Baumer

Sensor Solutions • Motion Control • Vision Technologies • Process Instrumentation

Betriebsanleitung

Übersicht und Funktionen
CANopen

Baumer Electric AG
Hummelstrasse 17
CH-8501 Frauenfeld
Phone +41 (0)52 728 11 22
Fax +41 (0)52 728 11 44
sales.ch@baumer.com
www.baumer.com

12.10
Irrtum sowie Änderungen in
Technik und Design vorbehalten.

Inhalt

1 Sicherheits- und Betriebshinweise 5
1.1 Zusätzliche Informationen 5
1.2 Bestimmungsgemässer Gebrauch 5
1.3 Inbetriebnahme 5
1.4 Sicherheitshinweise 5
1.5 Transport und Lagerung 5
1.6 Montage 5
1.7 Elektrische Inbetriebnahme 6

2 CAN- Bus und CANopen Kommunikation 7
2.1 CAN-Bus 7
2.1.1 CAN-Bus Eigenschaften 7
2.1.2 Beispiele für Netzwerkteilnehmer für CAN-Bus Geräte: 7
2.2 CANopen 8

3 Kommunikationsprofil 9

4 CANopen Meldungsaufbau 10

5 Servicedaten – Kommunikation (SDO) 11
5.1 Beispiele SDO 12

6 Prozessdaten - Kommunikation (PDO) 13
6.1 Synchron 13
6.2 Zyklisch (Asynchron) 13

7 Emergency - Dienst 14

8 Netzwerkmanagement - Dienste 15
8.1 Beschreibung der NMT- Kommandos 15
8.2 Kommando-Byte 15
8.3 NMT State Event 15
8.4 Die verschiedenen NMT Zustände 16
8.4.1 Init 16
8.4.2 Pre-Operational Mode 16
8.4.3 Operational Mode 16
8.4.4 Stopped oder Prepared Mode 16
8.5 Zustandswechsel 16
8.5.1 Start Remote Node (1) 16
8.5.2 Stop Remote Node (2) 16
8.5.3 Enter Pre-Operational Mode (3) 16
8.5.4 Reset Remote Node (4) 16
8.5.5 Reset Kommunikation (5) 17

9 Heartbeat Protokoll 18

10 Layer Setting Services 19
10.1 Meldungsaufbau 19
10.2 Kommandos 19
10.2.1 Switch Mode Global 19
10.2.2 Switch Mode Selektiv 19
10.2.3 Teilnehmeradresse (Node- ID) setzen 20
10.2.4 BitTiming setzen 20
10.2.5 Speichern des Konfigurationsprotokolls 20
10.2.6 Aktiviere BitTiming Parameter 21

10.2.7 Vendor ID anfordern 21
10.2.8 Produkt-Code anfordern 21
10.2.9 Revisionsnummer anfordern 21
10.2.10 Seriennummer anfordern 21
10.2.11 Bereichsanfrage 22

11 Diagnose und Wissenswertes 23
11.1 Fehlerdiagnose in der Feldbus-Kommunikation 23
11.2 Fehlerdiagnose über Feldbus 23
11.2.1 Object 1001h Error Register 23
11.2.2 Object 1003h Vordefiniertes Error Field 23
11.2.3 Object Emergency 23
11.3 SDO Abort Message 24

Anhang

A. Applikationen 25
A.1 Objekte setzen und lesen 25
A.1.1 Objekt setzen 25
A.1.2 Objekt lesen 25
A.2 Inbetriebnahme 25
A.3 Teilnehmeradresse (Node ID) ändern 25
A.4 Baudrate ändern 26
A.5 Einstellungen ins EEPROM speichern 26

B. Betrieb 26
B.1 NMT-Zustände 26
B.2 Position lesen 26
B.3 Heartbeat Time setzen 27

C. Anschlussbelegung und Inbetriebnahme 27
C.1 Mechanischer Anbau 27
C.1.1 Wellen-Drehgeber 27
C.1.2 Hohlwellen/Endwellen-Drehgeber 27
C.2 Elektrischer Anschluss 28

D. Anschluss und Inbetriebnahme über die integrierte Feldbus-Schnittstelle 28
D.1.1 Einstellen der Teilnehmeradresse (Node ID) und Baudrate 28

E. Abschlusswiderstand 29

1 Sicherheits- und Betriebshinweise

1.1 Zusätzliche Informationen

- Das Handbuch ist eine Ergänzung zu bereits vorhandenen Dokumentationen (z.B. Kataloge, Datenblatt und Montageanleitungen).
- Vor Inbetriebnahme ist die Anleitung unbedingt zu lesen.

1.2 Bestimmungsgemässer Gebrauch

- Der Drehgeber ist ein Präzisionsmessgerät. Er dient ausschliesslich zur Erfassung von Winkelpositionen und Umdrehungen, der Aufbereitung und Bereitstellung der Messwerte als elektrische Ausgangssignale für das Folgegerät. Der Drehgeber darf ausschliesslich zu diesem Zweck verwendet werden.

1.3 Inbetriebnahme

- Einbau und Montage des Dreghebers darf ausschließlich nur durch eine Fachkraft erfolgen.
- Ferner ist die Betriebsanleitung des Maschinenherstellers zu beachten.

1.4 Sicherheitshinweise

- Vor Inbetriebnahme der Anlage alle elektrischen Verbindungen überprüfen.
- Unsachgemässe Montage, elektrischer Anschluss oder sonstige nicht fachgerecht ausgeführte Arbeiten am Drehgeber können zu Fehlfunktion oder Ausfall des Drehgebers führen.
- Die Gefährdung von Personen, eine Beschädigung der Anlage oder eine Beschädigung von Betriebseinrichtungen durch Ausfall oder Fehlfunktion des Drehgebers ist durch geeignete Sicherheitsmassnahmen auszuschliessen.
- Der Drehgeber darf nicht ausserhalb der Grenzwerte betrieben werden (siehe ausführliche Produktspezifikation)

Bei Nichtbeachtung der Sicherheitshinweise kann es zu Fehlfunktionen, Sach- und Personenschäden kommen.

1.5 Transport und Lagerung

- Transport und Lagerung ausschliesslich in Originalverpackung.
- Drehgeber nicht fallen lassen oder grösseren Erschütterungen aussetzen.

