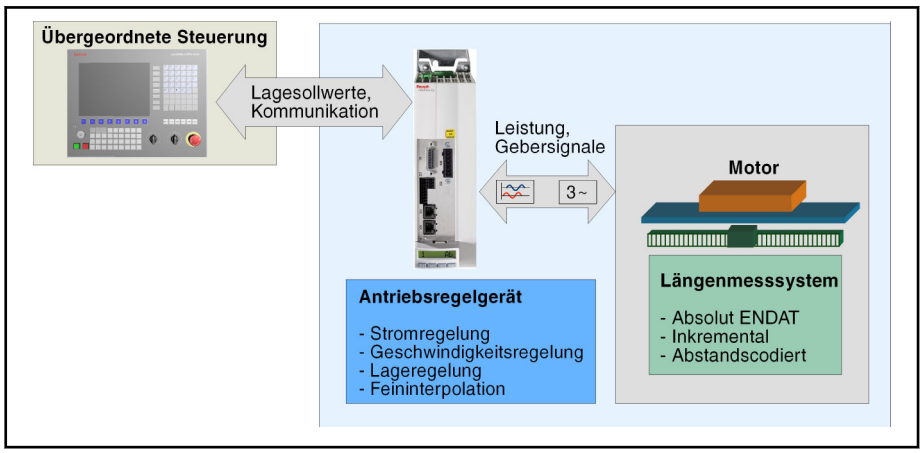


Abb. 9-62: Linearer Direktantrieb

9.22.2 Antriebsregelgeräte und Versorgungsmodule

Zur Ansteuerung der Motoren stehen abhängig von der jeweiligen Anwendung unterschiedliche digitale Antriebsregelgeräte und Versorgungsmodule zur Verfügung. Diese Antriebsregelgeräte sind konfigurierbar und modular oder kompakt aufgebaut.

☞ Zum Einsatz von MLF-Motoren werden die gleichen Antriebsregelgeräte und -firmware verwendet wie für rotative Antriebe von Bosch Rexroth.

9.22.3 Steuerungssysteme

Zur definierten Bewegungserzeugung ist eine übergeordnete Steuerung notwendig. Abhängig von der Funktionalität der Gesamtanlage sowie der verwendeten Antriebsschnittstelle werden von Bosch Rexroth unterschiedliche Steuerungssysteme angeboten.

9.23 Stillsetzen bei NOT-AUS sowie im Fehlerfall

9.23.1 Allgemeines

Das Stillsetzen einer mit MLF ausgerüsteten Achse kann je nach Anforderungen durch

- NOT-AUS,
- Antriebsfehler (z. B. Ansprechen der Geberüberwachung) oder
- Netzausfall

ausgelöst werden.

Bei den Möglichkeiten zum Stillsetzen von MLF-Motoren im Fehlerfall muss eine Unterscheidung zwischen

- Stillsetzen durch den Antrieb,
- Stillsetzen durch eine übergeordnete Steuerung oder
- Stillsetzen durch mechanische Bremseinrichtungen

getroffen werden.

☞ Im Folgenden werden verschiedene Fälle in Bezug auf Bosch Rexroth Antriebstechnik beschrieben.

9.23.2 Stillsetzen durch den Antrieb

Solange keine Störung oder Fehlfunktion im Antriebsstrang ansteht, kann über den Antrieb stillgesetzt werden. Die Möglichkeiten des Stillsetzens sind abhängig vom aufgetretenen Antriebsfehler sowie von der eingestellten Fehlerreaktion des Antriebs. Bestimmte Fehler (Schnittstellenfehler oder fatale Fehler) führen zu einer Kraftfreischaltung des Antriebs.

⚠ WARNUNG **Lebensgefahr, Körperverletzung oder Sachschaden durch unkontrolliertes Austrudeln eines kraftfrei geschalteten Linearantriebs!**

- Konstruktion und Gestaltung nach den Sicherheitsnormen
- Schutz von Menschen durch geeignete Absperrungen bzw. Gehäuse
- Einsatz externer mechanischer Bremseinrichtungen
- Einsatz geeigneter energieabsorbierender Endlagendämpfer

Die Antriebsreaktion bei Schnittstellen- und nichtfatalen Fehlern lässt sich parametrieren. Am Ende jeder Fehlerreaktion schaltet sich der Antrieb kraftfrei.

Folgende Fehlerreaktionen lassen sich einstellen:

0 - Geschwindigkeits-Sollwert-Nullschaltung

1 - Momentenfreischaltung

2 - Geschwindigkeits-Sollwert-Nullschaltung mit Sollwertrampe und -filter

3 - Rückzugsbewegung

☞ Weiterführende Informationen zu Fehlerreaktionen und deren Parametrierung sind der entsprechenden Firmware-Funktionsbeschreibung zu entnehmen.

9.23.3 Stillsetzen durch eine übergeordnete Steuerung

Stillsetzen über Steuerungsfunktionen

Das steuerungsseitige Stillsetzen sollte in folgender Weise vorgenommen werden:

1. Maschinen-SPS bzw. Maschinen -E/A-Ebene meldet Fehler an CNC-Steuerung.
2. CNC-Steuerung führt schnellstmögliches Stillsetzen der Antriebe über Rampe durch.
3. CNC-Steuerung veranlasst Abschaltung der Leistung am Versorgungsmodul.

Antriebsseitiges Stillsetzen durch Steuerung ausgelöst

Das Stillsetzen über Antriebsfunktionen sollte in folgender Weise vorgenommen werden:

1. Maschinen - E/A - Ebene meldet Fehler an CNC-Steuerung bzw. SPS.
2. Die CNC-Steuerung bzw. SPS setzt die Reglerfreigabe (Antriebsfreigabe) der Antriebe zurück bzw. deaktiviert bei Verwendung von SERCOS-Interface den Eingang “E-STOP” an der SERCOS-Schnittstellenkarte.
3. Der Antrieb reagiert daraufhin mit eingestellter Fehlerreaktion.
4. 500 ms nach Zurücksetzen der Reglerfreigabe (Antriebsfreigabe) bzw. Deaktivieren des Eingangs “E-Stop” ist die Leistung am Versorgungsmodul abzuschalten.

☞ Die verzögerte Leistungsabschaltung stellt die sichere Stillsetzung der Antriebe über das Antriebsregelgerät sicher. Bei unverzögerter Leistungsabschaltung läuft der Antrieb nach Aufbrauchen der Zwischenkreisenergie unkontrolliert aus.

9.23.4 Stillsetzen über mechanische Bremseinrichtungen

Die Aktivierung des Stillsetzens über mechanische Bremseinrichtungen sollte gleichzeitig mit dem Abschalten der Leistung am Versorgungsmodul erfolgen. Dazu kann auch eine Einbindung in die Haltebremsenansteuerung der Antriebsregelgeräte vorgesehen werden. Dabei gilt:

- Bremseinrichtungen mit elektrischer Ansteuerung 24 VDC (elektrisch lösend) und Strömen < 2 A können direkt angesteuert werden.
- Bremseinrichtungen mit elektrischer Ansteuerung 24 VDC und Strömen > 2 A können über ein geeignetes Schütz angesteuert werden.

Die Haltebremsenansteuerung wirkt nach Wegnahme der Reglerfreigabe folgendermaßen:

- Fehlerreaktion “0”, “1”, und “3”:

  Nach Unterschreiten einer Geschwindigkeit von 10 mm/min bzw. nach einer Zeitdauer von 400 ms fällt die Haltebremsenansteuerung auf 0 V ab.

- Fehlerreaktion “2”:

  Die Haltebremsenansteuerung fällt unmittelbar nach Wegnahme der Antriebsfreigabe auf 0 V ab.

9.23.5 Verhalten bei Netzausfall

Damit im Falle eines Netzausfalls eine schnellstmögliche Stillsetzung des Linearantriebs erfolgen kann, müssen

- entweder eine unterbrechungsfreie Stromversorgung oder
- eine zusätzliche Zwischenkreiskapazität (Kondensatoren)
- und / oder mechanische Bremseinrichtungen

vorgesehen werden.

Ermittlung notwendige zusätzliche Zwischenkreiskapazität

Zusatzkapazitäten im Zwischenkreis stellen einen zusätzlichen Energiespeicher dar, welcher bei Netzausfall notwendige Bremsenergie liefern kann.

☞ Die Steuerspannungsversorgung muss auch bei Netzausfall für die Dauer der Bremsung noch vorhanden sein! Ggf. Steuerspannungsversorgung puffern oder Steuerspannung aus dem DC-Zwischenkreis versorgen, falls geräteseitig möglich!

Die notwendige Zusatzkapazität zum Stillsetzen bei Netzausfall kann wie folgt ermittelt werden:

$$C_{add} = \frac{m \cdot v_{max}}{U_{DC\,max}^{\ 2} - U_{DC\,min}^{\ 2}} \cdot \left[3{,}5 \cdot \frac{F_{max}}{k_{FN}^{\ 2}} \cdot R_{12} - v_{max} \cdot \left(\frac{F_R}{F_{max}} + 0.3 \right) \right]$$

C_{add}	Notwendige zusätzliche Zwischenkreiskapazität in mF
m	Bewegte Masse in kg
v_{max}	Maximale Geschwindigkeit in m/s
U_{DCmax}	Maximale Zwischenkreisspannung in V
U_{DCmin}	Minimale Zwischenkreisspannung in V
F_{max}	Maximale Bremskraft des Motors in N
k_{FN}	Motorkonstante (Kraftkonstante) in N/A
R_{12}	Wicklungswiderstand bei 20°C
F_R	Reibkraft in N

Abb. 9-63: Ermittlung notwendige zusätzliche Zwischenkreiskapazität

Voraussetzungen:

- Endgeschwindigkeit = 0
- Reibung geschwindigkeitsunabhängig
- konstante Verzögerung
- Wicklungstemperatur 135 °C

☞ Beim Einsatz von Zusatzkapazitäten im Zwischenkreis ist die bereits vorhandene sowie die maximal mögliche Zwischenkreiskapazität des verwendeten Versorgungsmoduls zu berücksichtigen. Es darf bei der Verwendung von Zusatzkapazitäten kein Zwischenkreiskurzschluss ausgelöst werden.

9.23.6 Zwischenkreiskurzschluss

Die meisten Versorgungsmodule von Bosch Rexroth bieten die Möglichkeit bei Leistungsabschaltung einen Kurzschluss des Gleichspannungszwischenkreises durchzuführen. Dadurch werden ebenfalls die Motorphasen kurzgeschlossen und bei Bewegung des Motors eine Bremswirkung erzielt. Die erreichbare Bremskraft ist allerdings nicht sehr hoch und zudem geschwindigkeitsabhängig. Der Zwischenkreiskurzschluss kann deshalb nur als unterstützende Maßnahme beim Einsatz mechanischer Bremseinrichtungen verwendet werden.

9.24 Maximale Beschleunigungsänderung (Ruckbegrenzung)

Strom- und Kraftanstiegsgeschwindigkeit

Die maximale Strom- bzw. Kraftanstiegsgeschwindigkeit wird durch die verfügbare Zwischenkreisspannung sowie die Motorinduktivität bestimmt. Nach Abb. 9-64 ergibt sich bei hochdynamischen Bewegungen und kurzen Hüben die Forderung nach möglichst hoher Zwischenkreisspannung und niedriger Motorinduktivität.

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_{DC}}{L_{12}}$$

$$\frac{dF}{dt} = \frac{U_{DC}}{L_{12}} \cdot k_{FN}$$

di / dt	Änderungsgeschwindigkeit des Stromes in A/s
U_{DC}	Zwischenkreisspannung in V
L_{12}	Wicklungsinduktivität in H
k_{FN}	Motorkonstante (Kraftkonstante) in N/A
i	Strom in A
t	Zeit in s

Abb. 9-64: Maximale Strom- und Kraftanstiegsgeschwindigkeit

Die Beschleunigungsänderung pro Zeit (Ableitung der Beschleunigung) wird als Ruck bezeichnet (Abb. 9-65).

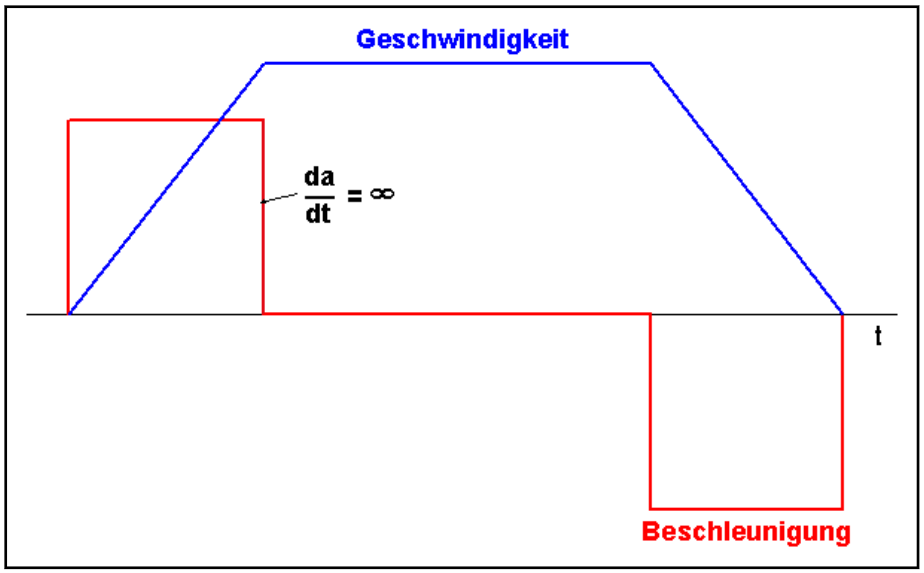


Abb. 9-65: Beschleunigung und Geschwindigkeit ohne Ruckbegrenzung

Antriebsregelgerät oder übergeordnete Steuerung müssen beim Betrieb von Direktantrieben den maximalen Ruck begrenzen (Beschleunigungsrampe mit da/dt ≠ ∞, Abb. 9-66).

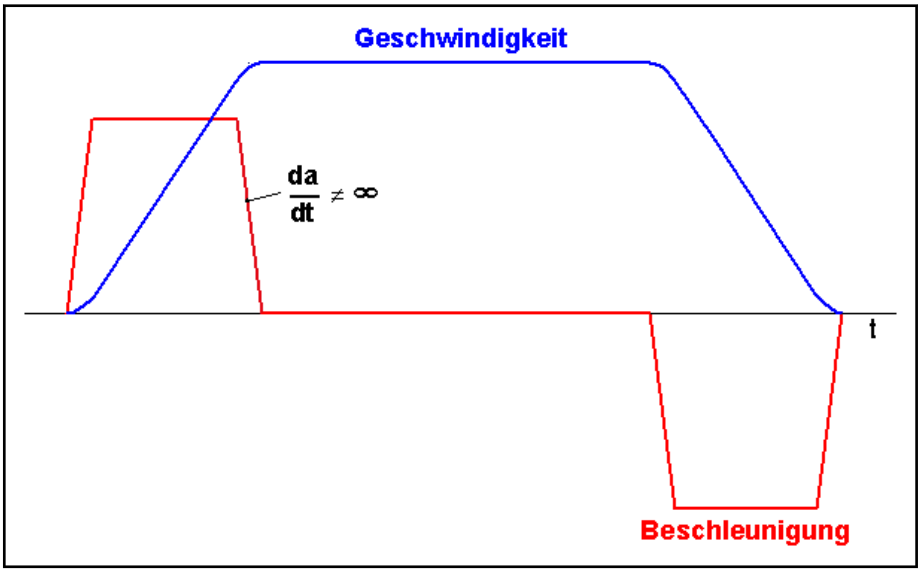


Abb. 9-66: Beschleunigung und Geschwindigkeit mit Ruckbegrenzung

Maximaler Ruck

Der maximale Ruck wird durch die maximale Stromanstiegsgeschwindigkeit sowie durch die bewegte Masse und Motorkonstante bestimmt:

$$r_{max} = \frac{da}{dt} = \frac{U_{DC} \cdot k_{FN}}{L_{12} \cdot m}$$

r_{max}	Maximaler Ruck in m/s³
m	Bewegte Masse in kg
U_{DC}	Zwischenkreisspannung in V
k_{FN}	Motorkonstante (Kraftkonstante) in N/A
L_{12}	Wicklungsinduktivität in H
a	Beschleunigung in m/s²
t	Zeit in s

Abb. 9-67: Maximaler Ruck (Beschleunigungsänderung)

9.25 Lage- und Geschwindigkeitsauflösung

9.25.1 Antriebsinterne Positionsauflösung und Positioniergenauigkeit

Die Positionserfassung bei linearen Direktantrieben erfolgt über ein Längenmesssystem. Längenmesssysteme für Linearmotoren liefern im Allgemeinen sinusförmige Ausgangssignale. Die Länge eines solchen Sinussignals wird als Signalperiode bezeichnet und meist in mm oder µm angegeben.

Die Sinussignale werden bei Rexroth Antriebsregelgeräten im Antrieb nochmals vervielfacht (siehe Abb. 9-69). Die antriebsinterne Vervielfachung ist unter anderem abhängig vom maximalen Verfahrbereich und der Signalperiode des Längenmesssystems und erfolgt immer mit 2^n Stützstellen (z. B. 2048 oder 4096).

$$f_{int} = 2^{31} \cdot \frac{s_p}{x_{max}} \qquad \text{abgerundet auf } 2^n$$

f_{int} Vervielfachungsfaktor (S-0-0256, Vervielfachung 1)
s_p Signalperiode Längenmesssystem in mm (S-0-0116 Geber 1 Auflösung)
x_{max} Maximaler Verfahrbereich (S-0-0278, Maximaler Verfahrbereich)

Abb. 9-68: Vervielfachungsfaktor

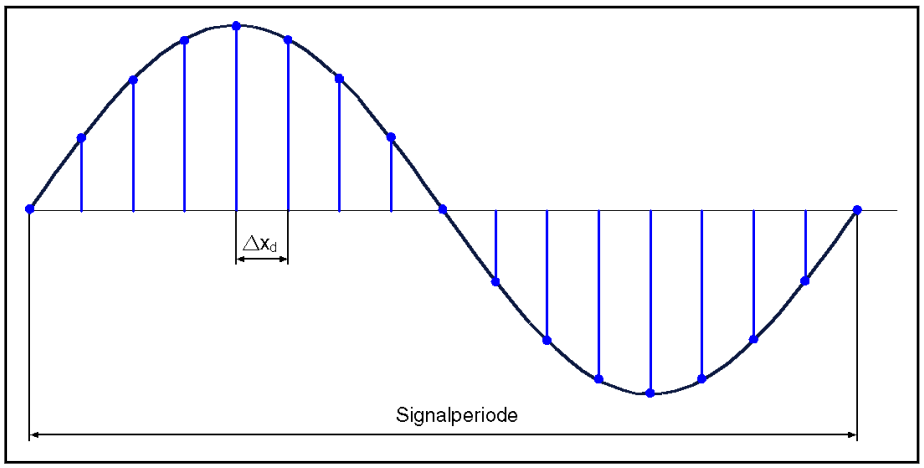


Abb. 9-69: Antriebsinterne Vervielfachung bzw. Interpolation der Messsystemsignale

Somit ergibt sich mit bekannter Signalperiode und antriebsinterner Vervielfachung die antriebsinterne Lageauflösung:

$$\Delta x_d = \frac{s_p}{f_{int}}$$

Δx_d Antriebsinterne Lageauflösung
s_p Signalperiode Längenmesssystem (S-0-0116, Geber 1 Auflösung)
f_{int} Vervielfachungsfaktor (S-0-0256, Vervielfachung 1)

Abb. 9-70: Antriebsinterne Lageauflösung

☞ Die antriebsinterne Lageauflösung ist nicht mit der erreichbaren Positioniergenauigkeit gleichzusetzen.

Erreichbare Positioniergenauigkeit

Die erreichbare Positioniergenauigkeit ist vom mechanischen und regelungstechnischen Gesamtsystem abhängig und ist nicht mit der antriebsinternen Lageauflösung gleichzusetzen.

Die erreichbare Positioniergenauigkeit lässt sich - nach Erfahrungswerten - wie folgt abschätzen:

$$\Delta x_{abs} = \Delta x_d \cdot 30...50$$

Δx_{abs} Positioniergenauigkeit
Δx_d Antriebsinterne Lageauflösung

Abb. 9-71: Abschätzung der erreichbaren Positioniergenauigkeit

Voraussetzung: Optimale Reglereinstellung

☞ Die zu erwartende Positioniergenauigkeit kann nicht besser sein als das kleinste Lagesollwertinkrement der übergeordneten Steuerung.

9.25.2 Geschwindigkeitsauflösung

Die Auflösung der Geschwindigkeit (Geschwindigkeitsquantisierung) ist proportional zur Lageauflösung (siehe) und umgekehrt proportional zur Abtastzeit t_{AD}:

$$\Delta v_d = \frac{\Delta x_d}{t_{AD}}$$

Δv_d	Geschwindigkeitsauflösung in m/s
Δx_d	Antriebsinterne Lageauflösung
t_{AD}	Abtastzeit in s (ECODRIVE03: 500 µs; IndraDrive: Standard Performance 250 µs / High Performance 125 µs)

Abb. 9-72: Geschwindigkeitsauflösung

9.26 Laststeifigkeit

9.26.1 Allgemeines

Der elastische Verformungswiderstand einer Struktur gegenüber einer äußeren Kraft wird als Steifigkeit bezeichnet und häufig in N/µm angegeben. Der Kehrwert der Steifigkeit wird als Nachgiebigkeit bezeichnet.

Bei der Einwirkung von Störkräften auf einen geregelten elektrischen Antrieb spricht man von Laststeifigkeit. Es wird zwischen **statischer** und **dynamischer** Laststeifigkeit unterschieden.

9.26.2 Statische Laststeifigkeit

Die statische Laststeifigkeit eines linearen Direktantriebs ist nur von der maximalen Motorkraft und der antriebsinternen Positionsauflösung abhängig:

$$c_{stat} = \frac{F_{max}}{\Delta x_D}$$

c_{stat}	Statische Laststeifigkeit in N/µm
F_{max}	Maximalkraft des Motors in N
Δx_D	Antriebsinterne Lageauflösung in µm

Abb. 9-73: Statische Laststeifigkeit linearer Direktantrieb

☞ Bei der Beurteilung der statischen Laststeifigkeit eines linearen Direktantriebs ist die Steifigkeit der Maschinenstruktur zu berücksichtigen.

$$d_{stat} = \frac{\Delta x_D}{F_{max}}$$

d_{stat} Statische Nachgiebigkeit in µm/N
F_{max} Maximalkraft des Motors in N
Δx_D Antriebsinterne Lageauflösung in µm

Abb. 9-74: Statische Nachgiebigkeit linearer Direktantrieb

9.26.3 Dynamische Laststeifigkeit

Die dynamische Laststeifigkeit bzw. Nachgiebigkeit ist eine frequenzabhängige Größe. Die dynamische Laststeifigkeit eines linearen Direktantriebs ist nur von den Reglereinstellungen (Strom-, Geschwindigkeits- und Lageregler) sowie der bewegten Masse abhängig. Im Bereich der Eigenfrequenz des Regelkreises liegt die maximale Nachgiebigkeit bzw. geringste Laststeifigkeit.

Die nachfolgende Abbildung zeigt vereinfacht einen beispielhaften Nachgiebigkeitsfrequenzgang.

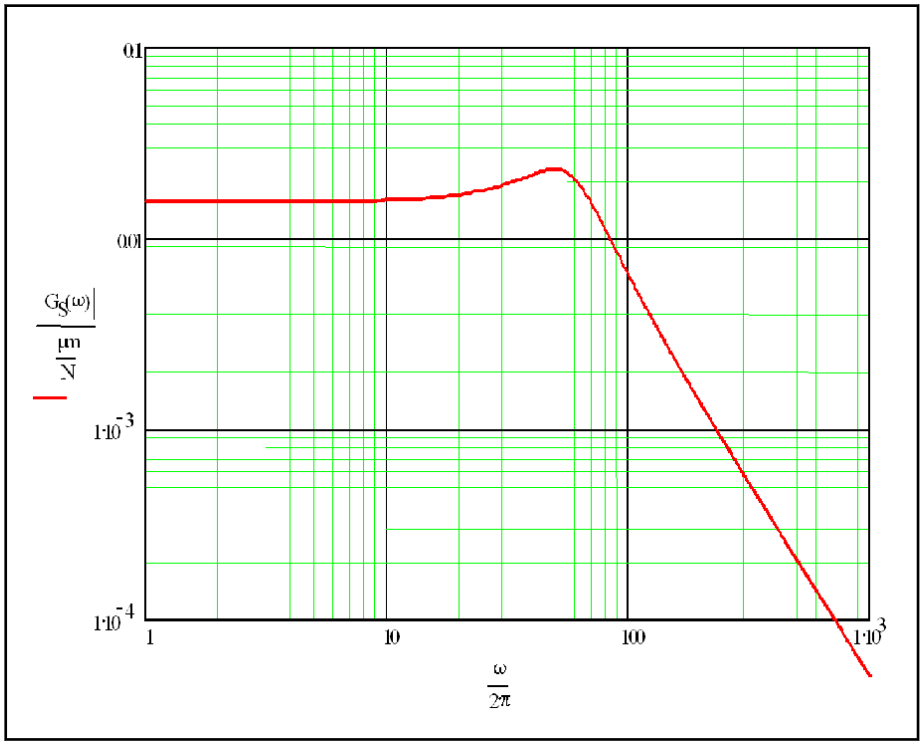


Abb. 9-75: Beispiel Nachgiebigkeitsfrequenzgang eines linearen Direktantriebs

Abschätzung der dynamischen Laststeifigkeit

Trotz der Frequenzabhängigkeit kann für den Bereich unterhalb der Eigenfrequenz des Regelkreises eine hinreichend genaue Abschätzung der dynamischen Steifigkeit erfolgen:

$$c_{dyn} = \frac{0.06 \cdot k_p \cdot k_{FN} \cdot \left(1 + 0.0167 \cdot k_v \cdot T_n\right)}{T_n \cdot \left(1 + \frac{e^{-D \cdot \frac{\pi}{\sqrt{1-D^2}}}}{\sqrt{1-D^2}}\right)}$$

mit / with

$$D = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{0.06 \cdot k_p \cdot k_{FN} \cdot T_n}{m \cdot \left(1 + 0.0167 \cdot k_v \cdot T_n\right)}}$$

c_{dyn}	Dynamische Laststeifigkeit in N/µm
k_p	Proportionalverstärkung Geschwindigkeitsregler in A • min/m
k_{FN}	Motorkonstante (Kraftkonstante) in N/A
k_v	Proportionalverstärkung Lageregler (Kv-Faktor) in m/min • mm
T_n	Nachstellzeit Geschwindigkeitsregler in ms
D	Dämpfung
m	Bewegte Gesamtmasse in kg

Abb. 9-76: Abschätzung der dynamischen Laststeifigkeit

$$d_{dyn} = \frac{1}{c_{dyn}}$$

d_{dyn}	Dynamische Nachgiebigkeit in µm/N
c_{dyn}	Dynamische Laststeifigkeit in N/µm

Abb. 9-77: Ermittlung der dynamischen Nachgiebigkeit

$$\omega_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot k_p \cdot k_{FN} \cdot \left(60 + k_v \cdot T_n\right)}{m \cdot T_n}}$$

ω_0	Eigenfrequenz in Hz
k_p	Proportionalverstärkung Geschwindigkeitsregler in A • min/m
k_{FN}	Motorkonstante (Kraftkonstante) in N/A
k_v	Proportionalverstärkung Lageregler (Kv-Faktor) in m/min • mm
T_n	Nachstellzeit Geschwindigkeitsregler in ms
m	Bewegte Gesamtmasse in kg

Abb. 9-78: Ermittlung der Regler-Eigenfrequenz

10 Motordimensionierung

10.1 Allgemeine Vorgehensweise

Die Dimensionierung bzw. Auslegung von Linearantrieben wird maßgeblich durch die anwendungsabhängigen Verläufe von Geschwindigkeit und Vorschubkraft bestimmt. Der prinzipielle Ablauf der Dimensionierung von Linearantrieben wird durch die nachfolgende Abbildung dargestellt.

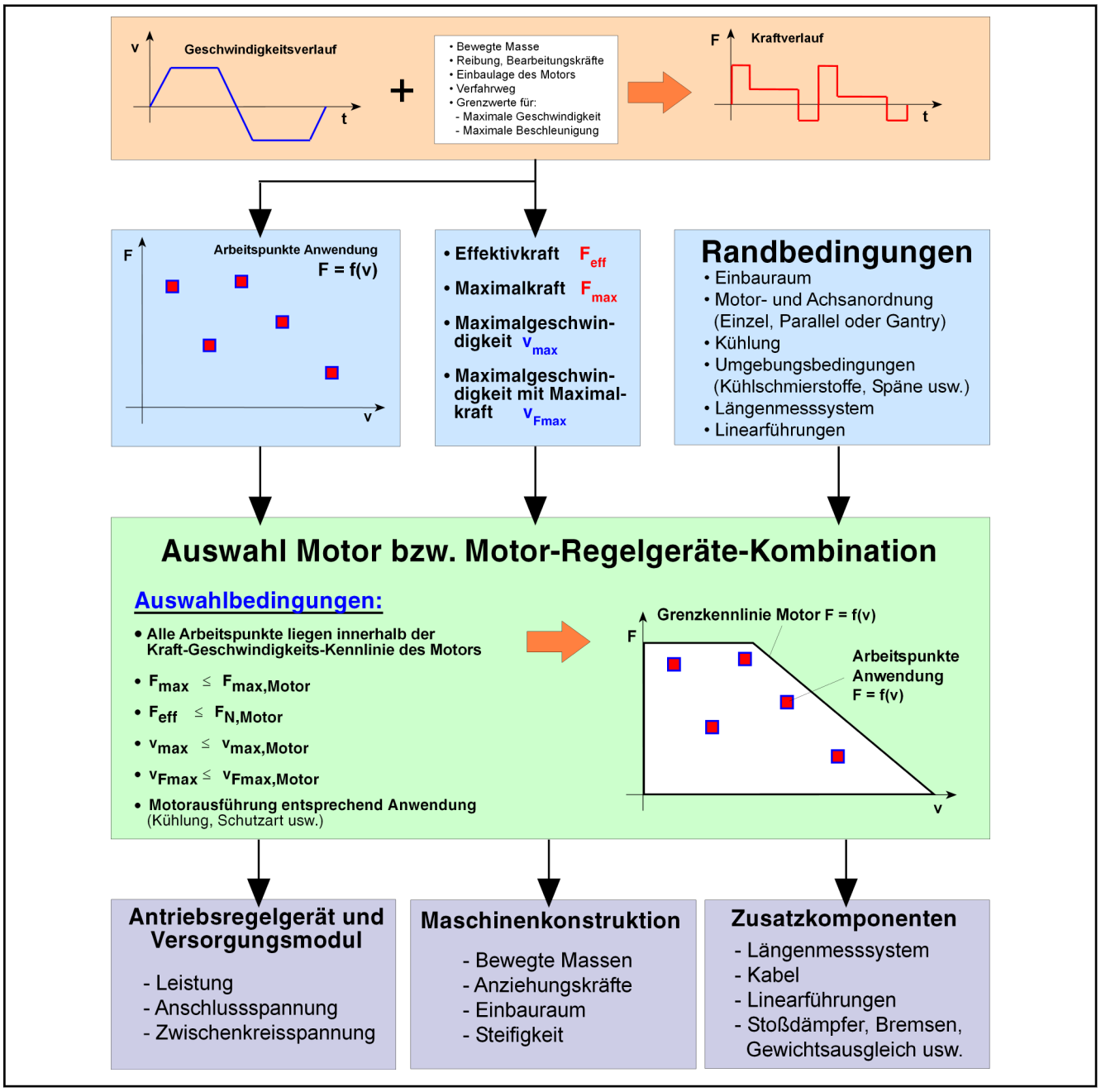


Abb. 10-1: Prinzipieller Ablauf bei der Dimensionierung von Linearantrieben

10.2 Grundlegende Formeln

10.2.1 Allgemeine Bewegungsgleichungen

Anhand der nachfolgend dargestellten allgemeinen Gleichungen erfolgt die Berechnung der zur Motordimensionierung und -auswahl notwendigen Größen.

☞ Die prozessbedingten Vorschubkräfte und Geschwindigkeiten dienen bei der Projektierung von linearen Direktantrieben ohne Umrechnungen direkt zur Antriebsauswahl.

Geschwindigkeit: $$v(t) = \frac{s(t)}{dt}$$

Beschleunigung: $$a(t) = \frac{v(t)}{dt}$$

Kraft: $$F(t) = a(t) \cdot m + F_0(t) + F_P(t)$$

Effektivkraft: $$F_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T F(t)^2 \, dt}$$

Mittlere Geschwindigkeit: $$v_{avg} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T v(t) \, dt$$

v(t)	Geschwindigkeitsverlauf über Zeit in m/s
s(t)	Wegverlauf über Zeit in m
a(t)	Beschleunigungsverlauf über Zeit in m/s²
F(t)	Kraftverlauf über Zeit in N
m	Bewegte Masse in kg
$F_0(t)$	Grundkraft in N
$F_P(t)$	Prozess- bzw. Bearbeitungskraft in N
F_{eff}	Effektivkraft in N
v_{avg}	Mittlere Geschwindigkeit in m/s
t	Zeit in s
T	Gesamtzeit in s

Abb. 10-2: Allgemeine Bewegungsgleichungen

Häufig ist die mathematische Beschreibung der geforderten Positionen in Abhängigkeit der Zeit bekannt (NC-Programm, elektronische Kurvenscheibe). Anhand der Wegfunktion kann die Berechnung der Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kräfte erfolgen. Mit Standardsoftware, wie z. B. MS Excel oder MathCad, ist eine einfache Berechnung der erforderlichen Größen - auch bei komplizierten Verfahrprofilen - möglich.

☞ Für trapez-, dreieck- oder sinusförmige Geschwindigkeitsverläufe werden nachfolgend detailliertere Zusammenhänge angegeben.

Nutzen Sie zur Auslegung auch das Bosch Rexroth Applikation-Werkzeug IndraSize (siehe Kap. 4.1.3 auf Seite 28).

10.2.2 Vorschubkräfte

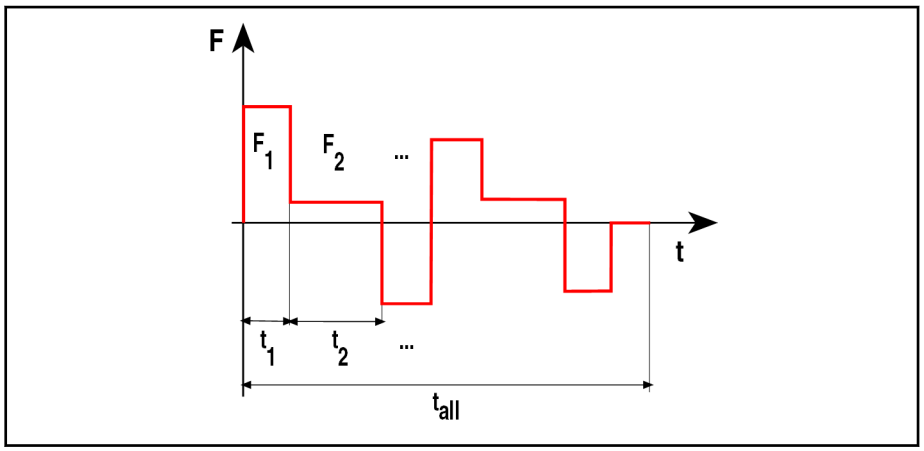


Abb. 10-3: Ermittlung Vorschubkräfte

Beschleunigungskraft:	$F_{ACC} = m \cdot a$
Gewichtskraft:	$F_W = m \cdot g \cdot \sin\alpha \cdot (1 - \frac{f_{cb}}{100})$
Reibkraft:	$F_F = \mu \cdot (m \cdot g \cdot \cos\alpha + F_{ATT}) + F_0$
Maximalkraft:	$F_{MAX} = F_{ACC} + F_F + F_W + F_P$
Effektivkraft:	$F_{EFF} = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + \ldots}{t_{all}}}$

F_{ACC}	Beschleunigungskraft in N
F_W	Gewichtskraft in N
F_F	Reibkraft in N
F_0	Zusätzliche Reib- bzw. Grundkraft in N (z. B. durch Dichtungen von Linearführungen)
F_{MAX}	Maximalkraft in N
F_{EFF}	Effektivkraft in N
F_P	Bearbeitungskraft in N
a	Beschleunigung in m/s²
m	Bewegte Masse in kg
g	Erdbeschleunigung (9,81 m/s²)
α	Achswinkel in Grad (0°:horizontale Achse; 90°: vertikale Achse)
f_{CB}	Gewichtsausgleich in %
t_{all}	Gesamtzeit Spieldauer in s
F_{ATT}	Anziehungskraft zwischen Primär- und Sekundärteil in N
μ	Reibkoeffizient

Abb. 10-4: Ermittlung Vorschubkräfte

☞ Bei der Dimensionierung von Linearmotorantrieben ist die bewegte Masse der Motorkomponenten – vor allem bei relativ kleinen Schlittenmassen – zu berücksichtigen. Die bewegte Masse, sowie die Anziehungskraft zwischen Primär- und Sekundärteil, ist jedoch erst nach einer erfolgten Motorauswahl bekannt. Deshalb sind für diese Größen zunächst Annahmen zu treffen und diese nach erfolgter Motorauswahl nochmals zu überprüfen.

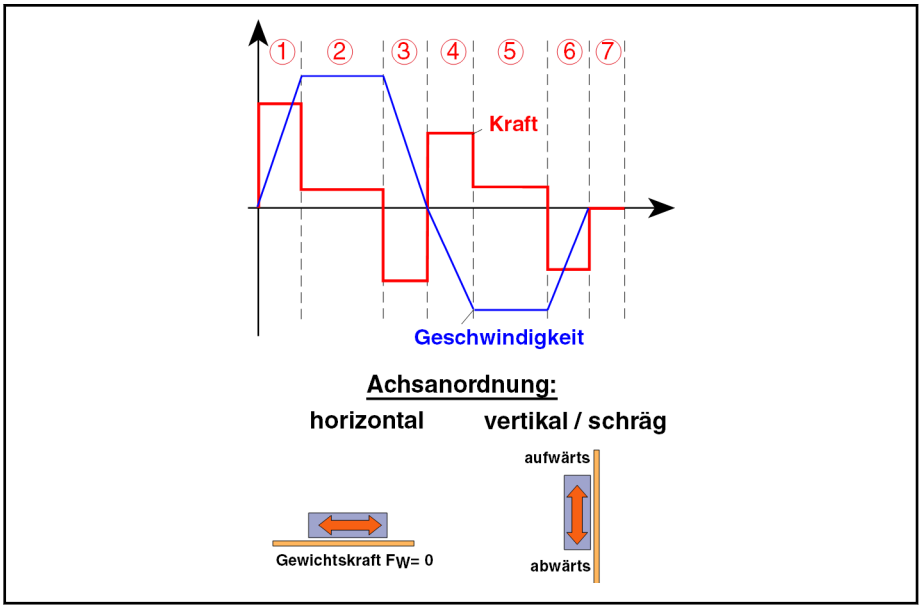


Abb. 10-5: Ermittlung resultierender Vorschubkräfte, abhängig von der Bewegungsart und -richtung

(1)	Beschleunigung (aufwärts) :	$F = F_{ACC} + F_F + F_W$
(2)	Konst. Geschwindigkeit (aufwärts) :	$F = F_F + F_W$
(3)	Bremsen (aufwärts) :	$F = -F_{ACC} + F_F + F_W$
(4)	Beschleunigung (abwärts) :	$F = F_{ACC} + F_F - F_W$
(5)	Konst. Geschwindigkeit (abwärts) :	$F = F_F - F_W$
(6)	Bremsen (abwärts) :	$F = -F_{ACC} + F_F - F_W$
(7)	Pausenzeit:	$F = F_W$

F_{ACC} Beschleunigungskraft in N
F_W Gewichtskraft in N
F_F Reibkraft in N

Abb. 10-6: Ermittlung resultierender Vorschubkräfte, abhängig von der Bewegungsart und -richtung

☞ Bei horizontaler Achsanordnung ist die Gewichtskraft F_W = 0. Weitere richtungsabhängige Grund- und Prozesskräfte sind zusätzlich zu berücksichtigen.

10.2.3 Mittlere Geschwindigkeit

Die mittlere Geschwindigkeit wird zur Bestimmung der mechanischen Dauerleistung des Antriebs benötigt. Die allgemeingültige Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit ist in Abb. 10-2 angegeben. Für die einfache Ermittlung bei trapez- oder dreieckförmigen Geschwindigkeitsprofilen kann folgende Berechnung angewendet werden:

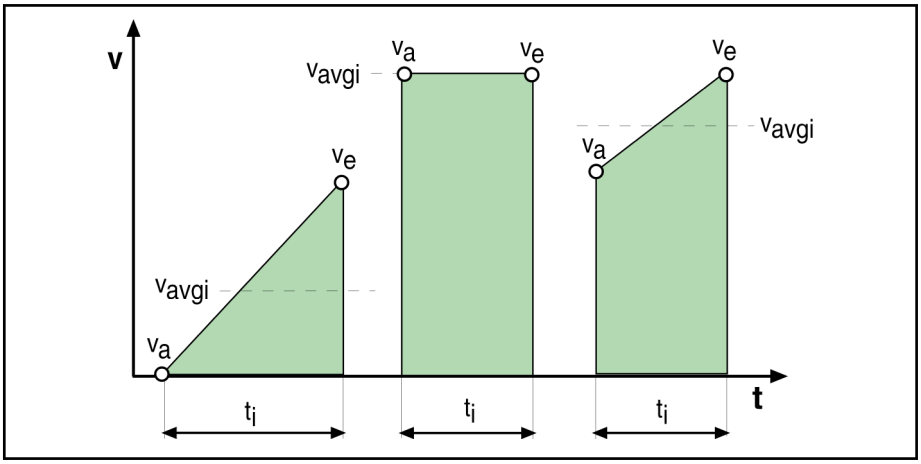


Abb. 10-7: Dreieck- oder trapezförmige Geschwindigkeitsprofile

$$v_{avgi} = \frac{|v_a| - |v_e|}{2}$$

$$v_{avg} = \frac{\sum v_{avg\ i} \cdot t_i}{t_{all}}$$

v_{avgi}	Mittlere Geschwindigkeit für ein Geschwindigkeitssegment mit der Dauer ti in m/s
v_a	Anfangsgeschwindigkeit des Geschwindigkeitssegments in m/s
v_e	Endgeschwindigkeit des Geschwindigkeitssegments in m/s
v_{avg}	Mittlere Geschwindigkeit über Gesamtspieldauer in m/s
t_i	Dauer Geschwindigkeitssegment in s
t_{all}	Gesamtspieldauer, inkl. Pausen bzw. Stillstandszeiten, in s

Abb. 10-8: Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit bei dreieck- oder trapezförmigen Geschwindigkeitsprofilen

10.2.4 Trapezförmige Geschwindigkeit

Allgemeines

Diese Betriebsart ist charakteristisch für die meisten Anwendungen. Nach der Beschleunigungsphase folgt Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit bis zur Abbremsphase.

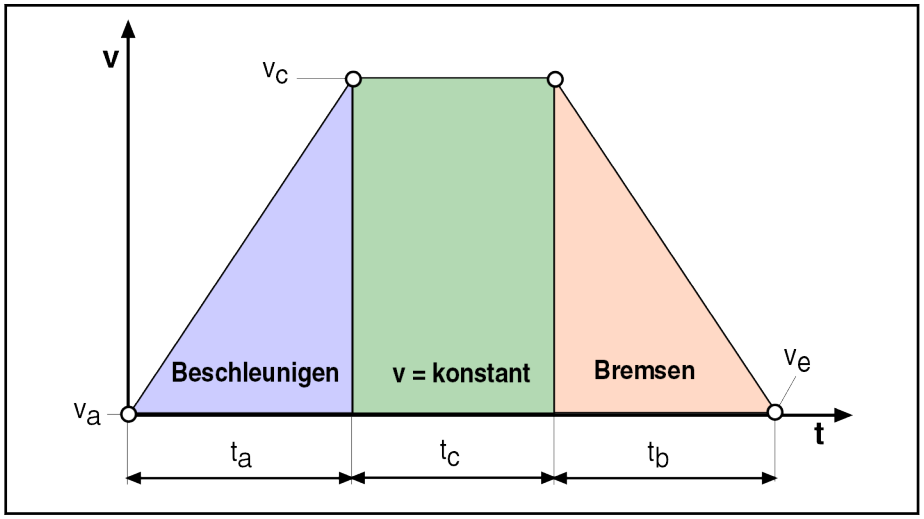


Abb. 10-9: Trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil

Beschleunigen, Anfangsgeschwindigkeit = 0

- Geschwindigkeit v ≠ konstant
- Anfangsgeschwindigkeit $v_a = 0$
- Beschleunigung a = konstant und positiv

Beschleunigung:
$$a = \frac{v_c}{t_a} = \frac{2 \cdot s}{t_a^2} = \frac{v_c^2}{2 \cdot s}$$

Endgeschwindigkeit:
$$v_c = a \cdot t_a = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} = \frac{2 \cdot s}{t_a}$$

Weg:
$$s = \frac{v_c}{2} \cdot t_a = \frac{v_c^2}{2 \cdot a} = \frac{a \cdot t_a^2}{2}$$

Zeit:
$$t_a = \frac{v_c}{a} = \frac{2 \cdot s}{v_c} = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$$

a	Beschleunigung in m/s²
v_c	Endgeschwindigkeit in m/s
t_a	Beschleunigungszeit in s
s	Weg während Beschleunigung in m

Abb. 10-10: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Anfangsgeschwindigkeit = 0 (bei trapezförmigem Geschwindigkeitsprofil)

Beschleunigen, Anfangsgeschwindigkeit ≠ 0

- Geschwindigkeit v ≠ konstant
- Anfangsgeschwindigkeit v_a ≠ 0
- Beschleunigung a = konstant und positiv

Beschleunigung: $$a = \frac{v_c - v_a}{t_a} = \frac{2 \cdot s}{t_a^2} - \frac{2 \cdot v_a}{t_a} = \frac{v_c^2 - v_a^2}{2 \cdot s}$$

Geschwindigkeit: $$v_c = v_a + a \cdot t_a = \sqrt{2 \cdot a \cdot s + v_a^2} = \frac{2 \cdot s}{t_a} - v_a$$

Weg: $$s = \frac{v_c + v_a}{2} \cdot t_a = \frac{v_c^2 - v_a^2}{2 \cdot a} = v_a \cdot t_a + \frac{a \cdot t_a^2}{2}$$

Zeit: $$t_a = \frac{v_c - v_a}{a} = \frac{2 \cdot s}{v_c + v_a} = \frac{\sqrt{2 \cdot a \cdot s + v_a^2} - v_a}{a}$$

a Beschleunigung in m/s²
v_c Endgeschwindigkeit in m/s
v_a Anfangsgeschwindigkeit in m/s
t_a Beschleunigungszeit in s
s Weg während Beschleunigung in m

Abb. 10-11: Gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Anfangsgeschwindigkeit ≠ 0 (bei trapezförmigem Geschwindigkeitsprofil)

Konstante Geschwindigkeit

- Geschwindigkeit v = konstant
- Beschleunigung a = 0

Geschwindigkeit: $$v_c = \frac{s_c}{t_c}$$

Weg: $$s_c = v_c \cdot t_c$$

Zeit: $$t_c = \frac{s_c}{v_c}$$

v_c Konstante Geschwindigkeit in m/s
t_c Zeit während konstanter Geschwindigkeit in s
s_c Weg während konstanter Geschwindigkeit in m

Abb. 10-12: Konstante Geschwindigkeit (bei trapezförmigem Geschwindigkeitsprofil)

Bremsen, Endgeschwindigkeit = 0

- Geschwindigkeit v ≠ konstant
- Endgeschwindigkeit $v_e = 0$
- Beschleunigung a = konstant und negativ

Beschleunigung: $$a = \frac{v_c}{t_b} = \frac{2 \cdot s}{t_b^2} = \frac{v_c^2}{2 \cdot s}$$

Geschwindigkeit: $$v_c = a \cdot t_b = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} = \frac{2 \cdot s}{t_b}$$

Weg: $$s = \frac{v_c}{2} \cdot t_b = \frac{v_c^2}{2 \cdot a} = \frac{a \cdot t_b^2}{2}$$

Zeit: $$t_b = \frac{v_c}{a} = \frac{2 \cdot s}{v_c} = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$$

a	Beschleunigung in m/s²
v_c	Endgeschwindigkeit in m/s
t_b	Bremszeit in s
s	Weg während des Bremsens in m

Abb. 10-13: Gleichmäßig verzögerte Bewegung, Endgeschwindigkeit = 0 (bei trapezförmigem Geschwindigkeitsprofil)

Bremsen, Endgeschwindigkeit ≠ 0

- Geschwindigkeit v ≠ konstant
- Endgeschwindigkeit $v_e \neq 0$
- Beschleunigung a = konstant und negativ

Beschleunigung: $$a = \frac{v_c - v_e}{t_b} = \frac{2 \cdot v_c}{t_b} - \frac{2 \cdot s}{t_b^2} = \frac{v_c^2 - v_e^2}{2 \cdot s}$$

Geschwindigkeit: $$v_e = v_c - a \cdot t_b = \sqrt{v_c^2 - 2 \cdot a \cdot s} = \frac{2 \cdot s}{t_b} - v_c$$

Weg: $$s = \frac{v_c + v_e}{2} \cdot t_b = \frac{v_c^2 - v_e^2}{2 \cdot a} = v_c \cdot t_b + \frac{a \cdot t_b^2}{2}$$

Zeit: $$t_a = \frac{v_c - v_e}{a} = \frac{2 \cdot s}{v_c + v_e} = \frac{v_c - \sqrt{v_c^2 - 2 \cdot a \cdot s}}{a}$$

a	Beschleunigung in m/s²
v_c	Anfangsgeschwindigkeit in m/s
v_e	Endgeschwindigkeit in m/s
t_b	Bremszeit in s
s	Weg während des Bremsens in m

Abb. 10-14: Gleichmäßig verzögerte Bewegung, Endgeschwindigkeit ≠ 0 (bei trapezförmigem Geschwindigkeitsprofil)

10.2.5 Dreieckförmige Geschwindigkeit

Dieser Geschwindigkeitsverlauf besitzt im Unterschied zum trapezförmigen Verlauf keine Phase konstanter Geschwindigkeit. Nach der Beschleunigungsphase folgt sofort die Abbremsphase. Bei kurzhubigen Bewegungen ist dieser Verlauf häufig anzutreffen.

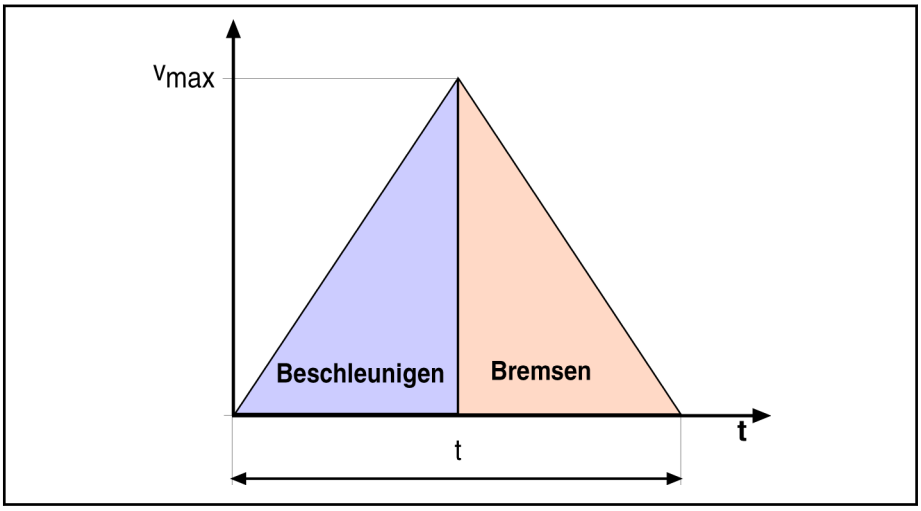


Abb. 10-15: Dreieckförmiges Geschwindigkeitsprofil

Beschleunigung: $$a = \frac{2 \cdot v_{max}}{t} = \frac{4 \cdot s_{all}}{t^2} = \frac{v_{max}^2}{s}$$

Geschwindigkeit: $$v_{max} = \frac{a \cdot t}{2} = \sqrt{a \cdot s_{all}} = \frac{2 \cdot s_{all}}{t}$$

Weg: $$s_{all} = \frac{v_{max} \cdot t}{2} = \frac{v_{max}^2}{4 \cdot a} = \frac{a \cdot t^2}{4}$$

Zeit: $$t = \frac{2 \cdot v_{max}}{a} = \frac{4 \cdot s_{all}}{v_{max}} = \sqrt{\frac{4 \cdot s_{all}}{a}}$$

v_{max}	Maximal erreichbare Geschwindigkeit in m/s
a	Beschleunigung in m/s²
s_{all}	Gesamter Verfahrweg in m
t	Positionierzeit in s

Abb. 10-16: Berechnung dreieckförmiges Geschwindigkeitsprofil

10.2.6 Sinusförmige Geschwindigkeit

Dieser Geschwindigkeitsverlauf ergibt sich zum Beispiel bei Zirkularinterpolation zweier Achsen (Kreisfahrt) oder bei der oszillierenden Bewegung einer Achse, z. B. bei der Schleifbearbeitung.

Die vorgegebenen Größen sind meist der Verfahrweg bzw. der Kreisdurchmesser und die Periodendauer T.