1.6 Montage

- Schläge oder Schocks auf Gehäuse und Welle / Hohlwelle vermeiden.
- Gehäuse nicht verspannen.
- Drehgeber nicht öffnen oder mechanisch verändern.

Welle, Kugellager, Glasscheibe oder elektronische Teile können beschädigt werden. Die sichere Funktion ist dann nicht mehr gewährleistet.

1.7 Elektrische Inbetriebnahme

- Drehgeber nicht elektrisch verändern und keine Verdrahtungsarbeiten unter Spannung vornehmen.
- Der elektrische Anschluss darf nicht unter Spannung nicht aufgesteckt oder abgenommen werden.
- Nur geschirmte Kabel verwenden. Kabelschirm muss großflächig und möglichst niederohmig anliegen. Zum Anschluss des Drehggebers an ein Kontrollsystem EMV-gerechte Stecker und Kabelverschraubungen verwenden.
- Die gesamte Anlage ist EMV-gerecht zu installieren. Einbauumgebung und Verkabelung beeinflussen die EMV des Drehgebers. Drehgeber und Zuleitungen räumlich getrennt oder in großem Abstand zu Leitungen mit hohem Störpegel (Frequenzumrichter, Schütze, etc) verlegen.
- Bei Verbrauchern mit hohen Störpegeln separate Sapnnungsversorgung für den Drehgeber bereitstellen.
- Drehgebergehäuse und die Anschlusskabel vollständig schirmen.
- Drehgeber an Schutzerde (PE) anschiessen. Geschirmte Kabel verwenden. Schirmgeflecht muss mit Kabelverschraubung oder Stecker verbunden sein. Anzustreben ist ein beidseitiger Anschluss an Schutzerde (PE), Gehäuse über den mechanischen Anbau, Kabelschrim über die nachfolgenden angeschlossenen Geräte. Bei Problemen mit Erdschleifen mindestens eine einseitige Erdung.

Bei Nichtbeachtung kann es zu Fehlfunktionen, Sach- und Personenschäden kommen!

2 CAN- Bus und CANopen Kommunikation

2.1 CAN-Bus

Der CAN-Bus (CAN: Controller Area Network) wurde ursprünglich von Bosch und Intel für die schnelle, kostengünstige Datenübertragung in der Kraftfahrzeug-Technik entwickelt. Der CAN-Bus wird heute auch in der industriellen Automatisierung verwendet.
Der CAN-Bus ist ein Feldbus (die Normen werden durch die Vereinigung CAN in Automation (CiA) festgelegt) über den Geräte, Aktoren und Sensoren verschiedener Hersteller miteinander kommunizieren.

2.1.1 CAN-Bus Eigenschaften

- Datenrate von 1 MBaud bei einer Netzausdehnung bis zu 20 m
- Beidseitig abgeschlossenes Netzwerk
- Busmedium ist Twisted-Pair-Kabel
- Echtzeitfähigkeit: Definierte max. Wartezeit für Nachrichten hoher Priorität.
- Theoretisch 127 Teilnehmer an einem Bus, physikalisch aber nur 32 (durch den Treiber bedingt). Sicherstellung netzweiter Datenkonsistenz. Gestörte Nachrichten werden für alle Netzknoten als fehlerhaft bekannt gemacht.
- Nachrichtenorientierte Kommunikation
  Die Nachricht wird mit einer Nachrichtenkennung (Identifier) gekennzeichnet. Alle Netzknoten prüfen anhand des Identifier, ob die Nachricht für sie relevant ist.
- Broadcasting, Multicasting
  Alle Netzknoten erhalten gleichzeitig jede Nachricht. Daher ist eine Synchronisation möglich.
- Multi-Master-Fähigkeit
  Jeder Teilnehmer im Feldbus kann selbstständig Daten senden und empfangen, ohne dabei auf eine Priorität der Master angewiesen zu sein. Jeder kann seine Nachricht beginnen, wenn der Bus nicht belegt ist. Bei einem gleichzeitigen Senden von Nachrichten setzt sich der Teilnehmer mit der höchsten Priorität durch.
- Priorisierung von Nachrichten
  Der Identifier setzt die Priorität der Nachricht fest. Dadurch können wichtige Nachrichten schnell über den Bus übertragen werden.
- Restfehlerwahrscheinlichkeit
  Sicherungsverfahren im Netzwerk reduzieren die Wahrscheinlichkeit einer unentdeckten, fehlerhaften Datenübertragung auf unter 10^{-11}. Praktisch kann von einer 100% sicheren Übertragung ausgegangen werden.
- Funktionsüberwachung
  Lokalisation fehlerhafter oder ausgefallener Stationen. Das CAN-Protokoll beinhaltet eine Funktionsüberwachung von Netzknoten. Netzknoten, die fehlerhaft sind, werden in ihrer Funktion eingeschränkt oder ganz vom Netzwerk abgekoppelt.
- Datenübertragung mit kurzer Fehler-Erholzeit
  Durch mehrere Fehlererkennungsmechanismen werden verfälschte Nachrichten mit großer Wahrscheinlichkeit erkannt. Wird ein Fehler erkannt, so wird die Nachrichtensendung automatisch wiederholt.

Im CAN-Bus sind mehrere Netzwerkteilnehmer über ein Buskabel miteinander verbunden. Jeder Netzwerkteil-nehmer kann Nachrichten senden und empfangen. Die Daten zwischen den Netzwerk-Teilnehmern werden seriell übertragen.