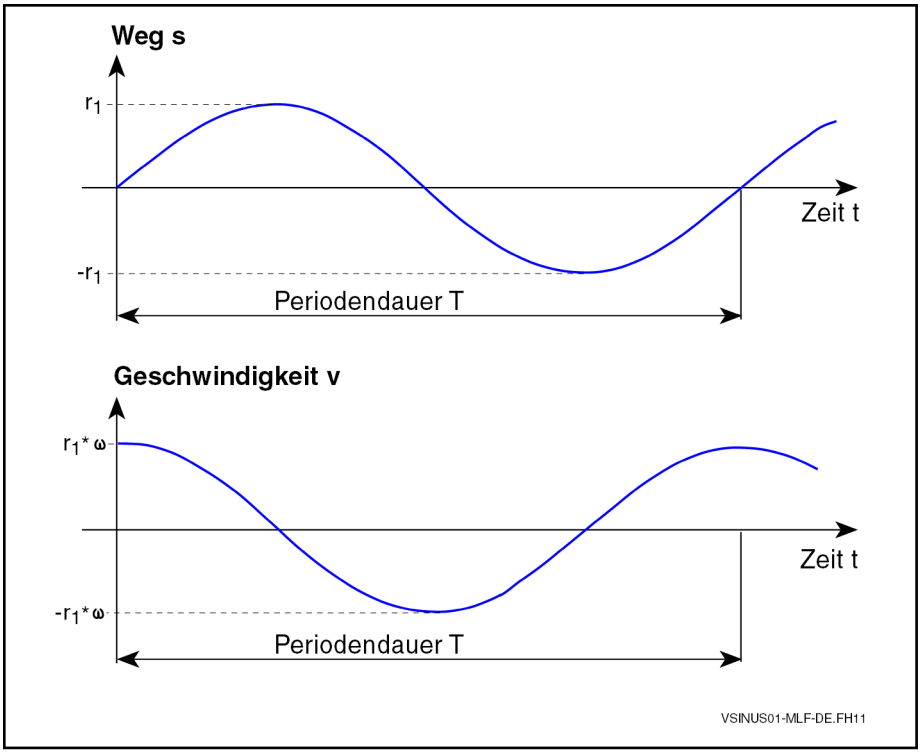


Abb. 10-17: Weg- und Geschwindigkeit einer Achse bei sinusförmiger Geschwindigkeit einfügen

Weg: $s(t) = r_1 \cdot \sin(\omega \cdot t)$

Geschwindigkeit: $v(t) = r_1 \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega$

Beschleunigung: $a(t) = -r_1 \cdot \sin(\omega t) \cdot \omega^2$

Ruck: $r(t) = -r_1 \cdot \cos(\omega t) \cdot \omega^3$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Abb. 10-18: Berechnungsformeln für Weg- und Geschwindigkeit einer Achse bei sinusförmiger Geschwindigkeit

Anhand Abb. 10-17 und Abb. 10-18 ergeben sich folgende Berechnungsgrundlagen:

Maximale Beschleunigung:	$a_{max} = r \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2$
Maximale Geschwindigkeit:	$v_{max} = r \cdot \frac{2 \cdot \pi}{T}$
Mittlere Geschwindigkeit:	$v_{avg} = \frac{2 \cdot v_{max}}{\pi} = \frac{4 \cdot r}{T}$
Beschleunigungskraft:	$F_{ACC} = a_{max} \cdot m$
Effektivkraft:	$F_{EFF} = \sqrt{\frac{F_{acc}^2}{2} + F_0^2}$
Achsanordnung vertikal:	$F_{EFFv} = \sqrt{\frac{F_{acc}^2 + F_{0\,up}^2 + F_{0\,down}^2}{2}}$
Grundkraft Aufwärtsbewegung:	$F_{0\,up} = F_0 + F_w$
Grundkraft Abwärtsbewegung:	$F_{0\,down} = F_0 - F_w$

a_{max}	Maximalbeschleunigung in m/s²
v_{max}	Maximalgeschwindigkeit in m/s
r	Verfahrweg in eine Richtung oder Radius in m
T	Periodendauer in s
m	Bewegte Masse in kg
F_{ACC}	Beschleunigungskraft in N
F_{EFF}	Effektivkraft in N
F_{EFFv}	Effektivkraft bei vertikaler oder schräger Achsanordnung in N
F_0	Grundkraft, z. B. Reibkraft, in N
F_W	Gewichtskraft in N

Abb. 10-19: Berechnungsformeln für sinusförmiges Geschwindigkeitsprofil

☞ Weitere richtungsabhängige Grund- und Prozesskräfte sind zusätzlich zu berücksichtigen.

10.3 Einschaltdauer und Vorschubkraft

10.3.1 Allgemeines

Die relative Einschaltdauer ED gibt den möglichen Anteil der Belastung bezogen auf eine Gesamtspieldauer inklusive Pausenzeiten in Prozent an. Die Begrenzung der Einschaltdauer erfolgt durch die thermische Auslastbarkeit des Motors. Die Belastung des Motors mit Dauernennkraft ist über die gesamte Spieldauer möglich. Um den Motor mit höheren Vorschubkräften ther-

misch nicht zu überlasten, muss eine Reduzierung der Einschaltdauer bei F > F_{dN} erfolgen (siehe Abb. 10-20).

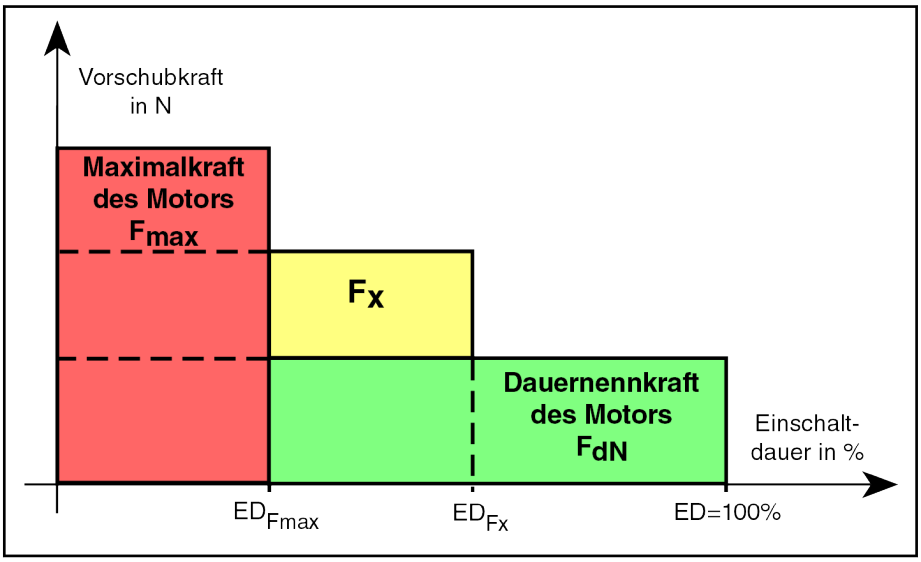


Abb. 10-20: Zusammenhang zwischen Einschaltdauer und Vorschubkraft

10.3.2 Ermittlung der Einschaltdauer

Die näherungsweise Ermittlung der relativen Einschaltdauer ED_{ideal} erfolgt über den Zusammenhang:

$$ED_{ideal} = \left(\frac{F_{EFF}^2}{F_{MAX}^2} \right) \cdot 100$$

ED_{ideal} Relative Einschaltdauer in %
F_{EFF} Effektivkraft bzw. Dauerkraft in N
F_{MAX} Maximale Vorschubkraft

Abb. 10-21: Näherungsweise Bestimmung der Einschaltdauer ED

Voraussetzung: Linearer Zusammenhang zwischen Vorschubkraft und Strom.

Die Berechnung der Einschaltdauer kann für MLF-Motoren nach Abb. 10-21 kann nur näherungsweise angewendet werden, da zwischen Kraft und Strom ein nichtlinearer Zusammenhang besteht.

Zur überschlägigen Ermittlung von möglichen Einschaltdauern bei Kurzzeitbetriebskräften mit $F_{KB} \leq 1.5\ F_{dN}$ ist diese Berechnung noch zulässig.

☞ Zur exakten Ermittlung der relativen Einschaltdauer der Synchron-Linearmotoren MLF ist Abb. 10-22 oder Abb. 10-23 zu verwenden.

Die Nichtlinearität der Kennlinie Kraft über Strom bei Synchron-Linearmotoren führt zu einem erhöhten Anstieg der Verlustleistung bei höheren Vorschubkräften. Diese Verlustleistungserhöhung führt - insbesondere bei hohem Anteil von Beschleunigungs- und Bremsvorgängen - zu einer reduzierten möglichen Einschaltdauer gegenüber Abb. 10-21.

$$ED_{real} = \frac{P_{vN}}{P_{AVG\ a}} \cdot 100$$

ED_{real}	Mögliche relative Einschaltdauer in %
P_{vN}	Maximale abführbare Verlustleistung des Motors in W (Dauerverlustleistung siehe Kapitel 4 Technische Daten)
$P_{AVG\ a}$	Mittlere Motorverlustleistung in Anwendung über einer Spieldauer inklusive Pausenzeiten in W

Abb. 10-22: Bestimmung der Einschaltdauer ED

Voraussetzung: Spieldauer ≤ Thermische Zeitkonstante Motor

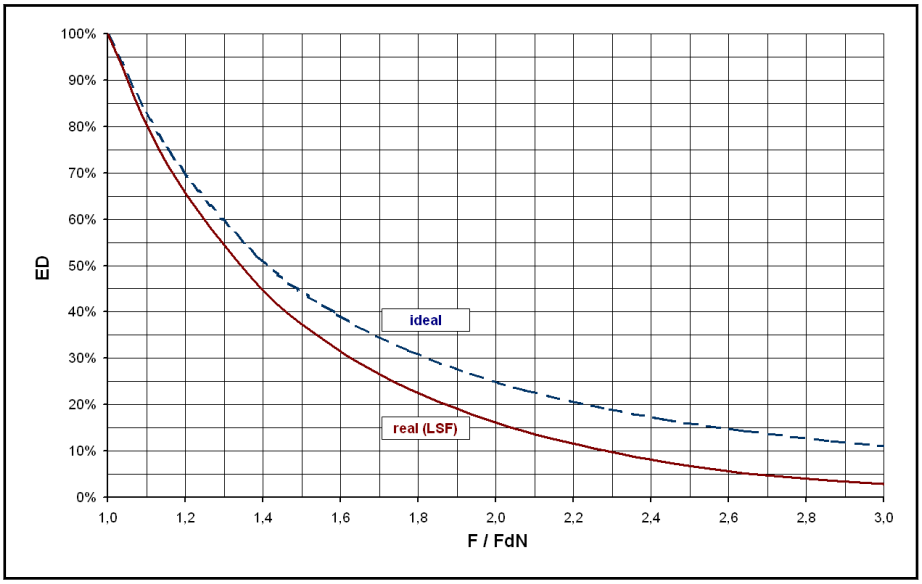


Abb. 10-23: Einschaltdauer über Kraft für Synchron-Linearmotoren MLF

☞ Im Stillstandsbetrieb ergibt sich eine ungleichmäßige Verteilung der Verluste im Motor. Daher ist dieser gesondert zu betrachten. Beachten Sie hierzu die Hinweise im Kapitel 9.15 auf Seite 229.

10.4 Bestimmung der Antriebsleistung

10.4.1 Allgemeines

Zur Dimensionierung des Versorgungsmoduls oder der Netzanschlussleistung muss die Dauer- und Maximalleistung des Linearantriebs bestimmt werden.

☞ Bei der Ermittlung der Gesamtleistung mehrerer an einem Versorgungsmodul angeschlossenen Antriebe ist der entsprechende Gleichzeitigkeitsfaktor zu berücksichtigen.

10.4.2 Dauerleistung

Die Dauerleistung entspricht der Summe aus mechanischer und elektrischer Leistung des Motors.

Dauerleistung gesamt: $P_c = P_{cm} + P_{ce}$

Mechanische Dauerleistung: $P_{cm} = F_{eff} \cdot v_{avg}$

Elektrische Dauerleistung: $P_{ce} = \left(\frac{F_{eff}}{F_{dn}}\right)^2 \cdot P_{vn} \quad mit \quad F_{eff} \leq F_{dn}$

P_c	Dauerleistung in W
P_{cm}	Mechanische Dauerleistung in W
P_{ce}	Elektrische Dauerverlustleistung des Motors in W
F_{eff}	Effektivkraft in N (aus Anwendung)
v_{avg}	Mittlere Geschwindigkeit in m/s
F_{dn}	Nennkraft des Motors in N
P_{vn}	Nennverlustleistung des Motors in W

Abb. 10-24: Dauerleistung des Linearmotors

☞ Bei Reduzierung der Dauernennkraft erfolgt eine Reduzierung der elektrischen Dauerleistung (siehe Abb. 10-24).

10.4.3 Maximalleistung

Die maximale Leistung ist ebenfalls die Summe aus mechanischer und elektrischer Maximalleistung und muss dem Antrieb z. B. während Beschleunigungs- und Bremsphasen oder bei sehr hohen Bearbeitungskräften zur Verfügung gestellt werden.

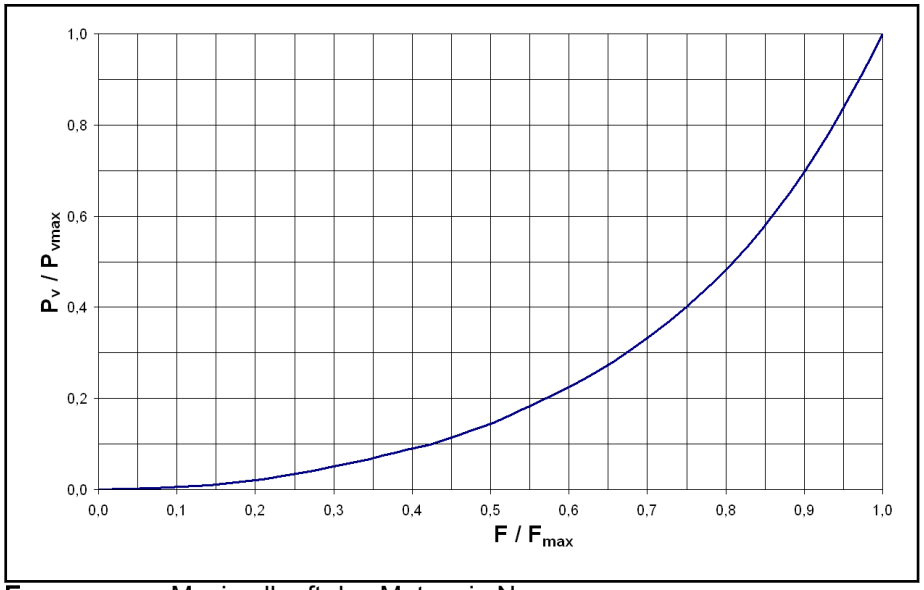
Maximalleistung gesamt: $P_{max} = P_{max\,m} + P_{max\,e}$

Mechanische Maximalleistung: $P_{max\,m} = F_{max} \cdot v_{F\,max}$

P_{max}	Maximalleistung gesamt in W
P_{maxm}	Mechanische Maximalleistung in W
P_{maxe}	Elektrische Maximalleistung in W (siehe Abb. 10-26)
F_{max}	Maximale Vorschubkraft in N
v_{Fmax}	Maximalgeschwindigkeit mit F_{max} in N

Abb. 10-25: Maximale Leistung des Linearmotors

☞ Bei Reduzierung der maximalen Vorschubkraft gegenüber der erreichbaren Maximalkraftkraft des Motors erfolgt ebenfalls eine Reduzierung der elektrischen Maximalleistung P_{maxe}. Zur Ermittlung der reduzierten elektrischen Maximalleistung P_{maxe} dient Abb. 10-26.



F_{max}	Maximalkraft des Motors in N
F	Maximalkraft Anwendung in N
P_{vmax}	Maximalverlustleistung des Motors in W
P_v	Verlustleistung des Motors Anwendung in W

Abb. 10-26: Diagramm zur Bestimmung der reduzierten elektrischen Verlustleistung

10.4.4 Kühlleistung

Die erforderliche Kühlleistung entspricht annähernd der elektrischen Dauerverlustleistung des Motors.

Kühlleistung: $$P_{co} = P_{ce} = \left(\frac{F_{eff}}{F_{dn}}\right)^2 \cdot P_{vn} \qquad mit \quad F_{eff} \leq F_{dn}$$

P_{co}	Erforderliche Kühlleistung in W
P_{ce}	Elektrische Verlustleistung des Motors in W
F_{eff}	Effektivkraft in N
F_{dn}	Nennkraft des Motors in N
P_{vn}	Nennverlustleistung des Motors in W

Abb. 10-27: Erforderliche Kühlleistung des Linearmotors

10.4.5 Rückspeiseleistung

Die zurückgespeiste Leistung eines Linearmotors während Bremsphasen ist im Vergleich zu rotativen Servomotoren geringer, da die translatorische Geschwindigkeit eines Linearmotors im allgemeinen viel geringer als die Umfangsgeschwindigkeit eines rotativen Servomotors ist.

Die Rückspeiseleistung eines Synchron-Linearantriebs ergibt sich aus der Energiebilanz während des Bremsens und kann zur Dimensionierung von zusätzlichen Bremswiderständen oder rückspeisefähigen Versorgungseinheiten wie folgt abgeschätzt werden:

$$P_R = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot t_b} - \frac{v \cdot F_R}{2} - \frac{3}{2} \cdot m^2 \cdot R_{12,warm} \cdot \left(\frac{a_{max}}{k_{iFN}} \right)^2$$

$$R_{12,warm} = R_{12} \cdot (1 + \Delta\vartheta \cdot \alpha_{Cu})$$

$$P_{Ravg} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T P_R(t)\ dt = \frac{\sum P_{R\,i} \cdot t_{bi}}{t_{all}}$$

P_R	Rückspeiseleistung während einer Bremsphase in W
P_{Ravg}	Mittlere Rückspeiseleistung über Gesamtspieldauer in W
m	Bewegte Masse in kg
v	Maximale Geschwindigkeit in m/s
t_b	Bremszeit in s
F_R	Reibkraft in N
R_{12}	Wicklungswiderstand des Motors bei 20 °C in Ohm)
$R_{12,warm}$	Wicklungswiderstand bei betriebswarmen Motor
$\Delta\vartheta$	Temperaturdifferenz zwischen Betriebstemperatur und 20 °C
α_{Cu}	Temperaturkoeffizient → 0,0039 1/K
a_{max}	Bremsverzögerung (negative Beschleunigung) in m/s²
k_{iFN}	Motorkonstante in N/A
t_{all}	Gesamtspieldauer in s

Abb. 10-28: Rückspeiseleistung des Linearmotors

Voraussetzung: Reibung geschwindigkeitsunabhängig

Konstante Verzögerung

Endgeschwindigkeit = 0

☞ Ist die nach Abb. 10-28 ermittelte Rückspeiseleistung negativ, wird keine Energie zurückgespeist, d.h. dem Motor muss beim Bremsen Energie zugeführt werden.

10.5 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad elektrischer Maschinen ist das Verhältnis zwischen abgegebener und zugeführter Leistung und wird bei Linearmotoren durch die anwendungsabhängigen Verfahrgeschwindigkeiten und Kräfte sowie die entsprechenden Motorverluste bestimmt.

Eine Ermittlung bzw. Einschätzung des Motorwirkungsgrades kann mit Hilfe von Abb. 10-29 und Abb. 10-30 erfolgen.

$$\eta = \frac{P_{mech}}{P_{mech} + P_{V\ el}} = \frac{F \cdot v}{(F \cdot v) + P_{V\ el}} = \frac{1}{1 + \frac{P_{vel}}{F \cdot v}}$$

η	Wirkungsgrad
P_{mech}	Mechanische Leistung in W
P_{Vel}	Elektrische Verlustleistung in W
F	Vorschubkraft in N
v	Geschwindigkeit in m/s

Abb. 10-29: Wirkungsgradermittlung bei Linearmotoren

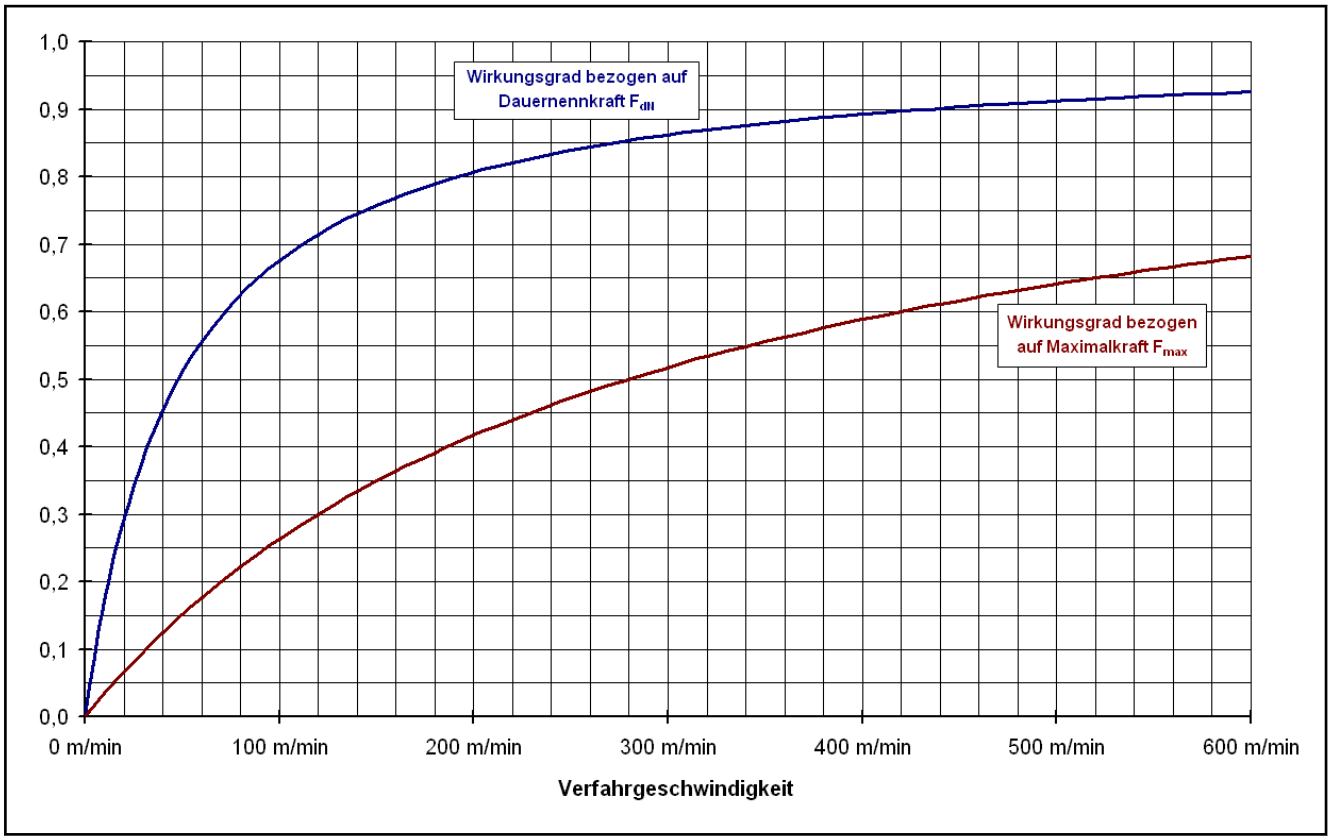


Abb. 10-30: Wirkungsgrad über Geschwindigkeit bei Synchron-Linearmotoren MLF

Im Stillstandsbetrieb ergibt sich eine ungleichmäßige Verteilung der Verluste im Motor. Daher ist dieser gesondert zu betrachten. Beachten Sie hierzu die Hinweise im Kapitel 9.15 .

11 Handhabung, Transport und Lagerung

11.1 Auslieferungszustand und Verpackung

11.1.1 Verpackung

☞ Verwenden Sie grundsätzlich die Originalverpackung zur Lagerung, zum Transport und bei der Handhabung der Motorkomponenten. Bewahren Sie insbesondere die Verpackung des Sekundärteils aus Gründen der Arbeits- und Transportsicherheit zur späteren Verwendung auf.

Die Originalverpackung der Sekundärteile bietet einen zuverlässigen Schutz vor den starken Magnetkräften der angebrachten Permanentmagnete. Achten Sie bei der Wiederverwendung der Verpackung darauf, dass angebrachte Sicherheitshinweise gut lesbar sind und nicht überklebt werden. Beachten Sie zusätzlich die weiterführenden Hinweise zur Verpackung und Handhabung der Sekundärteile unter Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.

11.1.2 Primärteile

Die Primärteile sind einzeln je nach Baugröße in einem Karton oder einer Holzkiste verpackt. Zur Identifikation ist an der Verpackung die Typenbezeichnung des Primärteils vorhanden.

11.1.3 Sekundärteile

Die Sekundärteile sind je nach Baugröße einzeln oder zu mehreren in einem Karton oder einer Holzkiste verpackt. Zur Identifikation ist an der Verpackung die Typenbezeichnung des Sekundärteils vorhanden.

Warnhinweise an der Verpackung der Sekundärteile

An der Verpackung der Sekundärteile befindet sich ein selbstklebendes Warnhinweisschild mit folgenden Warnhinweisen:

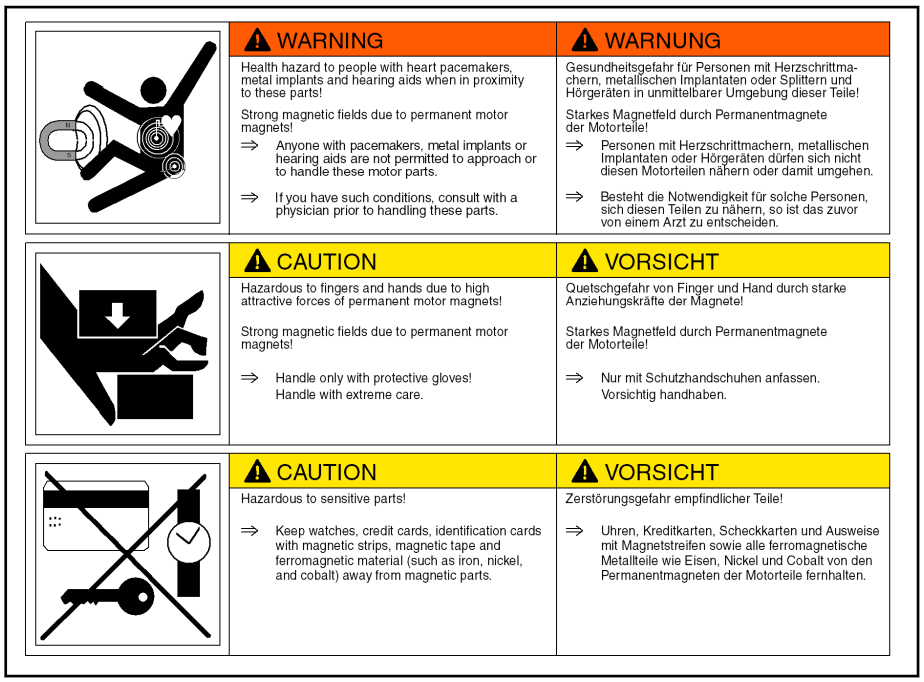


Abb. 11-1: Warnhinweisschild an der Verpackung von Sekundärteilen MLS

Das selbstklebende Warnhinweisschild (Abmessungen ca. 110 mm x 150 mm) kann zur eigenen Weiterverwendung bei Rexroth unter der Teilenummer R911278745 bestellt werden.

Beachten Sie zusätzlich die weiterführenden Hinweise zur Verpackung und Handhabung der Sekundärteile unter Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.