2.1.2 Beispiele für Netzwerkteilnehmer für CAN-Bus Geräte:

- Automatisierungsgeräte, z.B. SPS
- PCs
- Ein-/Ausgangsmodule
- Antriebssteuerungen

- Analysegeräte, z.B. ein CAN-Monitor
- Bedien- und Eingabegeräte als Mensch-Maschine Schnittstelle HMI (Human Machine Interfaces)
- Sensoren und Aktoren

2.2 CANopen

Unter technischer Leitung des Steinbeis Transferzentrums für Automatisierung wurde auf der Basis der Schicht 7 Spezifikation CAL (CAN-Application Layer) das CANopen-Profil entwickelt. Im Vergleich zu CAL sind in CANopen nur die für diesen Einsatz geeigneten Funktionen enthalten. CANopen stellt somit eine für die Anwendung optimierte Teilmenge von CAL dar und ermöglicht dadurch vereinfachten Systemaufbau und den Einsatz vereinfachter Geräte. CANopen ist optimiert für den schnellen Datenaustausch in Echtzeitsystemen.
Die Organisation CAN in Automation (CiA) ist zuständig für die geltenden Normen der entsprechenden Profile.
CANopen ermöglicht:. CANopen ermöglicht:

- Einfachen Zugriff auf alle Geräte- und Kommunikationsparameter
- Synchronisation von mehreren Geräten
- Automatische Konfiguration des Netzwerkes
- zyklischen und ereignisgesteuerten Prozessdatenverkehr

CANopen besteht aus vier Kommunikationsobjekten (COB) mit unterschiedlichen Eigenschaften:

- Prozess-Daten-Objekte für Echtzeitdaten (PDO)
- Service-Daten-Objekte für Parameter- und Programmübertragung (SDO)
- Netzwerk Management (NMT, Heartbeat)
- Vordefinierte Objekte (für Synchronisation, Notfallnachricht)

Alle Geräte- und Kommunikationsparameter sind in einem Objektverzeichnis gegliedert. Ein Objekt umfasst Name des Objekts, Daten-Typ, Anzahl Subindexe, Struktur der Parameter und die Adresse. Nach CiA ist dieses Objektverzeichnis in drei verschiedene Teile unterteilt: Kommunikationsprofil, Geräteprofil und ein herstellerspezifisches Profil (siehe Objektverzeichnis).

3 Kommunikationsprofil

Die Kommunikation zwischen den Netzwerkteilnehmern und dem Master (PC / Steuerung) erfolgt über Objektverzeichnisse und Objekte. Die Objekte werden über einen 16bit-Index adressiert. Das CANopen-Kommunikationsprofil DS 301 standardisiert die verschiedenen Kommunikationsobjekte. Dementsprechend werden sie in mehrere Gruppen unterteilt:

- Prozessdatenobjekte PDO (process data object) zur Echtzeitübertragung von Prozessdaten
- Servicedatenobjekte SDO (service data object) für den Schreib- und Lesezugriff auf das Objektverzeichnis
- Objekte zur Synchronisation und Fehleranzeige von CAN-Teilnehmern:
  - SYNC-Objekt (synchronisation object) zur Synchronisation von Netzwerkteilnehmern
  - EMCY-Objekt (emergency object) zur Fehleranzeige eines Gerätes oder seiner Peripherie
- Netzwerk-Management NMT (network management) zur Initialisierung und Netzwerksteuerung
- Layer Setting Services LSS zur Konfiguration mittels Seriennummer, Revisionsnummer usw. inmitten eines vorhandenen Netzwerks

4 CANopen Meldungsaufbau

Der erste Teil einer Meldung ist die COB-ID (Identifier).
Aufbau der 11-Bit COB ID:

Funktionscode				Node ID						
4-Bit Funktionscode				7-Bit Node ID						

Der Funktionscode gibt Aufschluss über die Art der Meldung und die Priorität.
Je niedrieger die COB-ID, desto höher die Priorität der Meldung.

Broadcast Meldungen:

Funktionscode	COB ID
NMT	0
SYNC	80h

Peer to peer Meldungen:

Funktionscode	COB ID
Emergency	80h + Node ID
PDO1 (tx)1)	180h + Node ID
PDO2 (tx)1)	280h + Node ID
SDO (tx)1)	580h + Node ID
SDO (rx)1)	600h + Node ID
Heartbeat	700h + Node ID
LSS (tx) 1)	7E4h
LSS (rx) 1)	7E5h

1): (tx) und (rx) aus der Sicht des Drehgebers

Die Node-ID kann über den CANopen-Bus zwischen 1 und 127 frei gewählt werden (wenn Drehschalter = 0).
Die Drehgeber werden mit Node-ID 1 ausgeliefert.
Eine Änderung erfolgt mit dem Service Daten Objekt 2101h oder über LSS.

Ein CAN-Telegramm besteht aus der COB-ID und bis zu 8 Byte Daten:

COB ID	DLC	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8
Xxx	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx

Die genauen Telegramme werden später noch ausführlich aufgeführt.

5 Servicedaten – Kommunikation (SDO)

Die Servicedatenobjekte entsprechen den Normen von CiA. Über Index und Subindex kann auf ein Objekt zugegriffen werden. Die Daten können angefordert oder gegebenenfalls ins Objekt geschrieben werden.

Allgemeines zu den SDO
Aufbau eines SDO-Telegramms:

COB ID	DLC	Command	Object L	Object H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3

Eine SDO-COB-ID setzt sich folgendermaßen zusammen:
Master -> Drehgeber : 600h + Node-ID
Drehgeber -> Master : 580h + Node-ID

DLC (Data length code) bezeichnet die Länge des Telegramms. Diese setzt sich wie folgt zusammen:
1 Byte Kommando + 2 Byte Objekt + 1 Byte Subindex + Anzahl Datenbyte (0..4).

Das Kommando-Byte legt fest, ob Daten gelesen oder gesetzt werden und um wie viele Datenbyte es sich handelt:

SDO Kommando	Beschreibung	Datenlänge	
22h	Download Request	Max. 4 Byte	Parameter and Drehgeber senden
23h	Download Request	4 byte	
2Bh	Download Request	2 byte	
2Fh	Download Request	1 byte	
60h	Download Response	-	Bestätigung der Übernahme an Master
40h	Upload Request	-	Parameter vom Drehgeber anfordern
42h	Upload Response	Max. 4 byte	Parameter an Master mit max. 4 Byte
43h	Upload Response	4 byte	
4Bh	Upload Response	2 byte	
4Fh	Upload Response	1 byte	
80h	Abort message	-	Drehgeber meldet Fehlercode an Master

Eine Abort Message zeigt einen Fehler in der CAN-Kommunikation an. Das SDO Kommando-Byte ist 80h. Objekt und Subindex sind die des gewünschten Objektes. Der Fehlercode wird in Byte 5..8 übertragen.