11.1.4 Werkseitige Prüfung der Motorkomponenten

Elektrische Prüfungen

Folgende werkseitigen elektrischen Prüfungen werden an Linearmotoren von Bosch Rexroth durchgeführt:

- Hochspannungsprüfung nach DIN EN 60034-1
- Isolationswiderstandsprüfung nach DIN EN 60204-1
- Prüfung auf Einhaltung elektrischer Kennwerte

Mechanische Prüfungen

Linearmotorkomponenten von Bosch Rexroth werden folgenden mechanischen Prüfungen unterzogen:

- Form- und Lagetolerierung nach DIN ISO 1101
- Konstruktion und Passungen nach DIN 7157
- Oberflächenbeschaffenheit nach DIN ISO1302
- Gewindeprüfung DIN 13 Teil 20
- Dichtheitsprüfung des Kühlkreislaufes

EMV Funkentstörung

Linearmotorkomponenten von Bosch Rexroth sind bezüglich EMV Typprüfungen unterzogen worden und sind zertifiziert konform

EN 55011 Grenzwertklasse B, VDE 0875 Teil 11.

11.1.5 Kundenseitige Prüfung

Da alle Motoren einem normierten Prüfverfahren unterzogen werden, sind kundenseitige Hochspannungsprüfungen nicht erforderlich. Durch wiederholte Hochspannungsprüfung können Motoren und Komponenten beschädigt werden.

⚠ VORSICHT **Zerstörung der Motorkomponenten durch unsachgemäß durchgeführte Hochspannungs-Prüfung! Verlust der Gewährleistung!**

- Vermeiden Sie Wiederholungsprüfungen.
- Beachten Sie die Vorgaben der DIN EN 60034-1.

11.1.6 Lieferumfang

Der Gesamtlieferumfang einer Lieferung geht aus dem Lieferschein oder Frachtbrief hervor, der Inhalt kann jedoch über mehrere Packstücke verteilt sein. Jedes einzelne Packstück kann mit dem außen aufgebrachten Versandaufkleber identifiziert werden.

Vergleichen Sie nach Erhalt der Ware die bestellte und gelieferte Type. Reklamieren Sie Abweichungen sofort.

11.2 Transport und Lagerung

11.2.1 Allgemeines

Beachten Sie die Hinweise zu Transport und Lagerung auf der Verpackung und den Begleitpapieren.

⚠ WARNUNG **Starke Anziehungskräfte durch Permanentmagnete am Sekundärteil! Verletzungsgefahr und Quetschgefahr durch starke magnetische Kräfte!**

Beachten Sie im Umgang mit den Sekundärteilen die Sicherheitshinweise unter Kap. 3.3.4 "Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern" auf Seite 18 und Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.

⚠ VORSICHT **Beschädigungen oder Verletzungen und Verlust der Gewährleistung durch unsachgemäße Handhabung! Hohes Gewicht!**

- Schützen Sie die Produkte vor Nässe und Korrosion
- Vermeiden Sie mechanische Belastungen, Stöße, Werfen, Kippen oder Fallen der Produkte.
- Verwenden Sie ausschließlich geeignete Hebezeuge.
- Heben Sie den Motor niemals an Steckern, Kabeln oder Anschlussverschraubungen hoch.
- Verwenden Sie geeignete Schutzeinrichtungen und Schutzkleidung beim Transport.

11.2.2 Hinweise zum Transport

Der Transport unserer Produkte hat grundsätzlich in der Originalverpackung zu erfolgen. Zusätzlich müssen jedoch bestimmte Umwelteinflussgrößen beachtet werden, um die Produkte vor Transportschäden zu bewahren.

In Anlehnung an die DIN EN 60721-3-2 werden im folgenden Klassifizierungen und Grenzwerte angegeben, denen unsere Erzeugnisse während des Transports auf dem Land-, Wasser- oder Luftweg ausgesetzt sein dürfen. Beachten Sie die ausführliche Beschreibung der Klassifizierungen um alle Einflussgrößen, die in der jeweiligen Klasse angegeben sind, zu berücksichtigen.

Zum Transport zulässige Klassen von Umweltbedingungen nach DIN EN 60721-3-2

Art der Klassifizierung	zulässige Klasse
Klassifizierung von klimatischen Umweltbedingungen	2K11
Klassifizierung von biologischen Umweltbedingungen	2B1
Klassifizierung von chemisch-aktiven Stoffen	2C1
Klassifizierung von mechanisch-aktiven Stoffen	2S5
Klassifizierung von mechanischen Umweltbedingungen	2M4

Tab. 11-1: Zum Transport zulässige Klassen von Umweltbedingungen

Zur besseren Übersicht werden nachfolgend einige wesentliche Umwelteinflussgrößen der vorgenannten Klassifizierungen dargestellt. Die angegebenen Werte entsprechen, sofern nicht anders angegeben, den Werten der jeweiligen Klasse. Bosch Rexroth behält sich jedoch vor, aufgrund zukünftiger Erfahrungen oder veränderter Umwelteinflüsse, die Werte jederzeit anpassen zu können.

Abweichend zur DIN EN 60721-3-2 zulässige Umweltbedingungen

Umwelteinflussgröße	Einheit	Wert
Temperatur	°C	-25 ... +70[1)]
Relative Luftfeuchte	%	5 ... 75[1)]
Absolute Luftfeuchte	g/m³	1 ... 29[1)]

1) Abweichend von der DIN EN 60721-3-2

Tab. 11-2: Abweichend zulässige Transportbedingungen

Um den Motor aus der Transportkiste zu heben oder zum Einbau des Motors in die Maschine, können Ringschrauben verwendet werden.

Die Ringschrauben müssen die Anforderungen der DIN 580 erfüllen. Stellen Sie vor jedem Transportvorgang sicher, dass die Ringschrauben vollflächig bis auf die Anschlagfläche eingeschraubt sind und in Verbindung mit den von Ihnen ausgewählten Hebezeugen und der Hebeart nicht überlastet werden.

☞ Beachten Sie die DIN 580 zum Transport der Motoren. Das Nichtbeachten der Hinweise in dieser Norm kann zur Überlastung der Ringschrauben und somit zu Personen- und/oder Produktschäden führen.

☞ Entleeren Sie vor dem Transport ggf. die Kühlflüssigkeit aus flüssigkeitsgekühlten Motoren, um Beschädigungen zu vermeiden.

Transport Primärteil

Je nach Größe und Gewicht des Primärteils kann es ggf. nicht mehr von Hand transportiert werden. In diesen Fällen sollten geeignete Hebemittel bereitgestellt werden.

Um das Primärteil in horizontaler Lage zu bewegen, kann es z. B. mit Ringschrauben transportiert werden. Beachten Sie die Gewindeabmessung im Maßblatt des Primärteils.

⚠ VORSICHT **Verletzungsgefahr und / oder Sachschaden beim Umgang mit Primärteilen!**

- Verwenden Sie z. B. die zwei oder vier der äußersten diagonal gegenüberliegenden Gewindebohrungen auf der Montageseite des MLP (siehe Abb. 11-2).
- Schrauben Sie die Ringschrauben von Hand immer so weit ein bis der Grund der Befestigungsgewinde erreicht bzw. die Auflagefläche der Ringschraube am Primärteil aufliegt. Achten Sie darauf, die zulässige Gewindetiefe nicht zu überschreiten.
- Setzen Sie vier gleich lange Hebegurte zum Transport ein, um eine gleichmäßige Belastung der Gewindebohrungen zu erreichen und ein Kippen des Primärteils während des Transports zu verhindern.

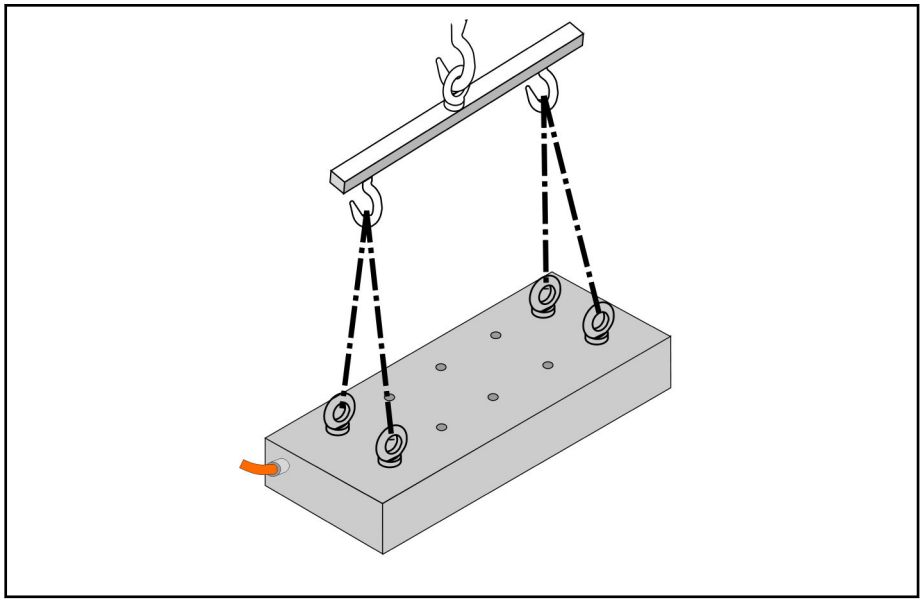


Abb. 11-2: Transport Primärteil (Beispiel)

Transport Sekundärteil

⚠ WARNUNG **Starke Anziehungskräfte durch Permanentmagnete am Sekundärteil! Verletzungsgefahr und Quetschgefahr durch starke magnetische Kräfte!**

- Beachten Sie im Umgang mit den Sekundärteil die Sicherheitshinweise unter Kap. 3.3.4 "Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern" auf Seite 18 und Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.
- Die auf das Abdeckblech des Sekundärteils aufgeklebte Styroporplatte (siehe Abb. 11-3) erst beim oder nach dem Einbau des Sekundärteils in die Maschine entfernen.

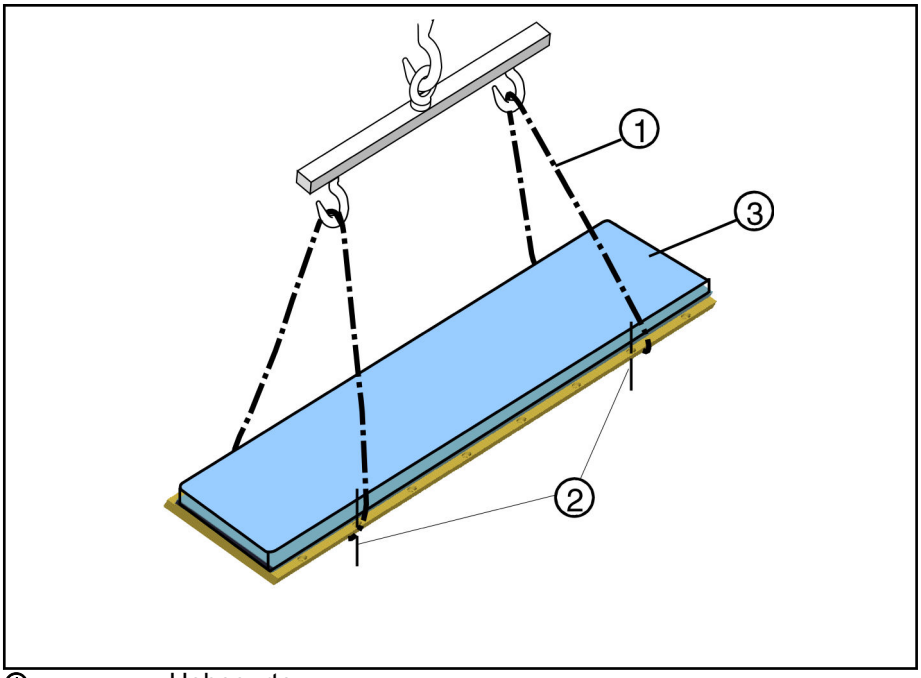
Je nach Größe und Gewicht des Sekundärteils kann es ggf. nicht mehr von Hand transportiert werden. Aufgrund des starken Magnetfeldes in der Nähe von Sekundärteilen müssen antimagnetische Hebemittel verwendet werden.

Sicherung beim Transport am Hebegurt

Um ein mögliches Zusammenrutschen der Hebegurte während des Transports zu verhindern, muss eine Sicherung angebracht werden. Hierzu können z. B. zwei Befestigungsschrauben für das Sekundärteil in die entsprechende Bohrung am Sekundärteil gesteckt werden (siehe Abb. 11-3). Achten Sie auf einen ausreichenden Überstand der Sicherung auf der Unterseite des Sekundärteils.

⚠ VORSICHT **Verletzungsgefahr und / oder Sachschaden beim Umgang mit Sekundärteilen!**

Verwenden Sie eine antimagnetische Sicherung beim Transportieren der Sekundärteile mit Hebegurten. Die Sicherung verhindert ein mögliches Verrutschen der Hebegurte während des Transports.



① Hebegurte
② Sicherung gegen das Zusammenrutschen der Hebegurte. Beim MLS300 können zwei Ringschrauben zum Transport verwendet werden.
③ Aufgeklebte Styroporplatte

Abb. 11-3: Transport Sekundärteil (Beispiel)

Sekundärteile der Baugröße 300 besitzen aufgrund von Größe und Gewicht zusätzlich zwei Gewindebohrungen (M10) zur Aufnahme von Ringschrauben zum Transport. Die genaue Lage der Gewindebohrungen entnehmen Sie dem Maßblatt zum MLS300 in Abb.5-31.

Weitere Besonderheiten zum Transport der Sekundärteile

Die mit Permanentmagneten bestückten Sekundärteile von Synchron-Linearmotoren sind magnetisch nicht abgeschirmt. Beachten Sie das Warnhinweisschild (Abb. 11-1 "Warnhinweisschild an der Verpackung von Sekundärteilen MLS" auf Seite 269) sowie die angegebenen Sicherheitshinweise im Umgang mit dem Sekundärteil.

Hinweise zum Lufttransport

⚠ VORSICHT **Mögliche Beeinflussung von Flugzeugbordelektronik durch Magnetfelder!**

Werden Motorkomponenten mit Permanentmagneten nicht in der noch ungeöffneten Rexroth-Originalverpackung weiter versendet, müssen die Verpackungs- und Transportvorschriften (IATA 953) beachtet werden.

Hiervon betroffen sind z. B.:

- Sekundärteile von Synchron-Linearmotoren
- Rotoren von Synchron-Bausatzmotoren
- Rotoren von Synchron-Gehäusemotoren (falls diese im Servicefall als Motorkomponente, d. h. getrennt vom Stator bzw. Motorgehäuse, versendet werden)

Beachten Sie hierzu auch die Angaben unter "Luftfracht (IATA953)" auf Seite 190. Hinweise zu den maximal zulässigen magnetischen Feldstärken sowie

Angaben zu Messmethoden dieser magnetischen Feldstärken finden Sie in den aktuellen IATA-Gefahrgutvorschriften.

11.2.3 Hinweise zur Lagerung

Lagerung von Primär- und Sekundärteil

Verwenden Sie grundsätzlich die Originalverpackung der Teile zur Lagerung. Ist dies nicht möglich, müssen die Komponenten, d. h. Primär- und Sekundärteile, von Synchron-Linearmotoren bei der Lagerung auf einer ebenen Unterlage, ganzflächig unterstützt gelagert werden. Dies ist auch bei kurzzeitigem Ablegen sicherzustellen.

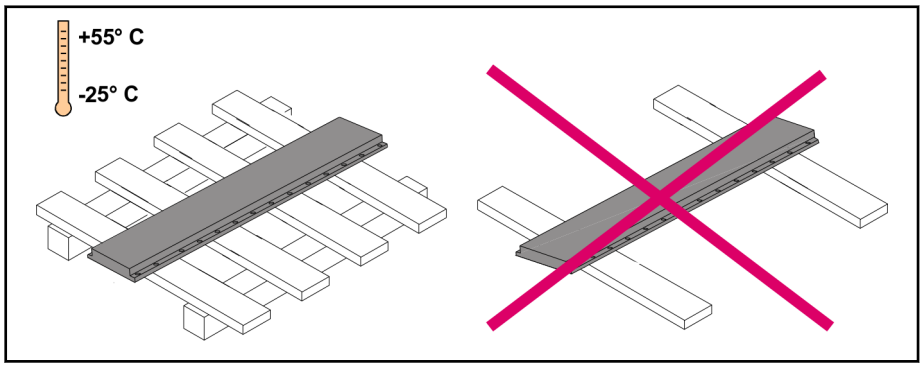


Abb. 11-4: Lagerung von Linearmotorkomponenten

⚠ VORSICHT

Beschädigung oder Zerstörung der Motorkomponenten durch unsachgemäße Handhabung bei Lagerung und Transport!

- Originalverpackung zur längerfristigen Lagerung verwenden.
- Zulässige Umweltbedingungen bei Lagerung und Transport beachten.
- kurzzeitiges Ablegen bei der Montage entsprechend Abb. 11-4
- Teile nicht werfen.
- Transport- und Montageschutz erst beim oder nach Einbau in die Maschine entfernen.

Werkseitig können Schutzhülsen und Abdeckungen an unseren Motoren angebracht sein. Diese müssen beim Transport und bei der Lagerung am Motor verbleiben. Entfernen Sie diese Teile erst unmittelbar vor der Montage.

In Anlehnung an die DIN EN 60721-3-1 werden im folgenden Klassifizierungen und Grenzwerte angegeben, denen unsere Erzeugnisse während der Dauer der Lagerung ausgesetzt sein dürfen. Beachten Sie die ausführliche Beschreibung der Klassifizierungen um alle Einflussgrößen, die in der jeweiligen Klassifizierung angegeben sind, zu berücksichtigen.

Zur Lagerung zulässige Klassen von Umweltbedingungen nach DIN EN 60721-3-1

Art der Klassifizierung	Klasse
Klassifizierung von klimatischen Umweltbedingungen	1K21
Klassifizierung von biologischen Umweltbedingungen	1B1
Klassifizierung von chemisch-aktiven Stoffen	1C1
Klassifizierung von mechanisch-aktiven Stoffen	1S10
Klassifizierung von mechanischen Umweltbedingungen	1M11

Tab. 11-3: Zur Lagerung zulässige Klassen von Umweltbedingungen

Zur besseren Übersicht werden nachfolgend einige wesentliche Umwelteinflussgrößen der vorgenannten Klassifizierungen dargestellt. Die angegebenen Werte entsprechen, sofern nicht anders angegeben, den Werten der jeweiligen Klasse. Bosch Rexroth behält sich jedoch vor, aufgrund zukünftiger Erfahrungen oder veränderter Umwelteinflüsse, die Werte jederzeit anpassen zu können.

Abweichend zur DIN EN 60721-3-1 zulässige Umweltbedingungen

Umwelteinflussgröße	Einheit	Wert[1)]
Lufttemperatur	°C	-25 ... +55
Relative Luftfeuchte	%	5 ... 75
Absolute Luftfeuchte	g/m³	1 ... 29
Sonnenbestrahlung	-/-	nicht zulässig

1) Abweichend von der DIN EN 60721-3-1

Tab. 11-4: Abweichend zulässige Lagerbedingungen

☞ Entleeren Sie vor dem erneuten Einlagern ggf. die Kühlflüssigkeit aus flüssigkeitsgekühlten Motoren, um Beschädigungen zu vermeiden.

Lagerzeiten Motoren

Unabhänig von der Lagerdauer - die auch über die Garantiezeit unserer Produkte hinausgehen kann - bleibt die Funktion unter Beachtung und Durchführung zusätzlicher Maßnahmen bei der Inbetriebnahme erhalten. Ein zusätzlicher Garantieanspruch kann hiervon jedoch nicht abgeleitet werden.

Lagerdauer	Maßnahmen vor Inbetriebnahme
< 1 Jahr	Sichtkontrolle aller Teile auf Schadensfreiheit
1 ... > 5 Jahre	- Sichtkontrolle aller Teile auf Schadensfreiheit - Elektrische Kontakte auf Korrosionsfreiheit überprüfen - Isolationswiderstand messen. Bei Werten < 1 kOhm je Volt Bemessungsspannung Wicklung trocknen. - Sichtkontrolle der Kabelummantelung, bei Auffälligkeiten (Druck-, Knickstellen, Farbabweichung, …) Kabel nicht einsetzen.

Tab. 11-5: Maßnahmen vor der Inbetriebnahme langzeitgelagerter Motoren

12 Montage

12.1 Allgemeine Hinweise

Grundlegende Voraussetzung für den Einbau der MLF-Komponenten ist die Einhaltung folgender Punkte:

- Einhaltung der notwendigen Einbaumaße (siehe Kap. 5.2.1 "Einbaumaße und Toleranzen" auf Seite 99)
- Maschinenkonstruktion erfüllt die Anforderungen zum Einbau (Steifigkeiten, Anziehungs-, Vorschub- und Beschleunigungskräfte usw.)
- Maschinenkonstruktion ist für den Einbau aller Komponenten vorbereitet
- Saubere Anschraubflächen zwischen Maschine und Motorkomponenten
- Der Einbau wird von geschultem Personal durchgeführt
- Einhaltung der Gefahren- und Sicherheitshinweise ist gewährleistet

12.2 Allgemeine Sicherheitshinweise

⚠ WARNUNG **Starke Anziehungskräfte durch Permanentmagnete am Sekundärteil! Verletzungsgefahr und Quetschgefahr durch starke magnetische Kräfte!**

Beachten Sie im Umgang mit den Sekundärteilen die Sicherheitshinweise unter Kap. 3.3.4 "Schutz vor magnetischen und elektromagnetischen Feldern" auf Seite 18 und Kap. 3.3.6 "Schutz bei Handhabung und Montage" auf Seite 20.

⚠ WARNUNG **Verletzungen durch spannungsführende Teile! Heben schwerer Lasten! Schädigungsgefahr!**

- Führen Sie alle Arbeitsschritte besonders sorgfältig aus. Dadurch minimieren Sie das Unfall- und Beschädigungsrisiko.
- Verwenden Sie geeignete Hebezeuge, Schutz-Einrichtungen und Schutzkleidung beim Transport.
- Heben oder bewegen Sie den Motor nicht am Kabelstrang.
- Installieren Sie die Motoren nur im spannungsfreien und elektrisch nicht verbundenen Zustand.

Umfang und Reihenfolge der beschriebenen Schritte können durch Besonderheiten der Maschinenkonstruktion beeinflusst werden und vom schematischen Ablauf abweichen. Die nachfolgende Beschreibung dient nur der Orientierung. Verbindlich ist allein die Montageanweisung des Maschinenherstellers.

Arbeitsbereich, Handhabung und Transport

Kennzeichnen Sie Ihren Arbeitsbereich großzügig mit Hinweisen entsprechend Abb.11-1 und beachten Sie die Handhabungs- und Transportvorschriften unter Kap. 11.2 "Transport und Lagerung" auf Seite 271.

Unfallverhütung

Die Unfallverhütungsvorschriften ”Elektrische Anlagen und Betriebsmittel” (VBG 4) sind zu beachten:

Vor Beginn der Arbeiten an aktiven Teilen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel muss der spannungsfreie Zustand hergestellt und für die Dauer der Ar-

beit gewährleistet sein. Die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel sind vor der ersten Inbetriebnahme durch eine Elektrofachkraft auf ihren ordnungsgemäßen Zustand zu überprüfen.

Für die vorschriftsmäßige Erdung der gesamten Anlage ist der Anwender verantwortlich. Zur Verhütung von Unfällen durch Berühren aktiver Teile sind Schutzmaßnahmen sowohl gegen direktes als auch gegen indirektes Berühren erforderlich. Hinweise hierzu gibt die DIN VDE 0100, Teil 410.

12.3 Schraubensicherung

Alle Schraubverbindungen müssen aufgrund möglicher Stöße und Vibrationen während des Betriebs der Maschine gesichert werden. Eine geeignete und praxiserprobte Schraubensicherung für alle Gewindeverbindungen aus Metall ist z. B. Loctite 243.

Loctite 243 ist eine flüssige Schraubensicherung (mittelfest) und wird unmittelbar vor der Montage auf die Montageteile aufgetragen. Detailierte Hinweise zur vorschriftsmäßigen Handhabung und Verarbeitung entnehmen Sie bitte den Datenblättern des Herstellers unter http://www.loctite.de. Auf der Homepage des Herstellers finden Sie z. B. auch Informationen zu Aushärtebeschleunigern oder anderen Schraubensicherungen.

12.4 Montage von Sekundärteilen

12.4.1 Allgemeines

Der Motoreinbau in die Maschinenkonstruktion ist von der Art der Sekundärteilanordnung abhängig und kann dadurch auch in unterschiedlicher Weise erfolgen:

- Einbau bei einer Strecke aus mehreren Sekundärteilen
- Einbau bei einer Strecke aus einem Sekundärteil

☞ Die beschriebenen Vorgehensweisen sind lediglich Vorschläge und können anwendungsspezifisch auch in anderer Form durchgeführt werden.

⚠ WARNUNG **Verletzungen und /oder Beschädigung von Motorkomponenten!**

Transport- und Montageschutz des Sekundärteils erst nach dem Einbau der Sekundärteile entfernen

☞ Zur Befestigung des Sekundärteils dürfen nur neue, ungebrauchte Schrauben eingesetzt werden.

Alle Schrauben sind mit dem geforderten Anzugsmoment (siehe Abb. 12-1 auf Seite 279) anzuziehen und mit einer Schraubensicherung zu versehen .

Vor dem Anschrauben der Sekundärteile an die Maschinenkonstruktion müssen die Anschraubflächen gereinigt werden sowie öl- und fettfrei sein. Ist zu erwarten, dass während des Betriebes des Motors bestimmte Einflüsse dauerhaft auftreten, z. B. Kontakt des Sekundärteile mit Kühlschmierstoffen, Schleifemulsionen etc., kann sich im Laufe der Lebensdauer der Maschine die Gleitreibung zwischen den Anschraubteilen reduzieren. Für diese Fälle empfiehlt es sich, Schrauben einer höheren Festigkeitsklasse wie z. B. 10.9

zum Befestigen zu verwenden, um ein höhereres Anzugsdrehmoment realisieren zu können.

Die Anzugsdrehmomente der jeweiligen Befestigungsschrauben sind im folgenden angegeben:

Baugröße Sekundärteil	Schraubengröße	Festigkeitsklasse	Anzugsdrehmoment (+/- 10 %)
040, 070, 100, 140, 200	M6 (DIN 7984, flacher Kopf)	8.8	10 Nm
	M6 (DIN EN ISO 4762)	10.9	15 Nm
052, 102, 152, 202	M8 (DIN 7984, flacher Kopf) M8 (DIN EN ISO 4762)	10.9	37 Nm
300	M8 (DIN EN ISO 4762)	10.9	37 Nm

Tab. 12-1: Befestigungsschrauben mit Anzugsdrehmomenten für Sekundärteile MLS

Durch Verwendung von Schrauben mit flachen Kopf nach DIN 7984 ist der Überstand der Schraubenköpfe über die seitliche Anschraubleiste geringer.

Die Berechnung der Schraubverbindung zum Befestigen von Sekundärteilen beruht auf der Annahme, dass die Anschraubfläche des Sekundärteils und die Anschraubfläche an der Maschine gereinigt und das Sekundärteil in direktem Kontakt mit der Maschine verschraubt wird (siehe Abb. 9-13 auf Seite 195).

- Kann das Sekundärteil in bestimmten Fällen nicht direkt mit der Maschine verschraubt werden, weil sich z. B. zusätzliche Materialien wie Distanzplatten, Wärmeleitpasten etc. zwischen Sekundärteil und Maschine befinden, muss eine ausreichende Festigkeit der Schraubverbindung vom Maschinenhersteller sichergestellt werden.
- Die Wirkung der flüssigen Schraubensicherung wird durch lösen oder nochmaliges Anziehen der Schrauben (z. B. durch Drehmomentüberprüfung) geschädigt und muss deshalb neu ausgeführt werden.

12.4.2 Einbau bei einer Strecke aus mehreren Sekundärteilen

⚠ WARNUNG **Fehlfunktion und / oder unkontrollierte Bewegung des Motors und somit Gefahr von Sachschaden oder Verletzungsgefahr!**

Richtige Aneinanderreihung der Sekundärteilsegmente

Beim Einsatz mehrerer Sekundärteilsegmente über den gesamten Verfahrweg muss bei der Aneinanderreihung - entsprechend folgender Abbildung - unbedingt die Polfolge und die fluchtende Ausrichtung eingehalten werden.

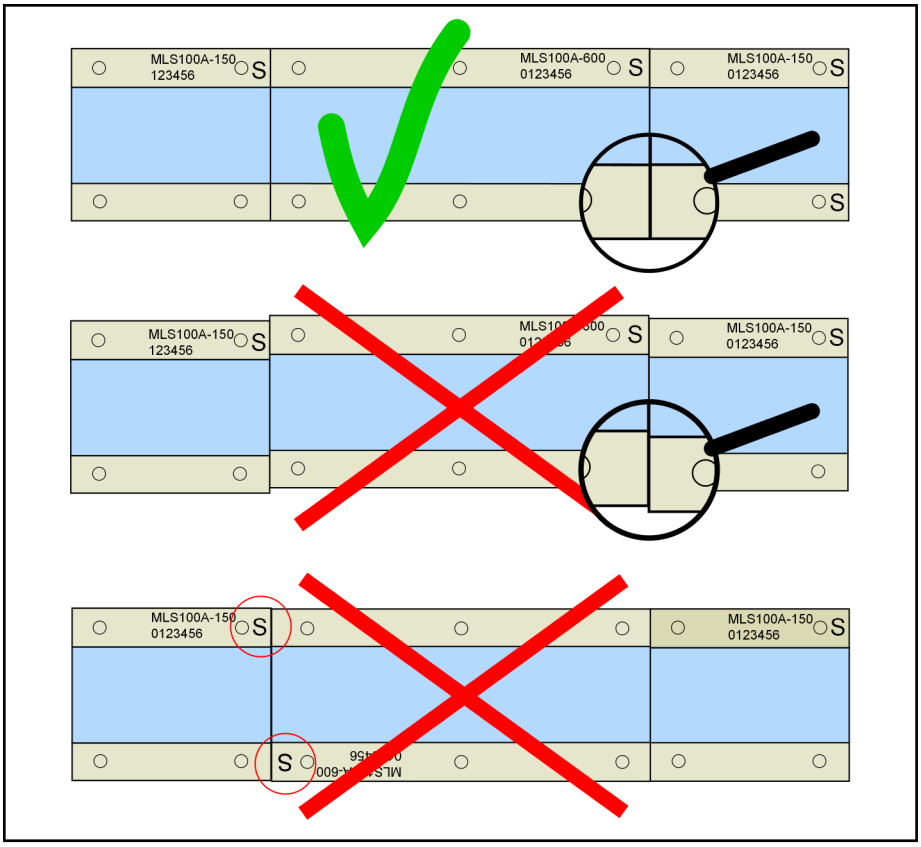


Abb. 12-1: Aneinanderreihen mehrerer Sekundärteilsegmente

⚠ WARNUNG

Verletzungsgefahr oder Sachschaden durch Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte bei der Aneinanderreihung der Sekundärteilsegmente!

- Sicherung gegen unkontrollierte Bewegung
- Transport- und Montageschutz erst beim oder nach Einbau in die Maschine entfernen

Die Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte beim Aneinanderreihen von Sekundärteilsegmenten können je nach Baugröße bis ca. 300 N betragen.

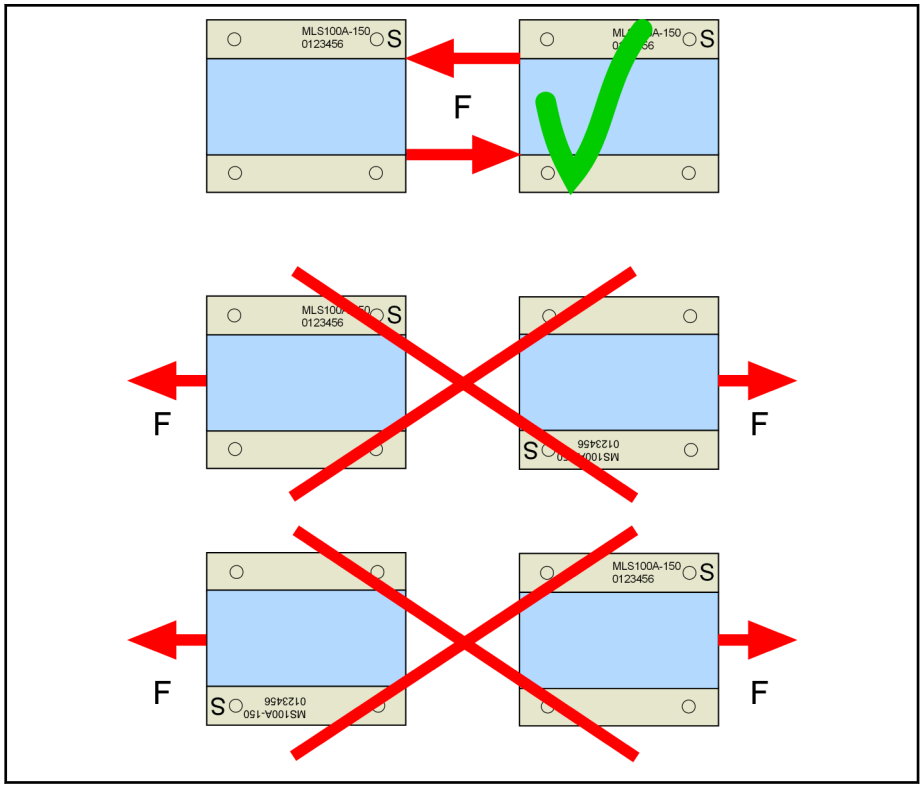


Abb. 12-2: Anziehungs- bzw. Abstoßungskräfte beim Aneinanderreihen von Sekundärteilsegmenten

Bei einer aus mehreren Sekundärteilen bestehenden Strecke kann der Einbau, wie in Abb. 12-3 dargestellt, erfolgen. Hierbei wird zunächst nur ein Teil der Sekundärteile eingebaut, so dass das Primärteil bei seiner Montage auf dem Maschinenbett abgelegt werden kann.

⚠ WARNUNG **Das Primärteil darf nicht direkt auf dem Sekundärteil abgelegt werden!**

Das Abheben des Primärteils vom Sekundärteil ist aufgrund der hohen Anziehungskräfte nur sehr schwer möglich (Vorrichtung notwendig). Zudem besteht Gefahr, dass beim Ablegen Sekundär- und/oder Primärteil mechanisch beschädigt werden.

Danach kann der Einbau des Primärteils in den bereits eingebauten Schlitten erfolgen. Anschließend kann der Schlitten mit eingebautem Primärteil über die zuvor eingebauten Sekundärteile geschoben werden. Im Anschluss können die verbleibenden Sekundärteile eingebaut werden.

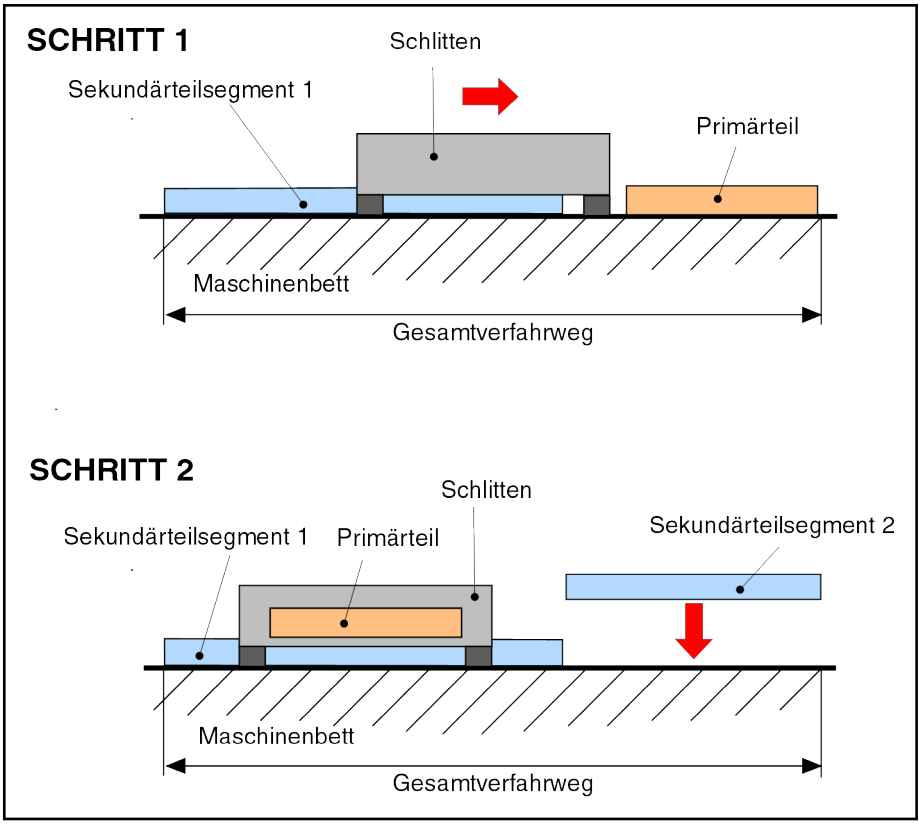


Abb. 12-3: Einbau der Linearmotorkomponenten bei einer Strecke aus mehreren Sekundärteilen

⚠ VORSICHT **Unkontrollierte Bewegung des Schlittens! Quetsch- bzw. Verletzungsgefahr!**

Gegen eine unkontrollierte Bewegung durch die nur teilweise Überdeckung von Primär- und Sekundärteil (Kräfte in Vorschubrichtung) ist der Schlitten zu sichern.

12.4.3 Einbau bei einer Strecke aus einem Sekundärteil

Bei einer aus einem einzelnen Sekundärteil bestehenden Strecke kann das Primärteil am noch nicht eingebauten Schlitten vormontiert werden. Nach Einbau des Sekundärteils kann mittels einer geeigneten Vorrichtung der Schlitten mit vormontiertem Primärteil auf das Maschinenbett abgesenkt werden.

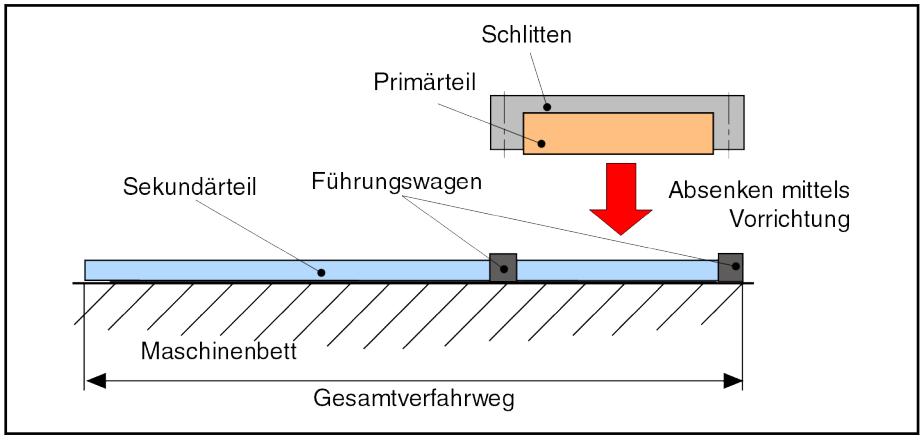


Abb. 12-4: Einbau der Linearmotorkomponenten bei einer aus einem einzelnen Sekundärteil bestehenden Strecke

Die Vorrichtung zum Absenken des Primärteils bzw. des Schlittens ist nicht Bestandteil des Lieferumfangs von Bosch Rexroth.

⚠ VORSICHT

Beim Absenken des Primärteils auf das Sekundärteil ergeben sich mit Reduzierung des Luftspaltes steigende Anziehungskräfte!

- Beachten Sie die Ausführungen in Kap. 9.14 auf Seite 223.
- Primärteil nicht mit einem Kran auf das Sekundärteil absenken (Elastizität / Anziehungskraft).

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Primärteil auf dem eingebauten Sekundärteil - ebenfalls mit einer geeigneten Vorrichtung - abzulegen und es dann mit den Befestigungsschrauben im Schlitten zu verschrauben. Hierbei ist zwischen Primär- und Sekundärteil eine nicht ferromagnetische Distanzplatte (Plastik, Holz etc.) einzulegen, damit das Primärteil nicht direkt auf dem Sekundärteil aufliegt. Die Dicke der Distanzplatte sollte so bemessen sein, dass nach der Verschraubung des Primärteils am Schlitten ein Verschieben des Schlittens möglich ist. Die Dicke der Distanzplatte muss so bemessen sein, dass mit den Befestigungsschrauben das Primärteil möglichst nicht oder nur geringfügig angehoben werden muss.

Beispiel

Messbarer Luftspalt: 1,0 mm

Dicke der Distanzplatte: 0,95 mm

Das Festziehen aller Befestigungsschrauben für das Primärteil erfolgt dann wie in Kap. 12.5 auf Seite 285 beschrieben.

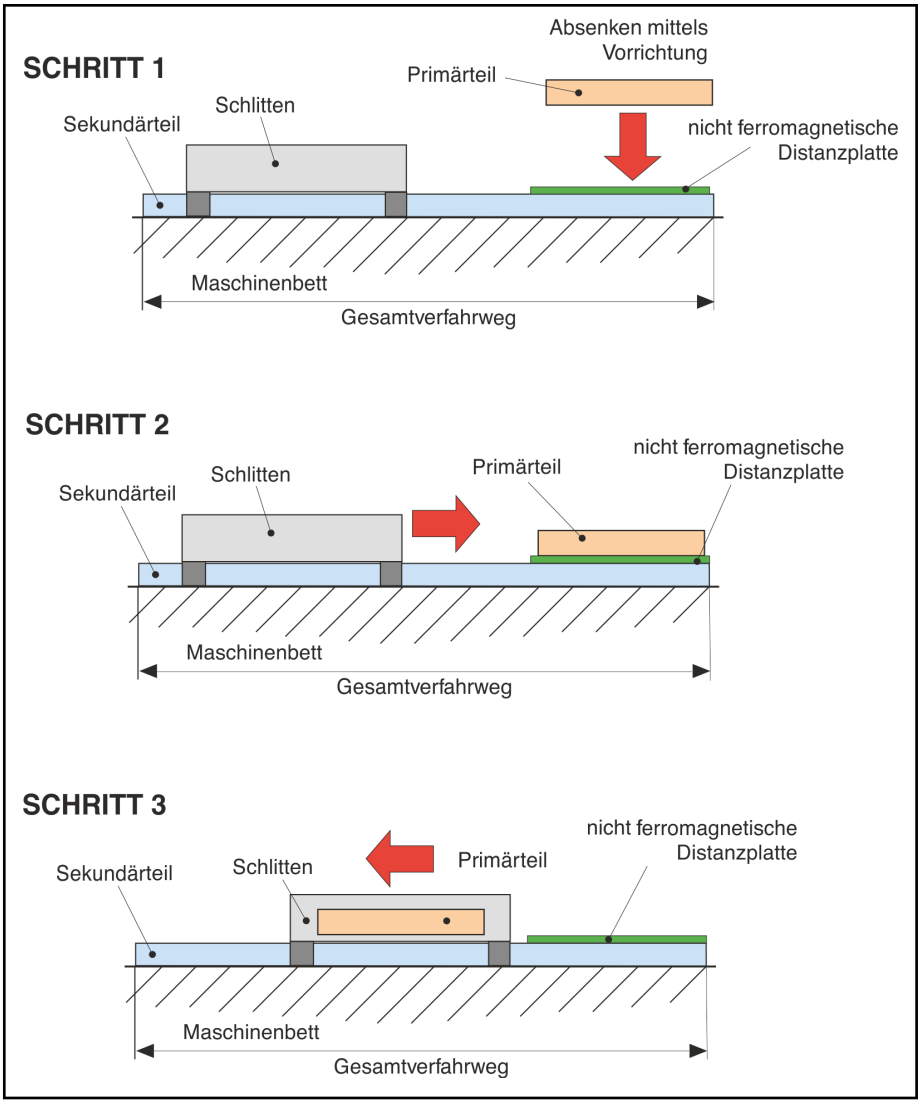


Abb. 12-5: Einbau der Linearmotorkomponenten bei einem ganzheitlichen Sekundärteil über den gesamten Verfahrweg

12.5 Montage von Primärteilen

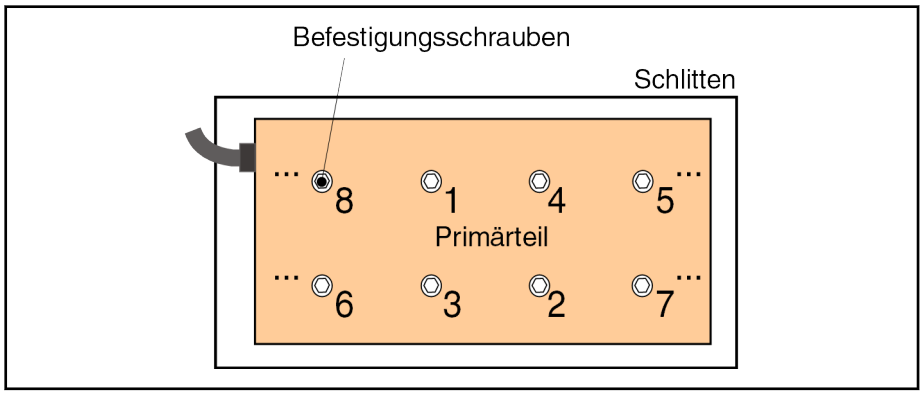


Abb. 12-6: Anzugsreihenfolge Befestigungsschrauben Primärteil

Vor dem Anschrauben des Primärteils an die Maschinenkonstruktion müssen die Anschraubflächen gereinigt werden sowie öl- und fettfrei sein. Ist zu erwarten, dass während des Betriebes des Motors bestimmte Einflüsse dauerhaft auftreten, z. B. Kontakt des Primärteils mit Kühlschmierstoffen, Schleifemulsionen etc., kann sich im Laufe der Lebensdauer der Maschine die Gleitreibung zwischen den Anschraubteilen reduzieren. Für diese Fälle empfiehlt es sich, Schrauben einer höheren Festigkeitsklasse wie z. B. 10.9 zum Befestigen zu verwenden, um ein höhereres Anzugsdrehmoment realisieren zu können.

Montageablauf:

1. Gewindebohrungen und Schrauben reinigen bzw. vorbereiten.
2. Alle Schraubverbindungen sind mit einer Schraubensicherung, z. B. Loctite 243, zu versehen.
3. Primärteil mit Schrauben 1, 2, 3 ... x befestigen, bis Primärteil am Schlitten anliegt (siehe Abb. 12-6).
4. Alle Schrauben in Anzugsreihenfolge 1, 2, 3 ... x mit Nennanzugsmoment anziehen:

Baugröße Primärteil	Schraubengröße	Festigkeits-klasse	Anzugs-drehmo-ment (+/-10 %)
040 ... 300	M6 (DIN EN ISO 4762)	8.8	10 Nm
		10.9	15 Nm

Tab. 12-2: Nennanzugsmomente für die Befestigungsschrauben der Primärteile

☞ Die Wirkung der flüssigen Schraubensicherung wird durch lösen oder nochmaliges Anziehen der Schrauben (z. B. durch Drehmomentüberprüfung) geschädigt und muss deshalb neu ausgeführt werden. Beachten Sie die Hinweise des Klebstoffherstellers.

12.6 Luftspalt, Parallelität und Symmetrie zwischen den Motorkomponenten

Luftspalt

Nach erfolgter Montage der Motorkomponenten empfiehlt es sich, den mindestens erforderlichen Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil zu überprüfen.

Hierzu muss ein Prüfstreifen aus nicht-magnetischem Material (Aluminium, Kunststoff etc.) mit einer Dicke von

- **0,5 ... 0,55 mm** (bei Baugröße 040 ... 202)
- **0,7 ... 0,75 mm** (bei Baugröße 300)

in den Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil geschoben werden. Der Prüfstreifen muss sich an jeder Stelle im Bereich des gesamten Verfahrweges frei im Luftspalt bewegen lassen.

Mit dieser Maßnahme wird sichergestellt, dass der mindestens erforderliche Luftspalt zwischen den Motorteilen vorhanden ist.

Weiterhin kann durch diese Überprüfung auch rechtzeitig eine fehlerhafte Montage (z. B. durch Schmutz unter den Montageflächen, fehlerhaftes Einbaumaß, unzureichende Maschinensteifigkeit etc.) erkannt werden.

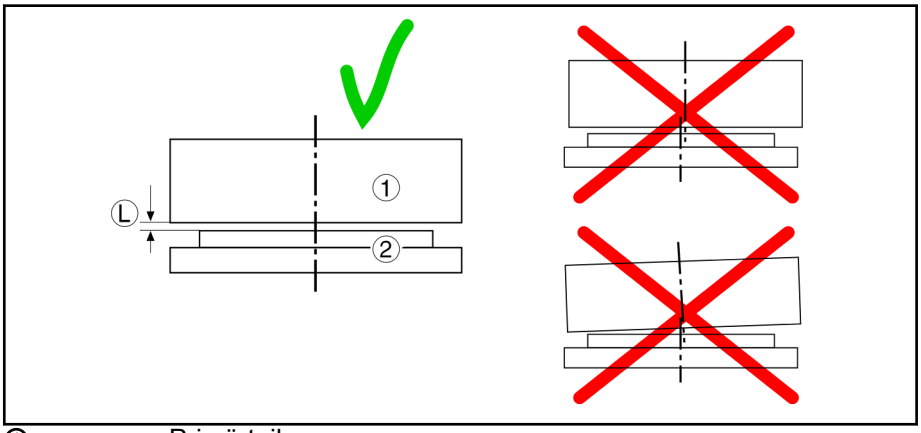
⚠ VORSICHT **Motorschaden durch ungenügenden Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil!**

Überprüfen Sie Anhand vorgenannter Maßnahmen den erforderlichen Mindestluftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil unmittelbar nach der Montage der beiden Motorkomponenten.

Parallelität und Symmetrie

Bei der Montage von Primär- und Sekundärteil ist deren Position durch die in Kap. Parallelität und Symmetrie von Maschinenteilen tolerierten und gefertigten Bohrungen bzw. Gewinde im Maschinenschlitten und im Maschinenbett vorgegeben.

Die Motorkomponenten müssen vor dem endgültigen Festziehen der Schrauben entsprechend Abb. 12-1 und Abb. 12-7 vermittelt bzw. ausgerichtet werden.



① Primärteil
② Sekundärteil
(L) Luftspalt

Abb. 12-7: Ausrichtung der Motorkomponenten

12.7 Anschluss Flüssigkeitskühlung

Der Anschluss der Flüssigkeitskühlung erfolgt über Standardgewinde direkt am Primärteil (siehe Kap. 5 , Maßangaben).

- Anschlussverschraubungen und Kühlschläuche gehören nicht zum Lieferumfang des Linearmotors.
- Führen Sie den Anschluss der Motorkühlung gemäß den Anschlussplänen und Angaben im Kap. 8.5 "Motorkühlung" auf Seite 178 aus.

12.8 Elektrischer Anschluss

Führen Sie den elektrischen Anschluss des Motors gemäß den Anschlussplänen und Angaben im Kap. 8 "Anschlusstechnik" auf Seite 165 aus. Beachten Sie die Hinweise zu weiterführenden Dokumentationen.

- Achten Sie bei selbstgefertigten Kabeln auf EMV-gerechte Ausführung und Installation.
- Achten Sie auf die evtl. nötige Fixierung von Steckverbindern und Leitungen zur Zugentlastung.
- Die Anschlusspläne der Produktdokumentation dienen der Erstellung der Anlagenschaltpläne. Maßgebend für den Anschluss der Antriebskomponenten in der Maschine sind allein die Anlagenschaltpläne des Maschinenherstellers.

13 Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung

13.1 Allgemeine Informationen zur Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme von Linearmotoren gestaltet sich in einigen Punkten anders als bei rotativen Servomotoren. Auf diese Punkte wird in diesem Kapitel eingegangen.

☞ Weitere detaillierte Ausführungen zur Inbetriebnahme erfolgen innerhalb der Parameter- bzw. Anwendungsbeschreibung des verwendeten Antriebsregelgerätes.

Beispiel:

- Rexroth IndraDrive MPx-16 bis MPx-21 und PSB Parameterbeschreibung, MNR R911328650
- Rexroth IndraDrive MPx-16 Anwendungsbeschreibung, MNR R911326484
- Rexroth IndraDrive MPx-17 Anwendungsbeschreibung, MNR R911331235
- Rexroth IndraDrive MPx-18 Anwendungsbeschreibung, MNR R911338674
- Rexroth IndraDrive MPx-20 Anwendungsbeschreibung, MNR R911345607
- Rexroth IndraDrive MPx-21 Anwendungsbeschreibung, MNR R911385759

Parameter

Synchron-Linearmotoren sind Bausatzmotoren deren Einzelkomponenten vom Maschinenhersteller - komplettiert durch ein Gebersystem - direkt in die Maschine eingebaut werden. Bausatzmotoren besitzen daher keinen eigenen Datenspeicher mit elektronischen Typenschild. Bei Verwendung von Bosch Rexroth-Regelgeräten können die Daten digital übermittelt und übernommen werden. In anderen Fällen erfolgt die Parametrierung manuell.

Regleroptimierung

Die Vorgehensweise bei der Regleroptimierung (Strom-, Geschwindigkeits- und Lageregler) von linearen Direktantrieben entspricht der bei rotativen Servoantrieben. Lediglich die Einstellgrenzen sind bei Linearantrieben höher. So lassen sich z. B. bei linearen Direktantrieben im Vergleich zu rotativen Servoantrieben bis zu 10-fach höhere Proportionalverstärkungsfaktoren für die Lageregelung einstellen. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende Maschinenkonstruktion (siehe Kap. 9.12 auf Seite 213).

Geberpolarität

Die Polarität der Ist-Geschwindigkeit (Längenmesssystem) muss mit der Kraftpolarität des Motors übereinstimmen, d. h. die Polarität der Bewegungsrichtung ist gleich der Kraftrichtung. Vor der Kommutierungseinstellung ist dieser Zusammenhang herzustellen (siehe Kap. 13.5).