ID	DLC	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8
580h + Node ID	8	80h	Object L	Object H	Subindex	ErrByte 0	ErrByte 1	ErrByte 2	ErrByte 3

Byte 8..5 ergibt die SDP Abort Meldung (Byte 8 = MSB).
Folgende Meldungen werden unterstützt:
05040001h : Command Byte wird nicht unterstützt
06010000h : Falscher Zugriff auf ein Objekt
06010001h : Lesezugriff auf Write Only
06010002h : Schreibzugriff auf Read Only
06020000h : Objekt wird nicht unterstützt
06090011h : Subindex wird nicht unterstützt
06090030h : Wert außerhalb der Limite
06090031h : Wert zu groß
08000000h : Genereller Error
08000020h : Falsche Speichersignatur ("save")
08000021h : Daten können nicht gespeichert werden

5.1 Beispiele SDO

Anfrage eines Wertes vom Master beim Slave
Eine häufige Anfrage wird diejenige nach der Position sein => Objekt 6004h

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h+node ID	8	40h	04h	60h	0	x	x	x	x

Antwort des Slaves auf die Anfrage eines Wertes
Die Position ist 4 Byte lang, die genauen Werte sind unter Objekt 6004h zu finden.

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h+node ID	8	43h	04h	60h	0	a	b	c	d

Schreiben eines Wertes vom Master in den Slave
Position setzen kann mit Preset erfolgen. Æ Objekt 6003h

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h+node ID	8	22h	03h	60h	0	a	b	c	d

Antwort des Slaves auf das Schreiben eines Wertes

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h+node ID	8	60h	03h	60h	0	0	0	0	0

6 Prozessdaten - Kommunikation (PDO)

Prozessdatenobjekte dienen dem Echtzeit-Datenaustausch für Prozessdaten wie zum Beispiel die Position oder den Betriebsstatus. PDO's können synchron oder zyklisch (asynchron) gesendet werden. Der Drehgeber unterstützt das PDO1 und das PDO2. Beide PDO's liefern die aktuelle Position des Drehgebers und sind in den Objekten 1800h, 1801h, 1A00h, 1A01, 2800h, 2801h und 6200h festgelegt.

6.1 Synchron

Um die Prozessdaten synchron zu senden, muss im Objekt 1800h bzw. 1801h Subindex 2 ein Wert zwischen 1 und F0h (=240) eingeschrieben werden. Wenn nun der Wert 3 beträgt, wird das PDO auf jedes dritte Sync-Telegramm gesendet (beim Wert 1 wird auf jedes Sync-Telegramm gesendet), solange im Objekt 2800h bzw. 2801h ein 0 eingeschrieben ist. Ist dort zum Beispiel eine 5 eingeschrieben, wird das PDO nach wie vor auf jedes dritte Sync-Telegramm geschrieben, insgesamt aber nur 5 mal. Dem entsprechend folgt auf das 15. Sync-Telegramm das letzte PDO. Der Zähler für die Anzahl der zu übertragenden PDO´s wird bei einer Positionsänderung oder das NMT-Reset zurückgesetzt. D.h. die Position wird, falls sie sich nicht ändert, 5 mal gesendet. Ändert sich die Position, wird sie wieder 5 mal gesendet.

Byte 0	Byte 1
COB ID = 80	0

6.2 Zyklisch (Asynchron)

Sollen die PDO's zyklisch gesendet werden, muss ins Objekt 1800h bzw. 1801h Subindex 2 der Wert FEh geschrieben werden. Zusätzlich muss im gleichen Objekt Subindex 5 die Zykluszeit in Millisekunden eingetragen werden. Die eingeschriebene Zeit wird auf 1ms aufgerundet. Wird der Wert 0ms gespeichert, werden die PDO's nicht gesendet. Die Funktion ist ausgeschaltet.

7 Emergency - Dienst

Interne Gerätefehler oder Busprobleme lösen eine Emergency-Meldung aus:

COB ID	DLC	Byte0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
80h+node ID	8	Error code	Error register		Herstellerspezifisch /Beschreibung siehe Handbuch				

Byte 0..1: Error codes

Error Code (hex)	Beschreibung
0000	Error reset or no error
1000	Generic error
5530	EEPROM error
6010	Software reset (Watchdog)
7320	Position error
7510	Internal communication error
8130	Life Guard error or Heartbeat error
FF00	Battery charge to low

Byte 2: Error register
Bits des Error Registers sind in den Geräteprofilen definiert.

8 Netzwerkmanagement - Dienste

Das Netzwerkmanagement kann in zwei Gruppen unterteilt werden:
Mit den NMT-Diensten für die Gerätekontrolle können die Busteilnehmer initialisiert, gestartet und gestoppt werden.
Zusätzlich gibt es die NMT-Dienste zur Verbindungsüberwachung.

8.1 Beschreibung der NMT- Kommandos

Die Kommandos werden als unbestätigte Objekte übertragen und sind folgendermaßen aufgebaut:

Byte 0	Byte 1	Byte 2
COB ID = 0	Kommando Byte	Knoten Nummer

Die COB ID für NMT Kommandos ist immer Null. Die Node-ID wird in Byte 2 des NMT-Kommandos übertragen.

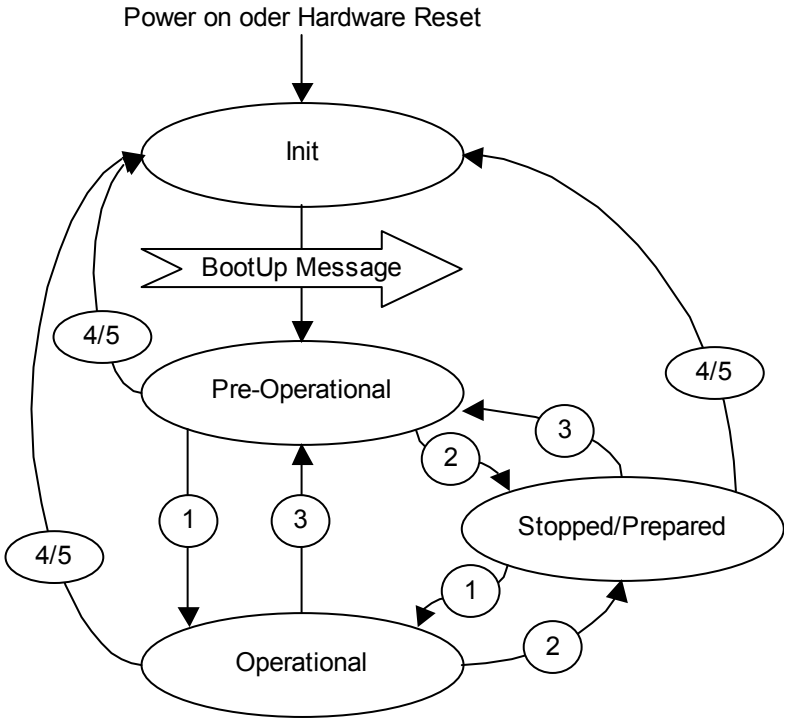
8.2 Kommando-Byte

Kommando Byte	Beschreibung	In State Event Zeichnung
01h	Start remote node	1
02h	Stop remote node	2
80h	Enter pre-operational mode	3
81h, 82h	Reset remote node	4, 5

Die Knotennummer entspricht der Node-ID des gewünschten Teilnehmers. Mit Knotennummer = 0 werden alle Teilnehmer angesprochen.