Kommutierungseinstellung

Bei Synchron-Linearmotoren ist es prinzipbedingt erforderlich, die Position des Primärteils bezogen auf das Sekundärteil bereits sofort nach dem Einschalten bzw. nach einer Störung zu erhalten (Pollageerkennung oder Kommutierungseinstellung). Die Kommutierungseinstellung kann erst nach Einbau von Motorkomponenten und Längenmesssystem erfolgen. Die Art und Weise der Kommutierungseinstellung richtet sich nach dem Messprinzip des Längenmesssystems und die Bewegungsrichtung der Linearachse (horizontal oder vertikal).

13.2 Grundlegende Voraussetzungen

13.2.1 Allgemeines

Folgende Voraussetzungen müssen für eine erfolgreiche Inbetriebnahme geschaffen werden:

- Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und -hinweise
- Überprüfung elektrischer und mechanischer Komponenten auf sichere Funktion
- Vorhandensein bzw. Bereitstellung von benötigten Hilfsmitteln
- Einhaltung des nachfolgend beschriebenen Inbetriebnahmeablaufs

13.2.2 Überprüfung aller elektrischen und mechanischen Komponenten

Vor Beginn der Inbetriebnahme ist eine Überprüfung aller elektrischen und mechanischen Komponenten durchzuführen. Insbesondere ist dabei auf folgende Punkte zu achten:



- Gewährleistung der Sicherheit von Mensch und Maschine
- Ordnungsgemäßer Einbau des Motors
- Korrekter Leistungsanschluss des Motors
- Korrekter Anschluss des Längenmesssystems
- Funktion vorhandener Sicherheitsendschalter, Türschalter usw.
- Ordnungsgemäße Funktion der NOT-AUS-Kette bzw. E-Stop
- Maschinenkonstruktion bzw. mechanischer Aufbau in einwandfreiem und komplettem Zustand
- Vorhandensein und Funktion geeigneter Endlagendämpfer
- Korrekter Anschluss und Funktion der Motorkühlung
- Ordnungsgemäßer Anschluss und Funktion von Antriebsregelgerät und Steuerung

13.2.3 Hilfsmittel

Inbetriebnahmesoftware IndraWorks
Die Inbetriebnahme kann direkt über NC-Terminal oder über spezielle Inbetriebnahmesoftware erfolgen. Die Inbetriebnahmesoftware IndraWorks ermöglicht unter anderem das menügeführte, anwendungs- und motorspezifische Parametrieren und Optimieren der Antriebe.

PC
Bei der Inbetriebnahme mit Hilfe von IndraWorks wird ein handelsüblicher PC benötigt.

Inbetriebnahme über NC
Bei der Inbetriebnahme über die NC-Steuerung muss der Zugriff auf alle Antriebsparameter und Funktionalitäten gewährleistet sein.

Oszilloskop
Bei der Antriebsoptimierung kann ein Oszilloskop genutzt werden. Alternativ stellt IndraWorks ein eigenes antriebsinternes Oszilloskop zur Verfügung. Dieses dient zur Darstellung der Signale welche über die einstellbaren Analogausgänge des Antriebsregelgerätes ausgegeben werden können. Darstellbare Signale sind z. B. Soll- und Istwerte von Geschwindigkeit, Lage oder Strom, Schleppfehler, Zwischenkreisleistung usw.

Multimeter
Bei der Fehlersuche sowie Überprüfung von Komponenten kann ein Multimeter mit der Möglichkeit zur Spannungs- Strom- und Widerstandsmessung hilfreich sein.

13.3 Prinzipieller Inbetriebnahmeablauf

Im folgenden Flussdiagramm ist der prinzipielle Inbetriebnahmeablauf bei Synchron-Linearmotoren MLF dargestellt. Im Anschluss daran werden in den folgenden Kapiteln die einzelnen Punkte näher erläutert.

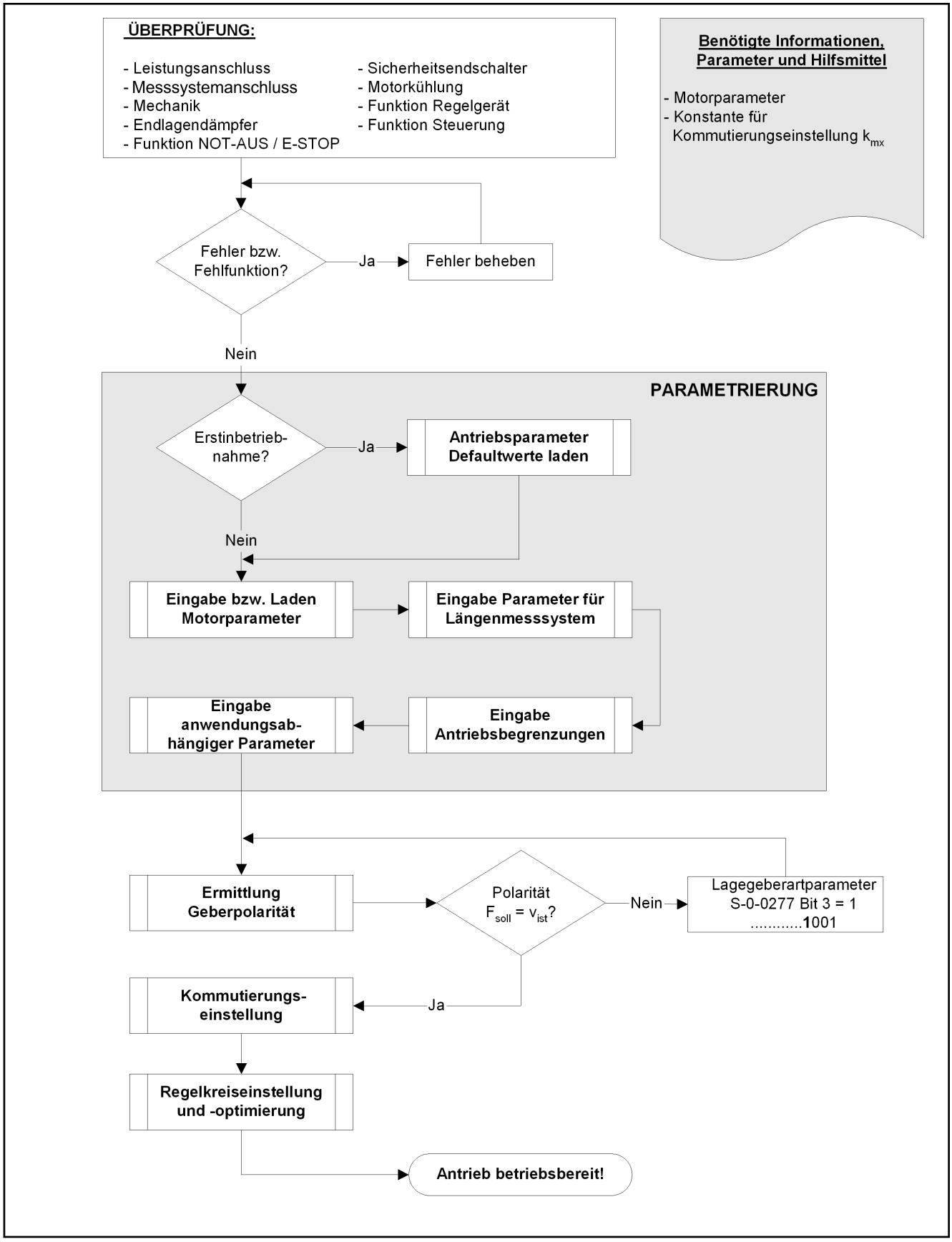


Abb. 13-1: Prinzipieller Inbetriebnahmeablauf bei Synchron-Linearantrieben

13.4 Parametrierung

13.4.1 Allgemeines

Die Eingabe bzw. Änderung bestimmter Parameter sowie das Ausführen von Kommandos während der Inbetriebnahme erfolgt bei IndraWorks innerhalb menügeführter Dialoge oder in Listendarstellung und kann wahlweise auch über das Steuerungsterminal erfolgen.

☞ Weitere detaillierte Ausführungen zur Inbetriebnahme erfolgen innerhalb der Parameter- bzw. Anwendungsbeschreibung des verwendeten Antriebsregelgerätes.

Beispiel:

- Rexroth IndraDrive MPx-16 bis MPx-21 und PSB Parameterbeschreibung, MNR R911328650
- Rexroth IndraDrive MPx-16 Anwendungsbeschreibung, MNR R911326484
- Rexroth IndraDrive MPx-17 Anwendungsbeschreibung, MNR R911331235
- Rexroth IndraDrive MPx-18 Anwendungsbeschreibung, MNR R911338674
- Rexroth IndraDrive MPx-20 Anwendungsbeschreibung, MNR R911345607
- Rexroth IndraDrive MPx-21 Anwendungsbeschreibung, MNR R911385759

13.4.2 Eingabe Motorparameter

☞ Die Motorparameter werden von Rexroth vorgegeben und dürfen anwenderseitig nicht verändert werden. Sollten diese Parameter nicht vorliegen, ist eine Inbetriebnahme nicht möglich! Wenden Sie sich in diesem Fall an Ihre zuständige Rexroth Kundenbetreuungsstelle.

⚠ WARNUNG

Verletzungen und mechanische Beschädigungen durch Einschalten des Motors direkt nach Eingabe der Motorparameter! Allein durch die Eingabe der Motorparameter ist der Motor noch nicht betriebsbereit!

- Parameter für Längenmesssystem eingeben
- Messsystempolarität prüfen bzw. anpassen
- Kommutierungseinstellung vornehmen

Die Eingabe der Motorparameter kann in folgender Weise erfolgen:

- Laden aller Motorparameter mittels IndraWorks
- Eingabe der einzelnen Parameter von Hand über Steuerung
- Laden eines kompletten Parametersatzes bei Serienmaschinen über Steuerung oder IndraWorks

13.4.3 Motorparameter bei Parallelanordnung

Werden zwei Linearmotoren an einem Regelgerät betrieben, müssen bei der Inbetriebnahme folgende Parameter angepasst werden:

Parameter	Bezeichnung	Anpassungsfaktor
P-0-4016	Motor-Längsinduktivität	x 0,5
P-0-4017	Motor-Querinduktivität	x 0,5
P-0-4048	Motor-Wicklungs-Widerstand	x 0,5
S-0-0106	Stromregler-Proportionalverstärkung 1	x 0,5
S-0-0109	Spitzenstrom Motor	x 2
S-0-0111	Stillstandsstrom Motor	x 2

Tab. 13-1: Parameteranpassung bei Parallelanordnung

☞ Wird nicht die maximal mögliche Dauernennkraft bzw. die maximal mögliche Spitzenkraft des Motors benötigt, kann auch ein kleineres Regelgerät verwendet werden. In diesem Fall muss die Einstellung vorgenannter Ströme dem ausgewählten Regelgerät angepasst werden. Nutzen Sie hierzu das Rexroth Auslegungstool IndraSize (siehe Kap. 4.1.3).

13.4.4 Betrieb ohne Flüssigkeitskühlung

⚠ WARNUNG **Motorschaden! Überhitzen der Wicklung!**

Wird der zulässige Dauerstrom am nicht wassergekühlten Motor nicht entsprechend begrenzt, kann bereits bei Strömen < I_N eine unzulässige schnelle Erwärmung der Wicklung eintreten. Die von den Thermofühlern angezeigte Temperatur eilt nach und ist zu gering, um ein sicheres Abschalten des Motors zu gewährleisten. Durch eine Überhitzung der Wicklung wird die Wicklungsisolation geschwächt oder gar zerstört.

Ohne Flüssigkeitskühlung stehen nur deutlich reduzierte Leistungsdaten zur Verfügung, die in dieser Dokumentation nicht aufgeführt sind.

Die in den Datenblättern angegebenen Werte zur Bemessungskraft und zum Bemessungsstrom der Motoren müssen in Abhängigkeit von der Ankopplung des Motors auf ~40 % des angegebenen Wertes abgesenkt werden.

Parameter für Rexroth-Regelgeräte

Wird diese Stromreduzierung nicht in den Parameter S-0-0111 (Stillstandsstrom Motor) eingetragen, erlaubt die Regelung einen kurzzeitigen Überlaststrom vom 2,2-fachen Wert des Bemessungsstrom bei Wasserkühlung. Dieser Wert ist für den Motor ohne Wasserkühlung um den Faktor 2,5 zu hoch!

Beispiel:

Bemessungsstrom für den **wassergekühlten Motor** = 10 A

S-0-0111 = 10 A

Möglicher Kurzzeitüberlaststrom = 2,2 x 10 A = **22 A**

Bemessungsstrom für gleiche Motorausführung, jedoch **nicht wassergekühlt**:

S-0-0111 = 10 A x 0,4 = 4 A

Möglicher Strom = 2,2 x 4 A = **8,8 A**



Beachten Sie auch die Angaben in Kap. 9.10.5 auf Seite 200 zum Betrieb der MLF-Motoren ohne Flüssigkeitskühlung.

13.4.5 Eingabe Parameter Längenmesssystem

Gebertyp

Es muss eine Festlegung der Art des Längenmesssystems erfolgen. Dazu dienen folgende Parameter:

Gebertyp	ab Firmware MPx20 S-0-0602.x.1	bis Firmware MPx18 P-0-0074
Inkrementelles Messsystem	2	
Absolutgeber mit ENDAT2.1-Schnittstelle	6	8
Absolutgeber mit ENDAT2.2-Schnittstelle	106	-
Inkrementalgeber mit Hallsensor	14 oder 15 (je nach Hardwarekonfiguration)	

Tab. 13-2: Festlegung Gebertyp

Signalperiode

Bei Längenmesssystemen für Linearmotoren werden **sinusförmige Signale** erzeugt und ausgewertet. Beachten Sie hierzu die Angaben des Messsystemherstellers zur Auflösung der Gebersignale. Die Eingabe der Signalperiode muss im jeweiligen Parameter erfolgen.

Weitere Hinweise zur Eingabe der Parameter finden Sie in der Hilfe zu den Firmwarebeschreibungen.

13.4.6 Eingabe Antriebsbegrenzungen und anwendungsabhängiger Parameter

Antriebsbegrenzungen

Zu den möglichen einstellbaren Antriebsbegrenzungen gehören:

- Strombegrenzung
- Kraftbegrenzung
- Geschwindigkeitsbegrenzungen
- Verfahrbereichsbegrenzungen

Anwendungsabhängige Parameter

Zu den anwendungsabhängigen Antriebsparametern gehören z. B. Fehlerreaktionen des Antriebs.



Detaillierte Ausführungen hierzu finden sich innerhalb der Firmware- bzw. Parameterbeschreibung des verwendeten Antriebsregelgerätes.

13.5 Ermittlung der Polarität des Längenmesssystems

Um im Geschwindigkeitsregelkreis Mitkopplung zu vermeiden, muss die Wirkrichtung der Motorkraft und die Zählrichtung des Längenmesssystems gleich sein.

⚠ WARNUNG **Unkontrollierte Bewegung des Motors beim Einschalten durch unterschiedliche Wirkrichtung von Motorkraft und Zählrichtung vom Längenmesssystem!**

- Sicherung gegen unkontrollierte Bewegung
- Einstellung Wirkrichtung Motorkraft gleich Zählrichtung Längenmesssystem

Wirkrichtung Motorkraft

Für die Einstellung der richtigen Geberpolarität gilt:

Die Wirkrichtung der Motorkraft ist in Richtung des Kabelanschlusses des Primärteils immer positiv.

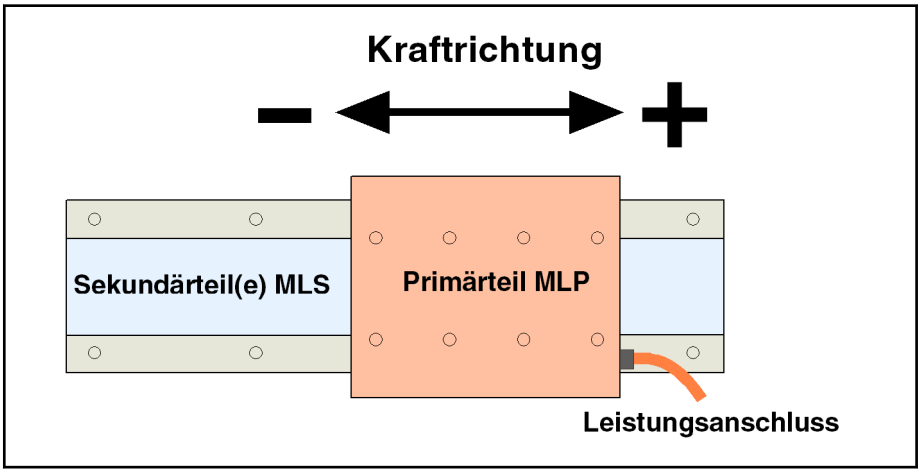


Abb. 13-2: Wirkrichtung Motorkraft

Wirkrichtung Motorkraft = Zählrichtung Längenmesssystem

Bei Bewegung des Primärteils in Richtung Kabelanschluss muss somit auch die Zählrichtung des Längenmesssystems positiv sein:

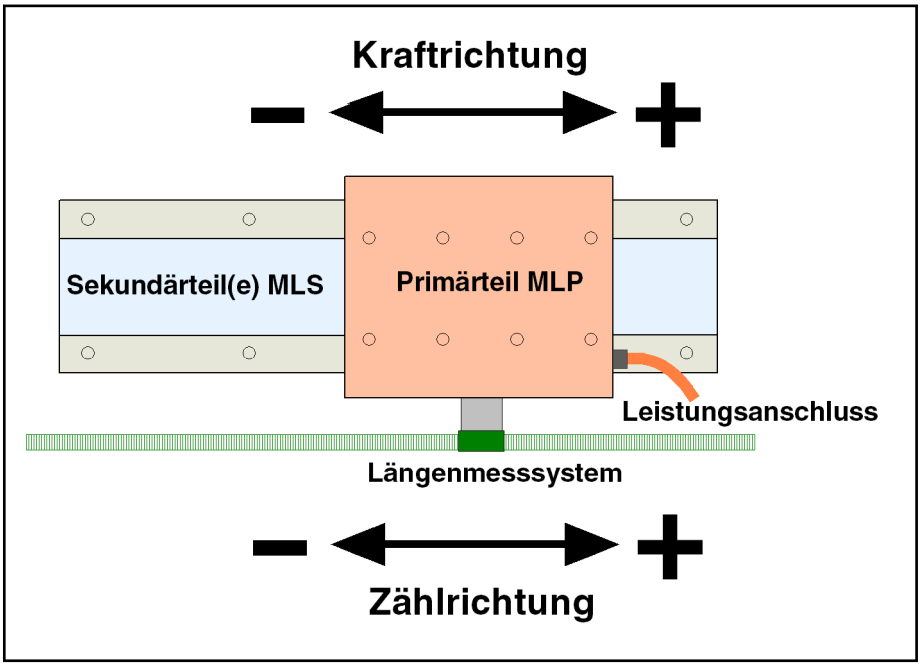


Abb. 13-3: Wirkrichtung Motorkraft = Zählrichtung Längenmesssystem

☞ Die Einstellung der Geberpolarität erfolgt in Bezug auf das Primärteil (Kabelanschluss). Die Einbaurichtung bzw. Polfolge des Sekundärteils hat auf die Einstellung der Geberpolarität keinen Einfluss.

Die Einstellung der Geberpolarität erfolgt über den Parameter

S-0-0277, Lagegeberart 1 (Bit 3)

Bei der Einstellung der Zählrichtung des Längenmesssystems dürfen die Lage-, Geschwindigkeits- und Kraftdaten nicht invertiert sein:

S-0-0085, Drehmoment-/Kraft-Polaritäten-Parameter: 0000000000000000

S-0-0043, Geschwindigkeits-Polaritäten-Parameter: 0000000000000000

S-0-0055, Lage-Polaritäten: 0000000000000000

Die Einstellung der prozessbezogenen Achszählrichtung erfolgt bei Bedarf **nach** der Einstellung von Geberpolarität und Kommutierung.

13.6 Kommutierungseinstellung

13.6.1 Allgemeines

Bedingung für eine maximale und konstante Kraftentfaltung des Synchron-Linearmotors ist die korrekte Einstellung des Kommutierungswinkels bzw. der Pollage.

Durch diese Prozedur wird sichergestellt, dass der Winkel zwischen dem Stromvektor des Primärteils und dem Flussvektor des Sekundärteils immer 90° beträgt. In diesem Zustand liefert der Motor die größtmögliche Kraft.

⚠ GEFAHR **Fehlfunktionen und/oder unkontrollierte Bewegungen des Motors durch Fehler bei der Kommutierungseinstellung!**

Führen Sie die Kommutierungseinstellung sehr sorgfälltig durch. Beachten Sie zusätzlich die Hinweise zur Kommutierungseinstellung in der Anwendungsbeschreibung der eingesetzten Firmware.

☞ Weitere detaillierte Ausführungen zur Inbetriebnahme erfolgen innerhalb der Parameter- bzw. Anwendungsbeschreibung des verwendeten Antriebsregelgerätes.

Beispiel:

- Rexroth IndraDrive MPx-16 bis MPx-21 und PSB Parameterbeschreibung, MNR R911328650
- Rexroth IndraDrive MPx-16 Anwendungsbeschreibung, MNR R911326484
- Rexroth IndraDrive MPx-17 Anwendungsbeschreibung, MNR R911331235
- Rexroth IndraDrive MPx-18 Anwendungsbeschreibung, MNR R911338674
- Rexroth IndraDrive MPx-20 Anwendungsbeschreibung, MNR R911345607
- Rexroth IndraDrive MPx-21 Anwendungsbeschreibung, MNR R911385759

Einstellverfahren

In der Firmware sind unterschiedliche Verfahren zur Kommutierungseinstellung implementiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen dem verwendeten Längenmesssystem und dem einzusetzenden Verfahren.

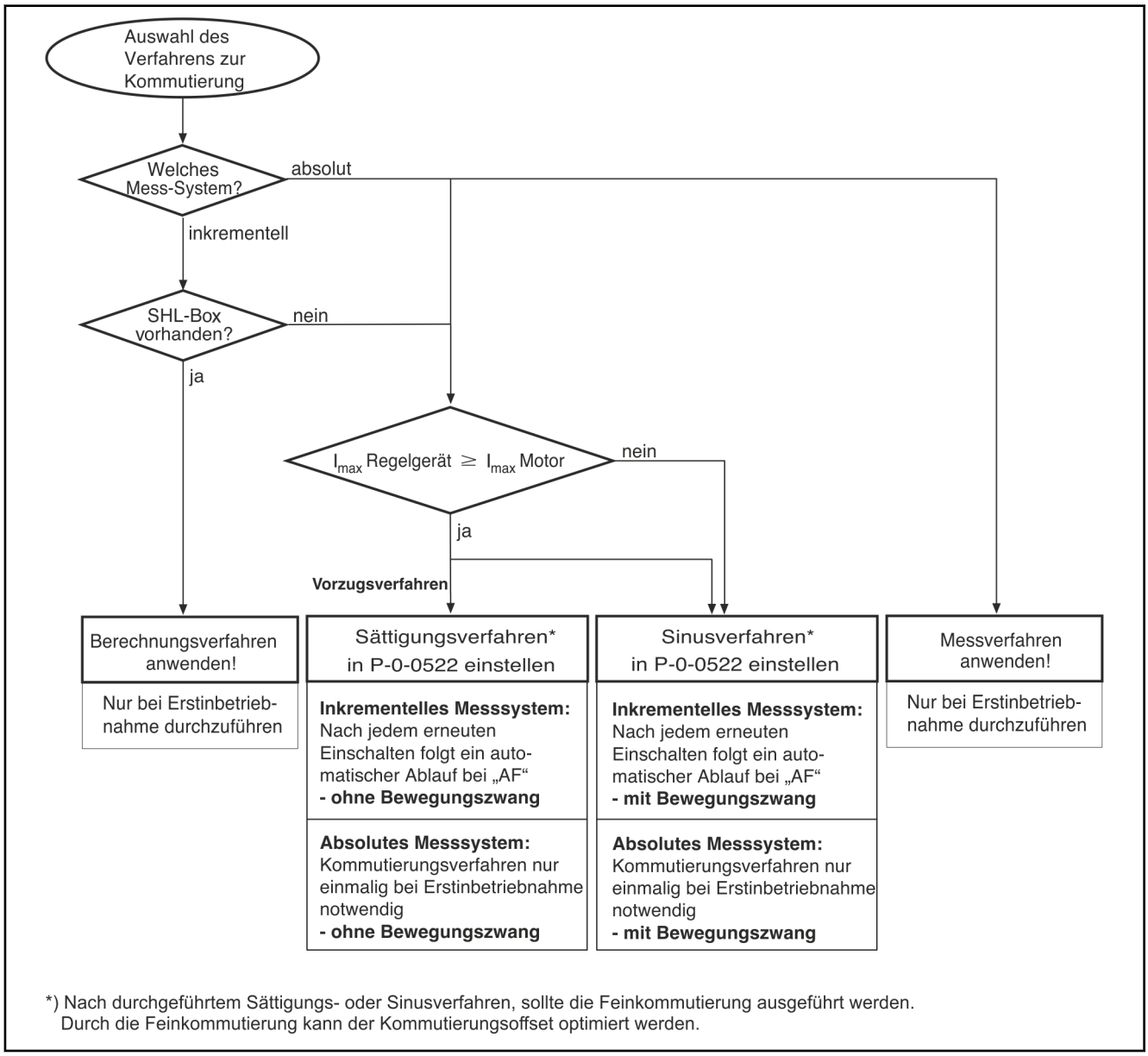


Abb. 13-4: Verfahren zur Kommutierungseinstellung bei Synchron-Linearmotoren

☞ Die Kommutierungseinstellung ist in folgenden Fällen immer durchzuführen:

- Erstinbetriebnahme
- Änderung des mechanischen Anbaus des Längenmesssystems
- Tausch Längenmesssystem
- Änderung des mechanischen Anbaus von Primär- und/oder Sekundärteil

Beachten Sie folgende Voraussetzungen zur Kommutierungseinstellung:

- Wirkrichtung Motorkraft = Zählrichtung Längenmesssystem
- Motor- und Geberparametrierung korrekt
- Einhaltung der beschriebenen Einstellprozeduren
- Strom- und Geschwindigkeitsregelkreise müssen sinnvoll parametriert sein
- Korrekter Anschluss Motorleistungskabel
- Schutz vor unkontrollierter Bewegung

Motoranschluss

Die Zuordnung der einzelnen Phasen des Motorleistungsanschlusses muss korrekt erfolgen. Siehe hierzu auch Kap. 8 auf Seite 165.

Parameterüberprüfung

Um die ordnungsgemäße Kommutierungseinstellung zu gewährleisten, sollten folgende Parameter vor der Kommutierung überprüft werden:

Identnummer		Beschreibung	Bezeichnung/ Funktion
bis MPx18	ab MPx20		
S-0-0085		Drehmom./ Kraft-Polaritäten-Parameter	Siehe Parameterbeschreibung Rexroth Antriebsregelgerät
S-0-0043		Geschwindigkeits-Polaritäten-Parameter	
S-0-0055		Lage-Polarität	
P-0-4014		Motorart	
P-0-0018		Polpaarzahl/Polpaarweite	
S-0-0116	-	Geber 1 Auflösung	
-	S-0-0602.x.21	Phys. Geberauflösung (analog)	
P-0-0522		Steuerwort Kommutierungseinstellung	

Tab. 13-3: Zu überprüfende Parameter vor der Kommutierungseinstellung

13.6.2 Sättigungsverfahren (Vorzugsverfahren zur Kommutierung von Synchron-Linearmotoren)

Das Sättigungsverfahren ist das bevorzugte Verfahren zur Kommutierung der Synchron-Linearmotoren.

Detailierte Hinweise zum Sättigungsverfahren finden Sie in Kapitel "Kommutierungseinstellung" der Rexroth MPx-Anwendungsbeschreibung (siehe Kap. 13.6.1).

13.6.3 Sinusverfahren

Dieses Verfahren findet dann Anwendung, wenn das Sättigungsverfahren nicht angewendet werden kann.

Detailierte Hinweise zum Sinusverfahren finden Sie in Kapitel "Kommutierungseinstellung" der Rexroth MPx-Anwendungsbeschreibung (siehe Kap. 13.6.1).

13.6.4 Hinweis zur Möglichkeit der Nachoptimierung des Kommutierungsoffsets

Das Verfahren zur Nachoptimierung kann beim Sinusverfahrens als auch beim Sättigungsverfahren Anwendung finden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Achse nicht festgebremst sondern frei beweglich ist.

Es wird empfohlen, den ermittelten Wert für das Kommutierungs- Offset nachzuoptimieren. Dies kann automatisch geschehen durch Aktivierung von "C5600 Kommando Kommutierungsoffset Nachoptimierung".

Detailierte Hinweise zur Nachoptimierung finden Sie in Kapitel "Kommutierungseinstellung" der Rexroth MPx-Anwendungsbeschreibung (siehe Kap. 13.6.1).

13.6.5 Berechnungsverfahren in Verbindung mit Hallsensor-Box SHL

Das Berechnungsverfahren findet Anwendung bei Verwendung eines inkrementellen Messsystems und der Verwendung der Hallsensor-Box (Abstandsmessung, stromlos → nur bei Rexroth-Linear-Bausatzmotoren möglich). Beachten Sie hierzu auch die Funktionsbeschreibung zur Hallsensor-Box SHL02.1 (DOK-SUPPL*-SHL********-FK) mit der Materialnummer R911306588.

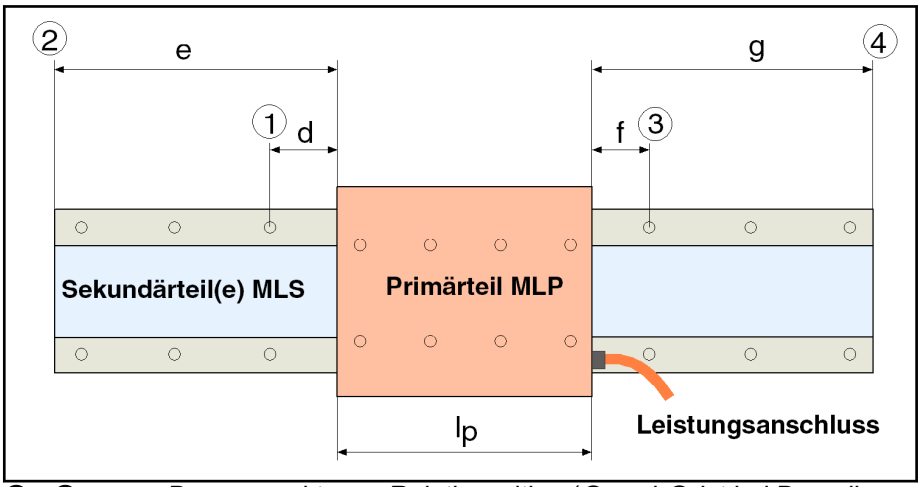
Detailiert Hinweise zum Berechnungsverfahren finden Sie in Kapitel "Kommutierungseinstellung" der Rexroth MPx-Anwendungsbeschreibung (siehe Kap. 13.6.1).

13.6.6 Messverfahren: Messung des Bezugs zwischen Primär- und Sekundärteil

☞ Dieses Verfahren setzt ein absolutes Längenmesssystem mit ENDAT-Schnittstelle voraus.

Messung der Relativposition von Primär- zu Sekundärteil

Je nach Zugänglichkeit von Primär- und Sekundärteil in der Maschine oder Anlage kann die Messung der Relativposition von Primär- zu Sekundärteil auf unterschiedliche Weise erfolgen:



①...④ Bezugspunkte zur Relativposition (① und ③ ist bei Baureihe xx2 nicht anwendbar)

Abb. 13-5: Messung der Relativposition von Primär- zu Sekundärteil

- Bezugspunkt ① und ③ kann bei Primärteilen der Baureihe xx2 nicht angewendet werden, da der Schraubenabstand der Sekundärteile nicht der Polweite der MLPxx2 entspricht.
- Die Position des Primärteils darf während der Prozedur zur Kommutierungseinstellung nicht mehr verändert werden!

Berechnung P-0-0523, Kommutierungseinstellung-Messwert

Der für die Berechnung des Kommutierungsoffsets erforderliche Eingabewert in P-0-0523 wird aus der gemessenen Relativposition von Primär- zu Sekundärteil (Abb. 13-5 je nach Zugänglichkeit Abstand d, e, f oder g) sowie einer motorabhängigen Konstante k_{mx} ermittelt (Abb. 13-6 und Abb. 13-4).

$$\text{d} \rightarrow \quad P-0-0523 = d - k_{mx}$$

$$\text{e} \rightarrow \quad P-0-0523 = e - k_{mx} - \tau_P$$

$$\text{f} \rightarrow \quad P-0-0523 = -f - l_p - k_{mx}$$

$$\text{g} \rightarrow \quad P-0-0523 = \tau_P - g - l_p - k_{mx}$$

P-0-0523	Kommutierungseinstellung-Messwert in mm
d	Relativposition Bezugspkt. 1 in mm (Abb. 13-5)
e	Relativposition Bezugspkt. 2 in mm (Abb. 13-5)
f	Relativposition Bezugspkt. 3 in mm (Abb. 13-5)
g	Relativposition Bezugspkt. 4 in mm (Abb. 13-5)
k_{mx}	Motorkonstante zur Kommutierungseinstellung in mm
τ_P	Polweite MLPxx0 = 37,5 mm; MLPxx2 = 30 mm
l_p	Länge Primärteil in mm

Abb. 13-6: Berechnung P-0-0523, Kommutierungseinstellung-Messwert

Bei der Ermittlung von P-0-0523, Kommutierungseinstellung-Messwert ist auf das korrekte Vorzeichen zu achten. Wird P-0-0523 mit negativem Vorzeichen ermittelt, so ist dies beim Start der Einstellprozedur auch einzugeben.

Motorkonstante für Kommutierungseinstellung k_{mx}

Die Motorkonstanten für die Einstellung des Kommutierungsoffset k_{mx} sind abhängig von der Ausrichtung von Primär- und Sekundärteil:

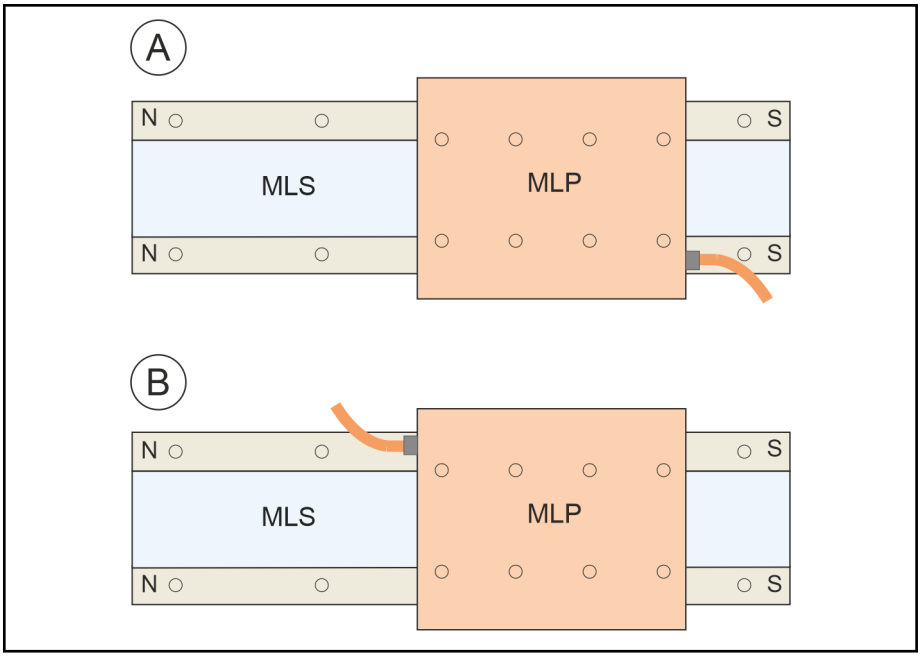


Abb. 13-7: Anordnungsmöglichkeiten Primär- zu Sekundärteil

	Anordnung Ⓐ k_{mx} in mm	Anordnung Ⓑ k_{mx} in mm
Standardkapselung MLFxx0 Baugrößen 040 ... 300	68	105,5
Thermokapselung MLFxx0 Baugröße 040 ... 300	65	102,5
Thermokapselung MLFxx2 Baugröße 052 ... 202	52,2	22,2

Tab. 13-4: Motorkonstanten zur Kommutierungseinstellung k_{mx}

Kommando zur Kommutierungseinstellung

Voraussetzung:

1. Der Antrieb muss sich während der folgenden Einstellprozedur im Zustand A0-13 (= Bereit zur Leistungszuschaltung) befinden.
2. Die Position des Primärteils bzw. des Schlittens darf sich seit Messung der Relativposition von Primär- zu Sekundärteil nicht mehr verändert haben.

Nachdem der ermittelte Wert P-0-0523 (Kommutierungseinstellung-Messwert) eingetragen wurde, muss das Kommando P-0-0524 (D300 Kommando Kommutierungseinstellung) gestartet werden. Dabei wird der Kommutierungsoffset berechnet.

☞ Befindet sich der Antrieb bei Kommandostart in "AB" (Antrieb-Betriebsbereit), wird der Kommutierungsoffset mit dem ausgewählten Verfahren (Sättigungs- oder Sinusverfahren) für die automatische Kommutierung ermittelt.

Das Kommando ist anschließend wieder zu löschen.

13.7 Regelkreiseinstellung und -optimierung

13.7.1 Allgemeiner Ablauf

Die Regelkreiseinstellungen in einem digitalen Antriebsregelgerät haben eine wesentliche Bedeutung für die Eigenschaften der Servoachse. Die Regelkreisstruktur besteht aus einem kaskadierten Lage-, Geschwindigkeits- und Stromregler. Welche Regler aktiv sind, wird durch die entsprechende Betriebsart bestimmt.

☞ Die Festlegung der Regelkreiseinstellung erfordert entsprechende Sachkenntnis

Die Vorgehensweise bei der Regelkreisoptimierung (Strom-, Geschwindigkeits- und Lageregler) von linearen Direktantrieben entspricht der bei rotativen Servoantrieben. Lediglich die Einstellgrenzen sind bei Linearantrieben höher.

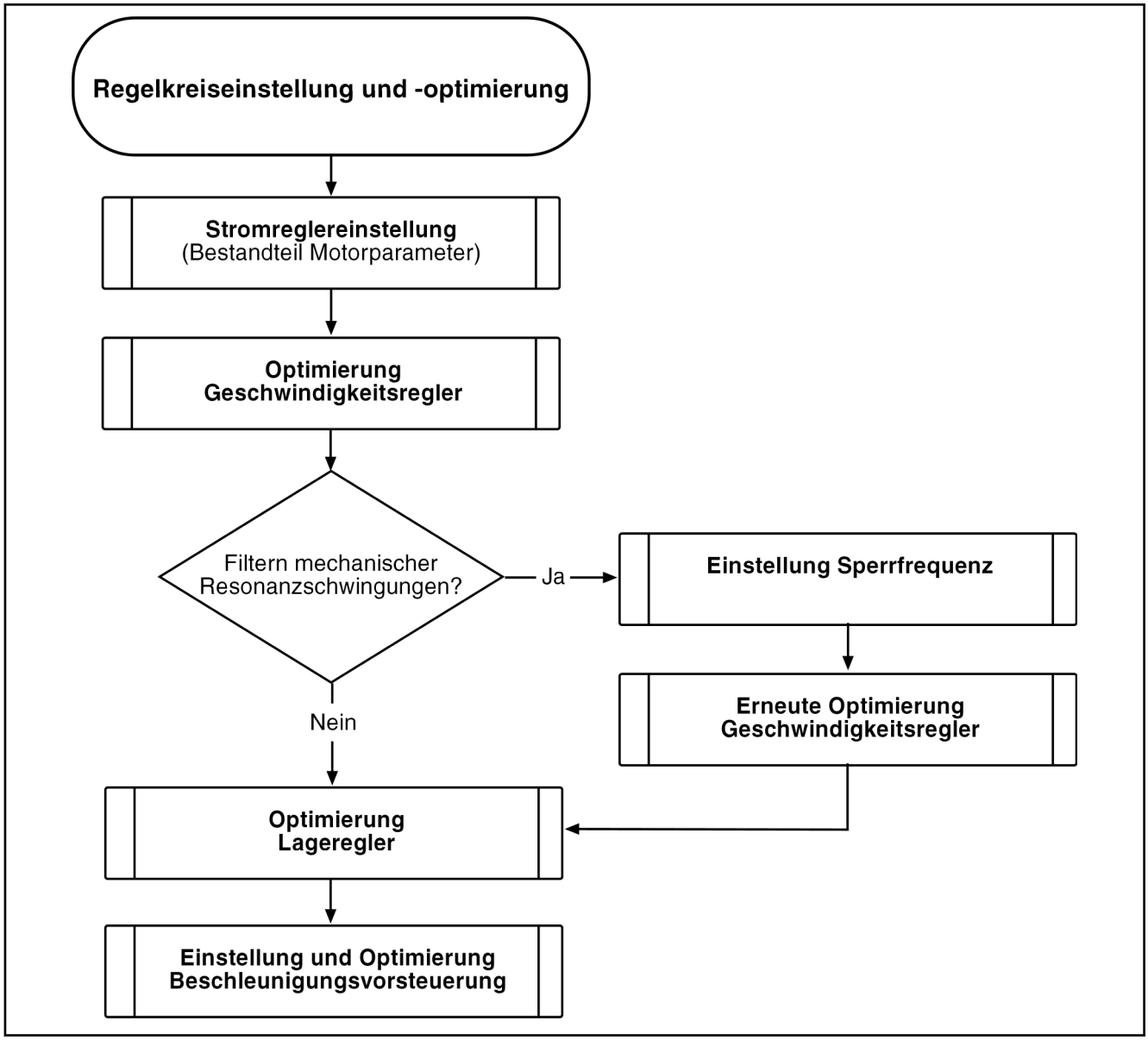


Abb. 13-8: Regelkreiseinstellung und -optimierung bei Synchron-Linearantrieben

Für weiterführende und detailliertere Informationen ist die entsprechende Funktionsbeschreibung des Antriebsregelgerätes zu verwenden.

Filtern mechanischer Resonanzschwingungen

Digitale Antriebe von Rexroth sind in der Lage, Schwingungen die sich aufgrund des Antriebsstranges zwischen Motor und Achsmechanik einstellen, schmalbandig zu unterdrücken. Hierdurch ist gesteigerte Antriebsdynamik bei guter Stabilität erreichbar.

Das mechanische System des durch den Linearantrieb bewegten Schlittens wird durch Lage- bzw. Geschwindigkeitsrückführung im geschlossenen Regelkreis zu mechanischen Schwingungen angeregt. Dieses als "Zwei-Massen-Schwinger" bezeichnete Verhalten liegt meist im Frequenzbereich von 400-800 Hz, abhängig von der Steifigkeit der Mechanik und der räumlichen Ausdehnung des Systems.

Dieses "Zwei-Massen-Schwingen" hat meist eine deutliche Resonanzfrequenz, die durch ein im Antrieb eingebautes Sperrfilter selektiv unterdrückt werden kann.

Bei Unterdrückung der mechanischen Resonanzfrequenz lässt sich die Dynamik des Geschwindigkeitsregelkreises als auch des Lageregelkreises gegenüber der Regelung ohne das Sperrfilter unter Umständen verbessern.

Dies führt zu höherer Konturtreue und kleineren Zykluszeiten für Positioniervorgänge bei ausreichendem Abstand zur Stabilitätsgrenze.

Der Filter kann in Sperrfrequenz und Bandbreite eingestellt werden. Die Sperrfrequenz wird am stärksten gedämpft, die Bandbreite legt den Frequenzbereich fest, bei dem die Dämpfung kleiner -3 dB ist. Größere Bandbreite führt zu geringerer Dämpfung der Sperrfrequenz!

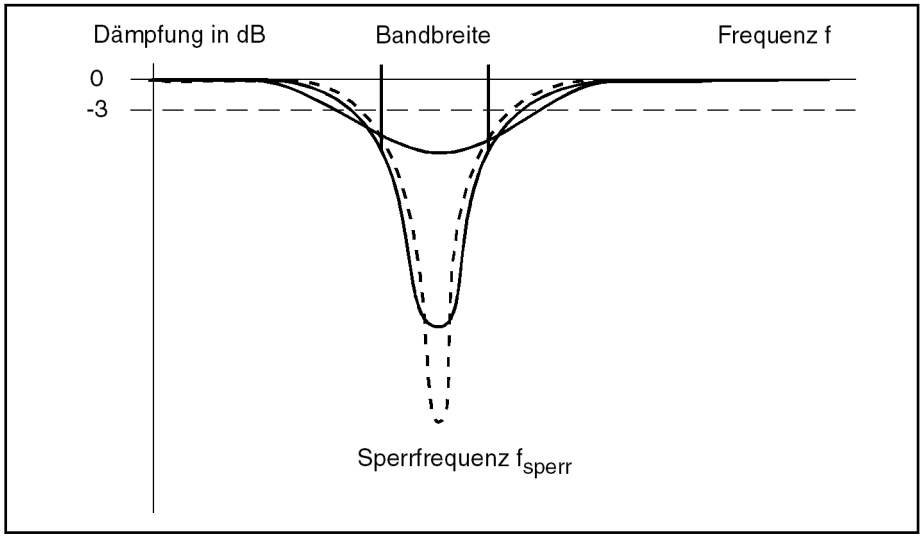


Abb. 13-9: Amplitudengang Sperrfilter in Abhängigkeit der Bandbreite, qualitativ

13.7.2 Parametrierung und Optimierung von Gantry-Achsen

Allgemeines

Voraussetzung:

- Die Parametrierung der Achsen ist gleich ausgeführt
- Parallelität der Führungen der Gantry-Achsen
- Parallelität der Längenmesssysteme
- Die Achsen sind in der Steuerung als einzelne Achsen angemeldet

☞ Zur Kompensation der Fluchtungsfehler zwischen zwei Längenmesssystemen oder der Mechanik können antriebsinterne Achsfehlerkorrekturverfahren verwendet werden. Das Funktionsprinzip und die Parametrierung ist der entsprechenden Funktionsbeschreibung des Antriebregelgerätes zu entnehmen.

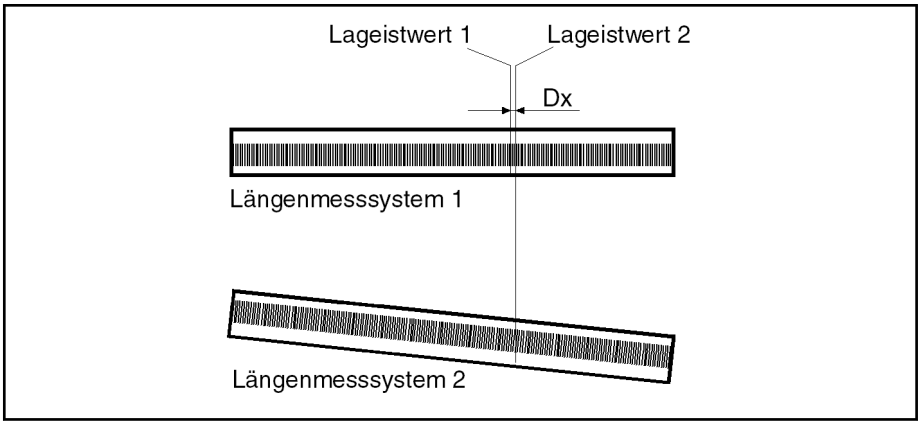


Abb. 13-10: Möglicher Fluchtungsfehler bei Längenmesssystemen einer Gantry-Achse

Parametrierung

Beim Betrieb von Gantry-Achsen ist darauf zu achten, dass diese bezüglich folgender Parameter identisch parametriert sind:

- Motorparameter
- Polaritätenparameter für Kraft, Geschwindigkeit und Lage
- Regelkreisparameter

Es gilt:

$$k_{v1} = k_{v2}$$

$$k_{p1} = k_{p2}$$

k_v Lageregler-Proportionalverstärkung S-0-0104
k_p Geschwindigkeitsregler-Proportionalverstärkung S-0-0100

Abb. 13-11: Proportionalverstärkungen in Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis beider Achsen

Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit (I-Anteil)

Bei der Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit (I-Anteil) sind folgende Möglichkeiten zu beachten:

	Möglichkeit 1	Möglichkeit 2	Möglichkeit 3	Möglichkeit 4
Ausrichtung der Längenmesssysteme und Führungen	ideal	nicht ideal	nicht ideal	nicht ideal
I-Anteil	in beiden Achsen	in beiden Achsen	nur in einer Achse	in keiner Achse
Verhalten der Achsen	Eine Verspannung der Mechanik wird nicht erfolgen, da beide Motoren dem Lagesollwert ideal folgen	Beide Achsen arbeiten soweit gegeneinander bis über die mechanische Kopplung ein Ausgleich erfolgt ist oder der Maximalstrom eines oder beider Antriebsregelgeräte erreicht ist und somit keine Regelwirkung mehr erzielt werden kann	Die Achse ohne I-Anteil lässt einen stetigen Lageversatz zu. Die Größe des Lageversatzes hängt von der Steifigkeit der mechanischen Kopplung beider Achsen sowie von den Proportionalverstärkungen im Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis ab	Beide Achsen lassen einen stetigen Lageversatz zu. Die Größe des Lageversatzes hängt von den Proportionalverstärkungen im Lage- und Geschwindigkeitsregelkreis ab

Tab. 13-5: Parametrierung der Geschwindigkeitsregler-Nachstellzeit S-0-0101 bei Gantry-Achsen

Optimierung

Bei der Optimierung von Geschwindigkeits- und Lageregelkreis ist die zuvor beschriebene Vorgehensweise einzuhalten.

☞ Parameteränderungen während der Optimierung von Gantry-Achsen sind unbedingt in beiden Achsen gleichzeitig vorzunehmen. Ist dies nicht möglich, sollte die Parameteränderung während einer Optimierung in beiden Achsen in kleineren Schritten nacheinander durchgeführt werden.

13.7.3 Abschätzung der bewegten Masse anhand einer Geschwindigkeitsrampe

Häufig ist die bewegte Masse eines Maschinenschlittens nicht genau bekannt. Dies wird unter Umständen durch im Nachhinein angebrachte Aufbauten, bewegte Teile usw. erschwert.

Das nachfolgend erläuterte Verfahren erlaubt eine Abschätzung der bewegten Achsmasse anhand Aufzeichnung einer Geschwindigkeitsrampe. Damit ist z. B. eine Einschätzung des Beschleunigungsvermögens der Achse möglich.

Vorbereitung

Voraussetzung für das Verfahren ist die oszillografische Darstellung folgender Parameter:

- S-0-0040, Geschwindigkeits-Istwert
- S-0-0080, Drehmoment/Kraft-Sollwert

Es kann hierzu ein Oszilloskop oder die Oszilloskop-Funktion des Antriebs in Verbindung mit IndraWorks oder NC genutzt werden.

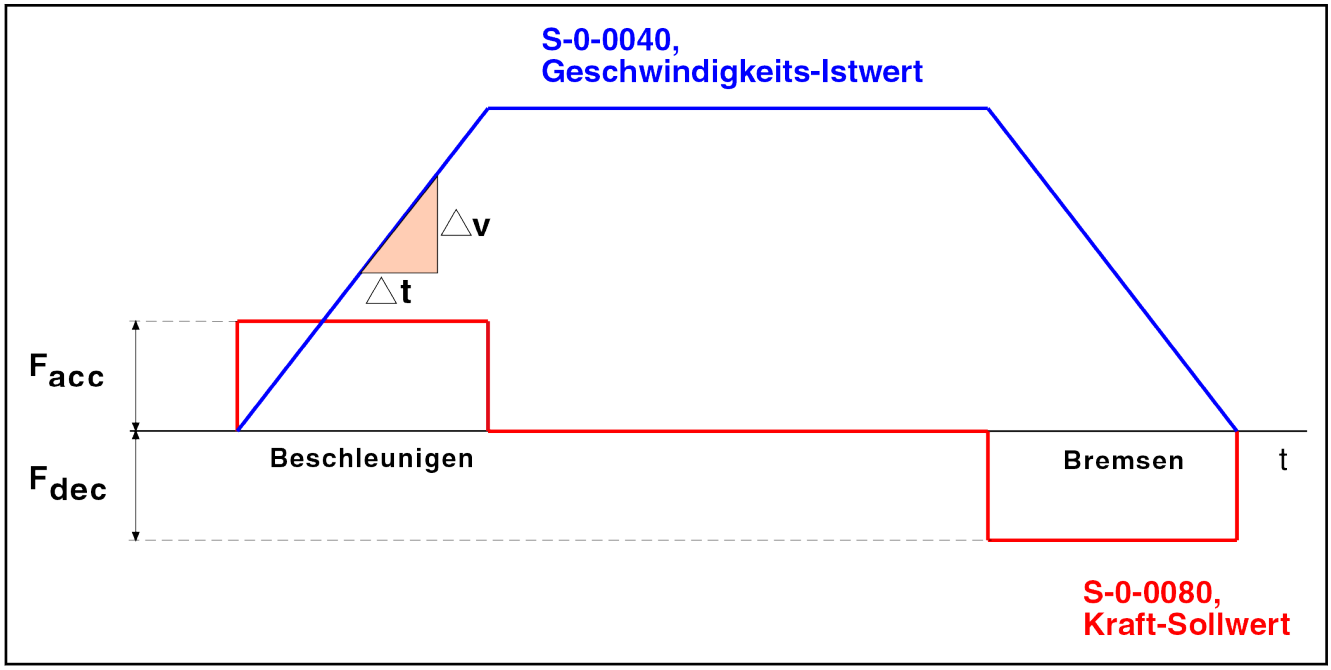


Abb. 13-12: Oszillogramm von Geschwindigkeit und Kraft

$$m = 30 \cdot F_N \cdot \left(\frac{F_{ACC} + F_{DEC}}{100\%} \right) \cdot \frac{\Delta t}{\Delta v}$$

m	Bewegte Achsmasse in kg
F_N	Dauernennkraft des Motors in N
F_{ACC}	Kraftsollwert während Beschleunigung in %
F_{DEC}	Kraftsollwert während Bremsen in %
Δv	Geschwindigkeitsänderung während konst. Beschleunigung in m/min
Δt	Zeitänderung während konst. Beschleunigung in s

Abb. 13-13: Bestimmung der bewegten Achsmasse anhand Aufzeichnung einer Geschwindigkeitsrampe

Voraussetzung:

1. Korrekte Parametrierung des Motordauerstromes (Basis für Darstellung S-0-0080)
2. Reibkraft nicht richtungsabhängig
3. Aufnahme von Δv und Δt bei konstanter Beschleunigung
4. Nicht mit Motormaximalkraft durchführen um Nichtlinearitäten zu vermeiden

☞ Das Verfahren ist bei vertikalen Achsen aufgrund eventueller richtungsabhängiger Kraftänderungen nicht oder nur bedingt einsetzbar.