8.3 NMT State Event

Nach dem Initialisieren ist der Drehgeber im Pre-Operational Mode. In diesem Zustand können SDO Parameter gelesen und geschrieben werden. Um PDO Parameter anzufordern, muss der Drehgeber zuerst in den Zustand Operational Mode gefahren werden.



8.4 Die verschiedenen NMT Zustände

8.4.1 Init

Nach dem Initialisieren meldet sich der Drehgeber mit einer BootUp Meldung am CAN-Bus. Danach geht der Drehgeber automatisch in den Zustand PreOperational Mode über.

Die COB-ID der BootUp Meldung setzt sich aus 700h und der Node-ID zusammen.

COB ID	Byte 0
700h + node ID	00

8.4.2 Pre-Operational Mode

Im Pre-Operational Mode können SDO gelesen und geschrieben werden.

8.4.3 Operational Mode

Im Zustand Operational Mode sendet der Drehgeber die gewünschten PDOs. Ferner können SDO gelesen und geschrieben werden.

8.4.4 Stopped oder Prepared Mode

Im Stopped Mode ist nur NMT Kommunikation möglich. Es können keine SDO Parameter gelesen oder gesetzt werden. LSS ist nur im Stopped Mode möglich.

8.5 Zustandswechsel

8.5.1 Start Remote Node (1)

Mit dem Startbefehl wird der Drehgeber in den Zustand Operational Mode versetzt.

COB ID	Kommando Byte	Knoten Nummer
0	1h	0..127

8.5.2 Stop Remote Node (2)

Mit dem Stoppbefehl wird der Drehgeber in den Zustand Stopped oder Prepared Mode versetzt.

COB ID	Kommando Byte	Knoten Nummer
0	2h	0..127

8.5.3 Enter Pre-Operational Mode (3)

Wechsle in den Zustand Pre-Operational Mode.

COB ID	Kommando Byte	Knoten Nummer
0	80h	0..127

8.5.4 Reset Remote Node (4)

Mit dem Reset-Befehl wird der Drehgeber neu initialisiert.
Reset Remote Node (4):

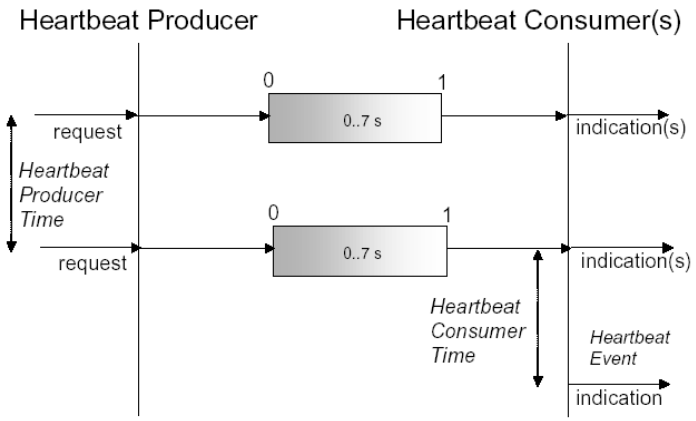
COB ID	Kommando Byte	Knoten Nummer
0	81h	0..127

8.5.5 Reset Kommunikation (5)

Mit dem Reset-Befehl wird der Drehgeber neu initialisiert.
Reset Communication (5):

COB ID	Kommando Byte	Knoten Nummer
0	82h	0..127

9 Heartbeat Protokoll



Ein „Hearbeat-Producer“ produziert zyklisch eine Hearbeat-Meldung. Das entsprechende Zyklusintervall wird im Heartbeat Producer Time Object definiert. Ein oder mehrere „Heartbeat-Consumer“ können diese Heartbeat Meldung empfangen. Die wechselseitige Beziehung zwischen Producer und Consumer kann durch entsprechende Einträge im Objektverzeichnis konfiguriert werden. Der Heartbeat-Consumer überwacht den Empfang der Heartbeat Meldung innerhalb des Heartbeat Consumer Intervalls. Sollte die Heartbeat-Meldung innerhalb dieser Zeit ausbleiben, wird ein Heartbeat Event ausgelöst "Communication error object 1029h-1h".

Beispiel eines Heartbeat Protokolls:

COB-ID	Data/Remote	Byte 0
701h	d	7Fh (127d)

Die Heartbeat-Meldungen bestehen aus der COB-ID und einem Byte. In diesem Byte wird der NMT-Zustand überliefert.

0: BootUp-Event
4: Stopped
5: Operational
127: Pre-operational

Bedeutung: Der Drehgeber befindet sich im Pre-Operational Modus (7Fh = 127).

10 Layer Setting Services

Im Frühling 2000 wurde von CiA ein neues Protokoll entworfen, um ein einheitliches Auftreten zu gewährleisten. Beschrieben ist das Vorgehen unter Layer Setting Services and Protokoll, CiA Draft Standard Proposal 305 (LSS).
Der Drehgeber wird von uns standardmäßig mit der Node-ID 1 und der Baudrate 50 kBaud ausgeliefert. Es können mehrere Drehgeber mit der selben Node-ID an das Bussystem angeschlossen werden. Um nun die einzelnen Drehgeber ansprechen zu können, wird LSS verwendet.
Jeder Drehgeber besitzt eine eindeutige Seriennummer und wird über diese Nummer angesprochen. Also können beliebig viele Drehgeber mit gleicher Node-ID an ein Bussystem angeschlossen werden und dann über LSS initialisiert werden. Es können sowohl die Node-ID als auch die Baudrate neu gesetzt werden. LSS kann nur im Stopped Mode ausgeführt werden.