13.8 Wartung

13.8.1 Allgemeines

MLF-Synchronmotoren arbeiten innerhalb der vorgegebenen Betriebsbedingungen und Lebensdauer wartungsfrei. Der Betrieb unter ungünstigen Bedingungen kann jedoch zu Einschränkungen der Verfügbarkeit führen.

- Erhöhen Sie die Verfügbarkeit durch regelmäßige, vorbeugende Wartungsmaßnahmen. Beachten Sie die Angaben des Maschinenherstellers im Maschinenwartungsplan und nachfolgend beschriebene Wartungsmaßnahmen.
- Protokollieren Sie alle Wartungsmaßnahmen im Maschinenwartungsplan.

13.8.2 Maßnahmen

⚠ GEFAHR **Verletzungsgefahr durch bewegte Elemente!**
Verletzungsgefahr durch heiße Oberflächen!

- Führen Sie keine Wartungsmaßnahmen an laufenden Maschinen durch.
- Sichern Sie die Anlage während der Wartungsarbeiten gegen Wiederanlauf und unbefugte Benutzung.
- Arbeiten Sie nicht an heißen Oberflächen.

Bosch Rexroth empfiehlt folgende Wartungsmaßnahmen auf Grundlage des Wartungsplans des Maschinenherstellers:

Maßnahme	Intervall
Funktion des Kühlsystems prüfen.	Nach Vorgabe Maschinenwartungsplan, mindestens jedoch alle 1000 Betriebsstunden.
Mechanische und elektrische Verbindungen prüfen.	Nach Vorgabe Maschinenwartungsplan, mindestens jedoch alle 1000 Betriebsstunden.
Maschine auf ruhigen Lauf, Vibrationen und Lagergeräusche prüfen.	Nach Vorgabe Maschinenwartungsplan, mindestens jedoch alle 1000 Betriebsstunden.
Staub, Späne und sonstige Verschmutzungen von Motorgehäuse, Kühlrippen und Verbindungen entfernen.	Nach Verschmutzungsgrad, spätestens jedoch nach einem Betriebsjahr.

Tab. 13-6: Wartungsmaßnahmen

Zur vorbeugenden Überprüfung der Motor- und Zusatzkomponenten sollten folgende Punkte geprüft und ggf. Instand gesetzt werden:

- Auffällige Geräusche im Betrieb
- Schleifspuren an Primär- und / oder Sekundärteil
- Schmutz (z. B. Späne, Schleifstaub, Fett durch Führungen etc.) im Luftspalt zwischen Primär- und Sekundärteil

  Funktion der Schutzmaßnahmen überprüfen und ggf. austauschen! Beachten Sie hierzu auch Kap. 9.12.4 auf Seite 214.
- Dichtheit Flüssigkeitskühlung, -schläuche und Anschlusstechnik

- Zustand Leistungs- und Geberkabel in Energiekette
- Zustand Längenmesssystem (z. B. Verschmutzung)
- Zustand Führungssystem (z. B. Verschleiß Linearführungen)

13.8.3 Elektrische Überprüfung der Motorkomponenten

Deutet sich der elektrische Defekt eines Primärteils an, kann dies durch Messung elektrischer Kennwerte überprüft werden. Hierbei sind folgende Größen relevant:

- Widerstand zwischen Motoranschlussadern 1-2, 2-3 und 1-3
- Induktivität zwischen Motoranschlussadern 1-2, 2-3 und 1-3
- Isolationswiderstand zwischen Motoranschlussadern und Masse

Widerstand und Induktivität

Die gemessenen Werte für Widerstand und Induktivität können mit den Angaben in Kapitel 4 Technische Daten verglichen werden. Die Werte für Widerstand und Induktivität zwischen den unterschiedlichen Anschlussadern 1-2, 2-3 und 1-3 sollten innerhalb einer Toleranz von ± 5 % - gleich sein. Weichen ein oder mehrere Werte hiervon ab, kann ein Phasen-, Windungs-, oder Masseschluss vorliegen und das Primärteil muss ausgetauscht werden.

Isolationswiderstand

Der Isolationswiderstand, gemessen zwischen den Motoranschlussadern und Masse, sollte mindestens 1 MΩ (MegaOhm) betragen. Bei Unterschreitung dieses Wertes wird ein Tausch des Primärteils empfohlen.

☞ Im Zweifelsfall ist bei der elektrischen Überprüfung der Bosch Rexroth Kundendienst zu Rate zu ziehen.

13.9 Betrieb an Fremdregelgeräten

Spannungssteilheit

Das Isoliersystem des Motors unterliegt im Umrichterbetrieb einer höheren dielektrischen Beanspruchung als an einer rein sinusförmigen Quellenspannung. Die Spannungsbeanspruchung der Wicklungsisolierung im Umrichterbetrieb wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren bestimmt:

- Scheitelwert der Spannung
- Anstiegszeit der Impulse an den Motorklemmen
- Schaltfrequenz der Umrichterendstufe
- Länge des Leistungskabels zum Motor

Wesentlicher Bestandteil sind die Schaltzeiten der Umrichterendstufe und die Länge der Leistungskabel zum Motor. Die am Motor auftretenden Spannungssteilheiten darf die in **DIN VDE 0530-25 (VDE 0530-25):2018-12 (Bild 40, Grenzkurve A)** angegebenen Grenzen der Impulsspannung, gemessen an den Motorklemmen von zwei Strängen, in Abhängigkeit der Anstiegszeit nicht überschreiten.

☞ Endstufen von IndraDrive Umrichtern halten diese Grenzen ein.

14 Anhang

14.1 Empfohlene Lieferanten von Zusatzkomponenten

14.1.1 Längenmesssysteme

Bosch Rexroth AG
Maria-Theresien-Str. 23
D-97816 Lohr am Main
Internet: http://www.boschrexroth.com

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH
Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5
D-83301 Traunreut
Internet: http://www.heidenhain.de

Renishaw GmbH
Karl-Benz Strasse 12
D-72124 Pliezhausen
Internet: http://www.renishaw.com

14.1.2 Linearführungen

Bosch Rexroth AG
Maria-Theresien-Str. 23
D-97816 Lohr am Main
Internet: http://www.boschrexroth.com

14.1.3 Energieketten

igus GmbH
Spicher Straße 1a
D-51147 Köln
Internet: http://www.igus.de

KABELSCHLEPP GMBH
Marienborner Straße 75
D-57074 Siegen
Internet: http://www.kabelschlepp.de

14.1.4 Kühlaggregate

SCHWÄMMLE GmbH & Co KG
Dieselstraße 12-14
D-71546 Aspach
Internet: http://www.schwaemmle-gmbh.de

Universal Hydraulik GmbH
Siemensstraße 33
D-61267 Neu-Anspach
Internet: http://www.universalhydraulik.com

14.1.5 Kühlmittelzusatzstoffe

NALCO Deutschland GmbH
Plankstr. 26
D-71691 Freiberg / Neckar
Fax. +49(0)7141-703-239
email: slund@nalco.com

14.1.6 Kühlmittelschläuche

Polyflex AG
Dorfstaße 49
CH-5430 Wettingen
Internet: http://www.polyflex.ch

igus GmbH
Spicher Straße 1a
D-51147 Köln
Internet: http://www.igus.de/

Bosch Rexroth AG
Maria-Theresien-Str. 23
D-97816 Lohr am Main
Internet: http://www.boschrexroth.com

14.1.7 Achsabdecksysteme

Möller Werke GmbH
Kupferhammer
D-33649 Bielefeld
Internet: http://www.moellerflex.de

HCR-Heinrich Cremer GmbH
Oppelner Str. 37
D-41199 Mönchengladbach
Internet: http://hcr.connection-net.de/deutsch/index.html

Gebr. HENNIG GmbH
Postfach 1137
D-85729 Ismaning
Internet: http://www.hennig-gmbh.de

14.1.8 Endlagendämpfer

ACE Stoßdämpfer GmbH
Postfach 1510
D-40740 Langenfeld
Internet: http://www.ace-ace.de

Bosch Rexroth AG
Maria-Theresien-Str. 23
D-97816 Lohr am Main
Internet: http://www.boschrexroth.com

Metallgeflechtstossdämpfer

Rhodius GmbH
Treuchlinger Str. 23
D-91781 Weißenburg
Internet: http://www.rhodius.com

14.1.9 Klemmelemente für Linearführungen

Bosch Rexroth AG
Maria-Theresien-Str. 23
D-97816 Lohr am Main
Internet: http://www.boschrexroth.com

14.1.10 Externe mechanische Bremsen

Kendrion Binder Magnete GmbH
Mönchweilerstr. 1
D-78048 Villingen-Schwenningen
Internet: http://www.kendrion-electromagnetic.com

Ortlinghaus-Werke GmbH
Kenkhauser Str. 125
D-42929 Wermelskirchen
Internet: http://www.ortlinghaus.com

14.1.11 Gewichtsausgleichsysteme

Pneumatisch

Ross Europa GmbH
Robert-Bosch-Str. 2
D-63225 Langen
Internet: http://www.rosseuropa.com

Hydraulisch

Bosch Rexroth AG
Maria-Theresien-Str. 23
D-97816 Lohr am Main
Internet: http://www.boschrexroth.com

14.1.12 Abstreifer

Hunger DFE GmbHDichtungs- und Führungselemente
Alfred-Nobel Str. 26
D-97080 Würzburg
Internet: http://www.hunger-dichtungen.de

HME Dichtungssysteme
Richthofenstr. 31
D-86343 Königsbrunn
Internet: http://www.hme-seals.de

15 Umweltschutz und Entsorgung

Herstellungsverfahren

Die Herstellung der Produkte erfolgt mit Produktionsverfahren, die energie- und rohstoffoptimiert sind und zugleich eine Wiederverwendung und Verwertung der anfallenden Abfälle ermöglichen. Schadstoffbelastete Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe versuchen wir regelmäßig durch umweltverträglichere Alternativen zu ersetzen.

Keine Freisetzung von gefährlichen Stoffen

Unsere Produkte enthalten keine Gefahrstoffe, die sie bei bestimmungsgemäßem Gebrauch freisetzen können. Im Normalfall sind daher keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt zu befürchten.

Wesentliche Bestandteile

Im Wesentlichen bestehen unsere Motoren aus folgenden Bestandteilen: Stahl, Aluminium, Kupfer, Messing, Permantentmagnete (Seltenerd), Elektrotechnische Komponenten.

Rücknahme

Die von uns hergestellten Produkte können zur Entsorgung kostenlos an uns zurückgegeben werden. Voraussetzung ist allerdings, dass keinerlei störende Anhaftungen wie Öle, Fette oder sonstige Verunreinigungen enthalten sind.

Weiterhin dürfen bei der Rücksendung keine unangemessenen Fremdstoffe oder Fremdkomponenten enthalten sein.

Die Produkte sind frei Haus an folgende Adresse zu liefern:

Bosch Rexroth AG
Electric Drives and Controls
Bürgermeister-Dr.-Nebel-Straße 2
97816 Lohr am Main, Germany

Permanentmagnete

⚠ WARNUNG **Gefahr durch Permanentmagnete!**



- Gesundheitsgefahr für Personen mit Herzschrittmachern, Hörgeräten oder metallischen Implantaten in unmittelbarer Umgebung von Permanentmagneten.



- Quetschgefahr von Fingern und Hand durch starke Anziehungskräfte der Magnete.



- Zerstörungsgefahr empfindlicher Teile wie z. B. Uhren, Kreditkarten ... .

Permanentmagnete stellen während der Entsorgung eine Gefahr dar. Die an Motorkomponenten (z. B. Rotoren von Synchronmotoren, Sekundärteile von Linearmotoren) angebrachten Permanentmagnete müssen vor der Entsorgung durch eine thermische Behandlung entmagnetisiert werden. Die Entsorgung von nicht entmagnetisierten Permanentmagneten ist untersagt.

Permanentmagnete entmagnetisieren

Die Entmagnetisierung der Permanentmagnete wird durch eine thermische Behandlung erreicht. Die Dauer der Behandlung wird hierbei durch die Masse der Motorkomponente beeinflusst. Die Motorkomponente muss mindestens 30 min im Ofen verbleiben, beginnend ab dem Zeitpunkt an dem die Magnetoberfläche eine Temperatur von 300 °C erreicht hat.

Beachten Sie beim Umgang mit Permanentmagneten auch die Sicherheitshinweise zum Schutz vor magnetischen Feldern und zu Handhabung und Montage im Kapitel "Sicherheitshinweise für elektrische Antriebe und Steuerungen".

Verpackung

Die Verpackungsmaterialien bestehen aus Pappe, Holz, Folien und Styropor. Sie können überall problemlos verwertet werden.

Aus ökologischen Gründen sollte auf den Rücktransport verzichtet werden.

Batterien und Akkumulatoren

Batterien und Akkumulatoren können mit diesem Symbol gekennzeichnet sein.



Das Symbol der durchgestrichenen Abfalltonne auf Rädern bedeutet, dass Batterien getrennt zu sammeln sind.

Der Endnutzer ist zur Rückgabe gebrauchter Batterien innerhalb der EU gesetzlich verpflichtet. Außerhalb der Gültigkeit der EU-Richtlinie 2006/66/EG sind die jeweiligen Bestimmungen zu beachten.

Altbatterien können Schadstoffe enthalten, die bei nicht sachgemäßer Lagerung oder Entsorgung die Umwelt oder die menschliche Gesundheit schädigen können.

Die in Rexroth-Produkten enthaltenen Batterien und Akkumulatoren sind nach Gebrauch den länderspezifischen Rücknahmesystemen zur ordnungsgemäßen Entsorgung zuzuführen.

Recycling

Durch den hohen Metallanteil können die Produkte überwiegend stofflich wiederverwertet werden. Um eine optimale Metallrückgewinnung zu erreichen, ist eine Demontage in einzelne Baugruppen erforderlich.

Metalle, die in den elektrischen und elektronischen Baugruppen enthalten sind, können mittels spezieller Trennverfahren ebenfalls zurückgewonnen werden.

Kunststoffteile der Produkte können Flammschutzmittel enthalten. Diese Kunststoffteile sind entsprechend EN ISO 1043 gekennzeichnet und sind nach den jeweils gültigen gesetzlichen Bestimmungen gegebenenfalls getrennt zu verwerten oder zu entsorgen.

16 Service und Support

Für Ihre schnelle und optimale Unterstützung verfügen wir über ein dichtes weltweites Servicenetz. Unsere Experten stehen Ihnen mit Rat und Tat zur Seite. Sie erreichen uns täglich **rund um die Uhr – auch an Wochenenden und Feiertagen**.

Service Deutschland

Unser technologieorientiertes Competence Center in Lohr deckt alle Belange rund um den Service für elektrische Antriebe und Steuerungen ab.

Sie erreichen unsere **Service-Hotline** und unseren **Service-Helpdesk** unter:

Telefon:	**+49 9352 40 5060**
Fax:	**+49 9352 18 4941**
E-Mail:	service.svc@boschrexroth.de
Internet:	http://www.boschrexroth.com

Auf unseren Internetseiten finden Sie ergänzende Hinweise zu Service, Reparatur (z. B. Anlieferadressen) und Training.

Service weltweit

Außerhalb Deutschlands nehmen Sie bitte zuerst Kontakt mit Ihrem Ansprechpartner auf. Die Hotline-Rufnummern entnehmen Sie bitte den Vertriebsadressen im Internet.

Vorbereitung der Informationen

Wir können Ihnen schnell und effizient helfen, wenn Sie folgende Informationen bereithalten:

- Eine detaillierte Beschreibung der Störung und der Umstände
- Angaben auf dem Typenschild der betreffenden Produkte, insbesondere Typenschlüssel und Seriennummern
- Ihre Kontaktdaten (Telefon-, Faxnummer und E-Mail-Adresse)

Index

A

Abkühlung ... 194
Abschalttemperatur ... 31
Abstreifer ... 237
  Lieferanten ... 316
Achsabdecksysteme ... 237
  Faltenbalgabdeckungen ... 237
  Lieferanten ... 314
  Rolloabdeckungen ... 237
  Teleskopabdeckungen ... 237
Anordnung Motorkomponenten
  Doppelkammanordnung ... 217, 221
  Einzelanordnung ... 215
  Gantry ... 216
  Gantry-Anordnung ... 221
  Parallelschaltung ... 216
  Primärteile hintereinander ... 221
Anschluss ... 287
Anschlusskabel
  feste Verlegung ... 170
  Kabelbruch ... 170
Anschlusstechnik
  Temperatursensor ... 177
Antriebsleistung ... 263
Antriebssystem ... 11
Anwendungsbereiche ... 1
Anziehungskraft ... 29, 223
Aufstellhöhe ... 186
Auslastungsfaktor ... 187
Auslieferungszustand ... 269

B

Bauform ... 136, 138
Baulänge ... 136, 138
Bemessungsstrom ... 29
Bestellbezeichnungen ... 135
Betrieb an Fremdregelgeräten ... 311
Betrieb ohne Flüssigkeitskühlung ... 294
Betriebsdruck ... 180
Bremsen ... 236
  Lieferanten ... 315

D

Dauernennkraft ... 29
Doppelkammordnung ... 217
Druckabfall ... 30, 202, 203

E

E-File Nummer ... 31, 188
Eigenfrequenzen ... 213
Einbau Motorkomponenten
  Primärteil ... 285
  Sekundärteil ... 278
Einbaumaße ... 99
Einbautoleranzen ... 99
Einschaltdauer und Vorschubkraft ... 261
Eintrittstemperatur Kühlmittel ... 30, 31
Einzelanordnung ... 171, 215
Elektrischer Anschluss
  Anschlusskabel Primärteil ... 165
Elektrisches Antriebssystem ... 11
Endlagendämpfer ... 236
  Lieferanten ... 315
Endübertemperatur ... 193
Energieketten
  Lieferanten ... 313
Entsorgung ... 317
erforderlicher Kühlmitteldurchfluss ... 30
Erwärmung ... 193
ESD-Schutz ... 177, 212
  Schutzfolie ... 177

F

Fehlerfall ... 240
Fremdkörper ... 237

G

Gantry ... 216, 221
Gantry-Achsen ... 305
Geberpolarität ... 289
Gebrauchshinweise ... 9
  Bestimmungsgemäßer Gebrauch ... 9
  Nicht-bestimmungsgemäßer Gebrauch ... 10
Gefahrstoffe ... 317
Gehäuseoberfläche ... 188
Gerätestecker ... 168
Geräuschemission ... 191
Geschwindigkeitsauflösung ... 244
Gewichtsausgleich ... 222
Gewichtsausgleichsysteme
  Lieferanten ... 316

H

Hallsensor-Box SHL02.1 ... 163
Handhabung ... 269
Helpdesk ... 319
Hotline ... 319

I

IATA 953 ... 274
Inbetriebnahme
  Ablauf ... 291
  Hilfsmittel ... 290
  Massebestimmung ... 307
  Parameter Längenmesssystem ... 295
  Parametrierung ... 293
  Voraussetzungen ... 290
IndraSize ... 28
Induktivität ... 25, 310
Installation

Allgemeine Sicherheitshinweise..... 277
Elektrischer Anschluss..... 287
Isolationsklasse..... 192
Isolationswiderstand..... 310
Isoliersystem..... 311

K
Kommutierungseinstellung..... 289, 297
Korrosion..... 271
Kraft
Reaktionskräfte..... 214
Kraftkonstante..... 25, 29
Kraftreduzierung..... 226
Kühlaggregate
Lieferanten..... 313
Kühlkonzept..... 194
Kühlmittel
Korrosionsschutz..... 196
Kühlmittel-Eingangsdruck..... 31
Kühlmittel-Eintrittstemperatur..... 30, 31
Kühlmittel-Temperaturerhöhung..... 30
Kühlmitteldurchfluss..... 202
Kühlmittelschläuche
Lieferanten..... 314
Kühlmittelzusatzstoffe..... 197
Gebrauchsfertiges Kühlwasser..... 198
Water Treatment Kits..... 198
Kühlung
Betauung..... 199
Druckabfall..... 203
Kühlaggregat..... 205
Kühlmedium..... 195
Kühlmitteldurchfluss..... 202
Kühlmittelleitungen..... 207
Kühlmitteltemperatur..... 199
Maximaldruck Kühlkreislauf..... 180
pH-Wert..... 196
Sekundärteile..... 195
Standardkapselung..... 194
Thermokapselung..... 194
Verlustleistung..... 192
Kühlwasserbehandlung..... 199

L
Lagerungstemperatur..... 31
Längenmesssysteme..... 230
Anbau..... 235
Auswahlkriterien..... 230
Bauformen..... 230
Lieferanten..... 313
Messprinzipien..... 231
Messsystemkabel..... 234
Positioniergenauigkeit..... 233
Zulässige Geschwindigkeit und Beschleunigung..... 233
Laststeifigkeit
dynamisch..... 247
statisch..... 246
Leistung
Dauerleistung..... 264
Kühlleistung..... 265
Maximalleistung..... 264
Rückspeiseleistung..... 266
Leistungsaderquerschnitt..... 29
Lieferumfang..... 270
Linearantrieb
Achsaufbau..... 181
Linearführungen..... 235
Lieferanten..... 313
Luftspalt.... 100, 200, 214, 224, 225, 237, 286, 309
Lufttransport..... 274

M
Magnetfelder..... 189
Maßangaben..... 99
Maßblätter
MLF040..... 102
MLF052..... 105
MLF070..... 107
MLF100..... 110
MLF102..... 113
MLF140..... 115
MLF152..... 121
MLF200..... 123
MLF202..... 128
MLF300..... 130
Masse
Primärteil Standardkapselung..... 30
Primärteil Thermokapselung..... 30
Masse Sekundärteil..... 30
Maximalgeschwindigkeit..... 29
Maximalkraft..... 29
Maximalstrom..... 29
Mechanische Konstruktion
Massenreduzierung..... 213
Mechanische gekoppelte Achsen..... 213
Steifigkeit..... 213
Motorausführungen
Primärteil Standardkapselung..... 183
Primärteil Thermokapselung..... 184
Sekundärteil..... 185
Motordimensionierung..... 249
Bewegungsgleichungen..... 250
Dreieckförmige Geschwindigkeit..... 258
Mittlere Geschwindigkeit..... 254
Sinusförmige Geschwindigkeit..... 259
Trapezförmige Geschwindigkeit..... 254
Vorschubkräfte..... 251
Motorkennlinie
Grenzkennlinie..... 25
Motorkühlung
Ablauf..... 178
Zulauf..... 178
Motorparameter..... 293

Motortemperaturüberwachung..... 210

N
Nenngeschwindigkeit..... 29
Netzausfall..... 242
Normen..... 8
NOT-AUS..... 240

P
Parallelanordnung..... 294
Parallelschaltung..... 170, 216
Parameter..... 289
PELV..... 16
Permanentmagnete..... 20
Polarität des Längenmesssystems..... 295
Polweite..... 29
Positioniergenauigkeit..... 244
Positionsauflösung..... 244
Produktkennzeichnung..... 160
Prüfung
  Hochspannungsprüfung..... 270
  kundenseitig..... 270
Prüfungen der Motorkomponenten
  werkseitig..... 270
PTC KTY84-130..... 211
PTC SNM.150.DK..... 210

R
Recycling..... 318
Regelkreiseinstellung und -optimierung..... 303
Regleroptimierung..... 289
Resonanzfrequenz..... 305
RoHS-Konformität..... 31
Ruckbegrenzung..... 243
Rücknahme..... 317

S
Schraubensicherung..... 278
Schutz der Wicklung..... 177
Schutzart..... 31, 187
Schutzkleinspannung..... 16
Schutzrechte Dritter..... 99
Service-Hotline..... 319
Sicherheitshinweise für elektrische Antriebe
und Steuerungen..... 11
Spananziehung..... 190
Späne..... 237
Spannungskonstante..... 29
Staub..... 237
Steckersets..... 168
Stillsetzen..... 240
Stillstandsbetrieb..... 229
Stossdämpfer..... 236
Stromreduzierung..... 229
Support..... 319

T
Technische Daten
  Allgemeine Daten..... 31
  Baugröße 040..... 32
  Baugröße 052..... 36
  Baugröße 070..... 39
  Baugröße 100..... 50
  Baugröße 102..... 61
  Baugröße 140..... 64
  Baugröße 152..... 75
  Baugröße 200..... 79
  Baugröße 300..... 93
  Kenngrößen MLP..... 29
  Kenngrößen MLS..... 30
Temperatursensoren..... 177
Thermische Klasse..... 31
Thermische Zeitkonstante..... 30, 192, 229
Toleranzen..... 29
Transporttemperatur..... 31
Typenschild
  Primärteil..... 160
  Sekundärteil..... 161
Typenschlüssel..... 135
  MLP040..... 140
  MLP052..... 142
  MLP070..... 144
  MLP100..... 146
  MLP102..... 148
  MLP140..... 150
  MLP152..... 152
  MLP200..... 154
  MLP202..... 156
  MLP300..... 158
  MLS040..... 141
  MLS052..... 143
  MLS070..... 145
  MLS100..... 147
  MLS102..... 149
  MLS140..... 151
  MLS152..... 153
  MLS200..... 155
  MLS202..... 157
  MLS300..... 159

U
Überhitzung des Motors..... 229
Umgebungstemperatur..... 31
Umweltbedingungen..... 185
  Aufstellhöhe..... 186
Umweltschutz..... 317

V
Verlustleistung..... 30, 192, 229
Verpackung..... 269, 317
Vertikale Achsen..... 222
Verträglichkeitsprüfung..... 189
Volumen Kühlmittelkanal..... 30

Vorschubkraft..... 223
Einsetzen der Kraftreduzierung..... 225

W

Warnhinweise..... 269
Warntemperatur..... 31
Wartung..... 309
Elektrik..... 310
Maßnahmen..... 309
Mechanik..... 309
vorbeugend..... 309
Wicklung..... 136
Wicklungsinduktivität..... 29
Wicklungstemperatur..... 192
Wicklungswiderstand..... 29, 310
Widerstand..... 25
Wirkungsgrad..... 267

Z

Zertifizierungen..... 188
CE..... 188
China RoHS 2..... 188
RoHS..... 188
UR/cUR..... 188
Zubehör
Hallsensor-Box..... 163
Zugentlastung..... 170
zulässiger Kühlmittel-Eingangsdruck..... 30
Zusatzkomponenten..... 8
Lieferanten..... 313

Notizen

rexroth
A Bosch Company

Bosch Rexroth AG
Postfach 13 57
97803 Lohr a.Main, Deutschland
Bgm.-Dr.-Nebel-Str. 2
97816 Lohr a.Main, Deutschland
Tel. +49 9352 18 0
Fax +49 9352 18 8400
www.boschrexroth.com/electrics



R911293634

DOK-MOTOR*-MLF********-PR07-DE-P