10.1 Meldungsaufbau

COB ID:
Master -> Slave : 2021 = 7E5h
Master <- Slave : 2020 = 7E4h
Nach der COB ID wird ein LSS command specifier gesendet.
Danach werden bis zu sieben Datenbyte angehängt.

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
COB ID	<->	Cmd							

10.2 Kommandos

10.2.1 Switch Mode Global

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	04h	Mode	Reserved					

Modus : 0 Betriebsmodus
1 Konfigurationsmodus

10.2.2 Switch Mode Selektiv

Mit folgendem Ablauf kann ein ganz bestimmter Drehgeber im Bussystem angesprochen werden.

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	40h	Vendor ID				reserved		
7E5h	->	41h	Product code				reserved		
7E5h	->	42h	Revision number				reserved		
7E5h	->	43h	Serial number				reserved		
7E4h	<-	44h	Mode	reserved					

Vendor ID: 5Fh
Product code: Interner Produkt-Code für den jeweiligen Drehgeber
Revision number: Aktuelle Revisionsnummer des Drehgebers
Serial number: Eindeutige, fortlaufende Seriennummer
Mode: Der Drehgeber antwortet mit dem neuen Modus (0=Betriebsmodus; 1=Konfigurationsmodus)

10.2.3 Teilnehmeradresse (Node- ID) setzen

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	11h	Node ID	reserved					
7E4h	<-	11h	ErrCode	Spec error					

Node ID : Die neue Node-ID des Drehgebers
Error code : 0=OK; 1=Node ID außerhalb des Bereiches; 2..254=reserviert; 255: Specific error
Specific error : Falls Error code = 255 => Applikationsspezifischer Error Code.

10.2.4 BitTiming setzen

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	13h	TableSel	TableInd	reserved				
7E4h	<-	13h	ErrCode	SpecError	reserved				

TableSel : Selektiert die BitTiming Tabelle 0 : Standard CiA Bit Timing Tabelle
1..127 : Reserviert für CiA
128..255 : Herstellerspezifische Tabellen
TableInd : BitTiming Eintrag in selektierter Tabelle (siehe Tabelle unten).
ErrorCode : 0=OK; 1=BitTiming außerhalb des Bereiches; 2..254=reserved; 255ÆSpecificError
SpecificError : Falls ErrorCode=255 => Applikationsspezifischer Error Code.

Standard CiA Tabelle

Baudrate	Tabellen Index
1000 kBaud	0
800 kBaud	1
500 kBaud	2
250 kBaud	3
125 kBaud	4
100 kBaud	5
50 kBaud	6
20 kBaud	7
10 kBaud	8

10.2.5 Speichern des Konfigurationsprotokolls

Dieses Protokoll speichert die Konfigurationsparameter im EEPROM.

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	17h	reserved						
7E4h	<-	17h	ErrCode	SpecError	reserved				

Error code : 0=OK;1=Speichern nicht unterstützt;2=Zugriffsfehler; 3..254=reserviert; 255 Specific error
SpecificError : Falls ErrorCode=255 => Applikationsspezifischer Error Code.

10.2.6 Aktiviere BitTiming Parameter

Die neuen BitTiming Parameter werden mit dem Command Specifier 21 aktiviert.

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	15h	Switch delay		reserved				

Switch Delay : Verzögerung des Resets im Slave in ms.
Nach der Verzögerungszeit meldet sich der Drehgeber mit der neuen Baudrate an.

10.2.7 Vendor ID anfordern

Vendor ID eines selektierten Drehgebers anfordern

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	5Ah	reserved						
7E4h	<-	5Ah	Vendor ID				reserved		

Vendor ID : = 5Fh

10.2.8 Produkt-Code anfordern

Produkt-Code eines selektierten Drehgebers anfordern

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	5Bh	reserved						
7E4h	<-	5Bh	Product code				reserved		

Produkt-Code : Herstellerabhängiger Produkt Code

10.2.9 Revisionsnummer anfordern

Revisionsnummer eines selektierten Drehgebers anfordern

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	5Ch	reserved						
7E4h	<-	5Ch	Revision number				reserved		

Revisionsnummer : aktuelle Revision

10.2.10 Seriennummer anfordern

Seriennummer eines selektierten Drehgebers anfordern

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	5Dh	reserved						
7E4h	<-	5Dh	Serial number				reserved		

Seriennummer : eindeutige fortlaufende Seriennummer des Drehgebers

10.2.11 Bereichsanfrage

Drehgeber können auch in einem gewissen Bereich gesucht werden. Hierzu werden folgende Objekte nacheinander versandt:

COB ID	Dir	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
7E5h	->	46h	Vendor ID				reserved		
7E5h	->	47h	Product code				reserved		
7E5h	->	48h	Revision number Low				reserved		
7E5h	->	49h	Revision number High				reserved		
7E5h	->	4Ah	Serial number Low				reserved		
7E5h	->	4Bh	Serial number High				reserved		

Jeder Drehgeber mit den entsprechenden Parametern meldet sich mit folgender Meldung:

7E4h	<-	4Fh	reserved						

11 Diagnose und Wissenswertes

11.1 Fehlerdiagnose in der Feldbus-Kommunikation

- Falls der Drehgeber über den CANopen-Bus nicht angesprochen werden kann, sollten Sie als erstes die Anschlüsse überprüfen.
- Sind die Anschlüsse in Ordnung, sollte als nächstes der Feldbusbetrieb getestet werden. Dazu wird ein CAN-Monitor benötigt, welcher die CANopen-Kommunikation aufzeichnet und die Telegramme darstellt.
- Nun sollte der Drehgeber beim Aus- und wieder Einschalten der Spannungsversorgung eine BootUp-Message absetzen.
- Sollte keine BootUp-Meldung erscheinen, prüfen Sie, ob die Baudraten des Drehgebers, des CAN-
- Monitors und des Bussystems übereinstimmen.
- • Wenn Sie Schwierigkeiten haben die Verbindung zu einem Teilnehmer aufzunehmen, prüfen Sie die Knotennummer und die Baudrate.
- Die Baudrate muss überall gleich eingestellt werden. Die Knotennummer (Node-ID, Knotenadresse) muss zwischen 1 und 127 liegen. Jeder Busteilnehmer muss eindeutig mit einer Node-ID definiert werden,d.h. es darf auf keinen Fall mehrere Male dieselbe NodeID zugeordnet werden.
- Node-ID und Baudrate können auch bequem über den LSS-Dienst eingestellt werden.

11.2 Fehlerdiagnose über Feldbus

Der Drehgeber verfügt über mehrere Objekte und Meldungen, welche den Status oder Fehlerzustände des Drehgebers umschreiben:

• Objekt 1001h: Dieses Objekt ist ein Error-Register für den Fehlerzustand des Gerätes.
• Objekt 1003h: In diesem Objekt werden die letzten acht Fehlercodes und Warnungen gespeichert.
• Objekt Emergency (80h + Node-ID): Hochpriore Fehlermeldung eines Teilnehmers mit Error code und Error Register.
• SDO Abort Message: Falls die SDO-Kommunikation nicht korrekt abläuft, enthält die SDO-Antwort einen Abort Code.

11.2.1 Object 1001h Error Register

In diesem Register wird das Vorliegen eines Gerätefehlers sowie dessen Art angezeigt.
Bit 0: Genereller Fehler (Generic Error)
Die verbleibenden Bits werden vom Geber nicht unterstützt.

11.2.2 Object 1003h Vordefiniertes Error Field

In diesem Objekt werden die acht zuletzt aufgetretenen Error Codes aus den Objekten 6503h und 6505h gespeichert, wobei der letzte Error im Subindex1 und der älteste Error unter Subindex8 eingetragen ist.

11.2.3 Object Emergency

Fehlermeldung eines Teilnehmers.

11.3 SDO Abort Message

If SDO communication is not running smoothly, an abort code is transmitted as the SDO response:

Code	Beschreibung
05040001h	Kommando Byte wird nicht unterstützt
06010000h	Falscher Zugriff auf ein Objekt
06010001h	Lesezugriff auf Write Only
06010002h	Schreibzugriff auf Read Only
06020000h	Objekt wird nicht unterstützt
06090011h	Subindex wird nicht unterstützt
06090030h	Wert außerhalb der Limits
06090031h	Wert zu groß
08000000h	Genereller Fehler
08000020h	Falsche Speichersignatur ("save")
08000021h	Daten können nicht gespeichert werden

Anhang

A. Applikationen

A.1 Objekte setzen und lesen

Um ein Objekt (SDO) zu überschreiben oder zu lesen müssen immer zwei Telegramme gesendet werden.

A.1.1 Objekt setzen

Zuerst sendet der Master den zu setzenden Wert. Anschließend sendet der Drehgeber die Bestätigung.

Wert (ba) wird gesendet:

COB ID	DLC	Kommando	Object L	Object H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h+node ID	8	2Bh	00h	23h	3h	a	b	x	x

Bestätigung:

COB ID	DLC	Kommando	Object L	Object H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h+node ID	8	60h	00h	23h	3h	0	0	0	0

A.1.2 Objekt lesen

Zuerst fordert der Master das gewünschte Objekt mit einer Anfrage an. Im Anschluss daran übermittelt der Drehgeber den angeforderten Wert.

Anfrage des Masters:

COB ID	DLC	Kommando	Object L	Object H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h+node ID	8	40h	04h	60h	0h	x	x	x	x

Antwort (dcba) des Drehgebers auf die Anfrage:

COB ID	DLC	Kommando	Object L	Object H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h+node ID	8	43h	04h	60h	0h	a	b	c	d

A.2 Inbetriebnahme

Wenn der Drehgeber an den Bus angeschlossen wird, meldet er sich mit einer BootUp-Meldung. Nun muss der Drehgeber an seine Umgebung angepasst und konfiguriert werden.
Node-ID und Baudrate ändern mit LSS
Node-ID und Baudrate können geändert werden, ohne den Drehgeber über diese ansprechen zu müssen. Mit dem LSS-Dienst werden die Sensoren über Produkt-Code, Revisionsnummer, VendorID und Seriennummer angesprochen und konfiguriert.

A.3 Teilnehmeradresse (Node ID) ändern

Die Node-ID kann im Objekt 2101h zwischen 1 und 127 geändert werden. Anschließend sollte ein Speichervorgang mittels Objekt 1010h durchgeführt werden. Beim nächsten Initialisieren meldet sich der Drehgeber mit der neuen Node-ID an.

A.4 Baudrate ändern

Die Baudrate kan im Objekt 2100h geändert wren. Es wird ein Index ins Objekt geschrieben, nicht die effektive Baudrate:

Index	Baudrate
0	10 kBaud
1	20 kBaud
2	50 kBaud
3	100 kBaud
4	125 kBaud
5	250 kBaud
6	500 kBaud
7	800 kBaud
8	1000 kBaud

Nun muss die Baudratge noch über Objekt 1010-1 gespeichert werfden. Beim nächsten Initialisieren meldet sich der Drehgeber auf der neuen Baudrate an. Vorher sollte jedoch auch die Baudrate des Masters geändert werden.

A.5 Einstellungen ins EEPROM speichern

Über das Objekt 1010h wird das Speichern untenstehender Objekte in den nichtflüchtigen Speicher (EEPROM) ausgelöst. Um ein unabsichtliches Speichern zu verhindern, muss die Signatur “Save” in Subindex 1 geschrieben werden.

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h+node ID	8	23h	10h	10h	01h	73 's’	61 'a’	76 'v’	65 'e’

Confirmation:

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h+node ID	8	60h	10h	10h	01h	0	0	0	0

B. Betrieb

B.1 NMT-Zustände

Nachdem der Drehgeber initialisiert wurde, befindet er sich im Pre-Operational Mode. In diesem Zustand können SDO gelesen und geschrieben werden.

Um die PDO-Kommunikation noch zu starten, müssen Sie einen NMT-Start senden. Dann befindet sich der Drehgeber im Operational Mode. Nun werden gewünschte PDO's gesendet. Zudem können SDO gelesen und geschrieben werden.
Wenn der Drehgeber mit einem NMT-Stop gestoppt wird, befindet sich der Drehgeber im Stopped Mode. In diesem Zustand ist nur noch NMT-Kommunikation möglich, also auch Heartbeat.
Durch einen NMT-Reset wird der Drehgeber wieder initialisiert und befindet sich erneut im Pre-Operational Mode.

B.2 Position lesen

Anfrage vom Master:

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
600h+node ID	8	40h	04h	60h	0	0	0	0	0

Antwort (dcba) des Drehgebers auf die Anfrage:

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1	Data 2	Data 3
580h+node ID	8	43h	04h	60h	0	a	b	c	d

B.3 Heartbeat Time setzen

Um die Kommunikationsfähigkeit zu überwachen muss im Objekt 1017h "Producer Heartbeat Time" die Zeit des Herzschlages definiert werden. Sobald der Wert bestätigt wurde, beginnt der Dienst zu senden. Beispiel: Alle 100ms soll der Drehgeber einen Heartbeat senden (100 = 64h):

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1
600h+node ID	8	2Bh	17h	10h	0h	64h	0h

Bestätigung:

COB ID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	Subindex	Data 0	Data 1
580h+node ID	8	60h	17h	10h	0h	0	0

COB ID	Data/ Remote	Byte 0
701h	d	7Fh

Die Heartbeat-Meldungen bestehen aus der COB ID und einem Byte. In diesem Byte wird der NMT-Zustand überliefert.

0: BootUp-Event
4: Stopped
5: Operational
127: Pre-operational

d.h. der Drehgeber befindet sich im Pre-Operational Modus (7Fh = 127).

C. Anschlussbelegung und Inbetriebnahme

C.1 Mechanischer Anbau

C.1.1 Wellen-Drehgeber

- Wellen-Drehgeber
- • Drehgebergehäuse an den Befestigungsbohrungen flanschseitig mit drei Schrauben (quadratischer
- Flansch mit 4 Schrauben) montieren. Gewindedurchmesser und Gewindetiefe beachten.
- Alternativ kann der Drehgeber mit Befestigungsexzentern in jeder Winkelposition montiert werden, siehe Zubehör.
- Antriebswelle und Drehgeberwelle über eine geeignete Kupplung verbinden. Die Wellenenden dürfen sich nicht berühren. Die Kupplung muss Verschiebungen durch Temperatur und mechanisches Spiel ausgleichen. Zulässige axiale oder radiale Achsbelastung beachten. Geeignete Verbindungen siehe Zubehör.
- Befestigungsschrauben fest anziehen.

C.1.2 Hohlwellen/Endwellen-Drehgeber

- Klemmringbefestigung
- Drehgeber auf die Antriebswelle vollständig aufstecken und den Klemmring fest anziehen.
- Drehmomentstift des Drehgebers
- Drehgeber über die Antriebswelle schieben und Drehmomentstift in das kundenseitige Justierelement einführen.
- Justierteil mit Gummifederelement
- Drehgeber über die Antriebswelle schieben und Zylinderstift in das kundenseitig montierte Justierteil (mit Gummifederelement) einführen.
- • Justierwinkel

- Drehgeber über die Antriebswelle schieben. Justierwinkel in Gummifederelement des Drehgebers
- einführen und den Justierwinkel kundenseitig an der Anlagefläche befestigen.
- Ansatzschraube
- Drehgeber über die Antriebswelle schieben und kundenseitig montierte Ansatzschraube in Gummifederelement des Drehgebers einführen.
- Kupplungsfeder
- Kupplungsfeder mit den Schrauben an den Befestigungslöchern des Drehgeber-Gehäuses montieren.
- Drehgeber über die Antriebswelle schieben und Kupplungsfeder an der Anlagefläche befestigen.

C.2 Elektrischer Anschluss

Bushaube ausschließlich im ESD Beutel lagern und transportieren. Bushaube muss vollständig am Gehäuse anliegen und fest verschraubt sein.
Zum elektrischen Anschluss Bushaube folgendermaßen abziehen:
• Befestigungsschrauben der Bushaube lösen
• Bushaube vorsichtig lockern und axial abziehen

D. Anschluss und Inbetriebnahme über die integrierte Feldbus-Schnittstelle

D.1.1 Einstellen der Teilnehmeradresse (Node ID) und Baudrate

Die Teilnehmeradresse kann nur über die Software geändert werden. Dazu wird die neue Node ID in Objekt 2101h geschrieben. Weitere Informationen siehe Objektbeschreibung.

Beispiel: Setze Teilnehmeradresse (Node ID) auf 23h:

COBID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	subindex	data 0	data 1	data 2	data 3
600h+node-ID	8	2Fh	01h	21h	0h	23h	Xx	Xx	Xx

Bestätigung:

COBID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	subindex	data 0	data 1	data 2	data 3
580h+node-ID	8	60h	01h	21h	0h	0h	0h	0h	0h

Die Baudrate kann nur über die Software geändert werden. Dazu wird der entsprechende Index für die jeweilige effektive Baudrate in Objekt 2100h geschrieben. Weitere Informationen siehe Objektbeschreibung.

Beispiel: Setze Baudrate auf 250 kbit/s (5h):

COBID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	subindex	data 0	data 1	data 2	data 3
600h+ node-ID	8	2Fh	00h	21h	0h	05h	Xx	Xx	Xx

Bestätigung:

COBID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	subindex	data 0	data 1	data 2	data 3
580h+ node-ID	8	60h	00h	21h	0h	0h	0h	0h	0h

Für eine nichtflüchtige Speicherung der Einstellungen muss die Signatur “save” in Subindex 1 des Objekts 1010h geschrieben werden. Weitere Informationen siehe Objektbeschreibung.

COBID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	subindex	data 0	data 1	data 2	data 3
600h+ node-ID	8	23h	10h	10h	01h	73 's’	61 'a’	76 'v’	65 'e’

Bestätigung:

COBID	DLC	Kommando	Objekt L	Objekt H	subindex	data 0	data 1	data 2	data 3
580h+ node-ID	8	60h	10h	10h	01h	0h	0h	0h	0h

Die neue Teilnehmeradresse oder Baudrate wird nach der nächsten Initialisierung wirksam. Bitte beachten Sie, dass die Baudrate des Masters entsprechend angepasst werden muss.

E. Abschlusswiderstand

Um eine optimale Bus-Kommunikation auf einer Baudrate bis zu 1 Mbit/s zu gewährleisten, muss sowohl das erste als auch das letzte Gerät in der Busleitung mit einem Widerstand abgeschlossen werden (120 Ohm, ¼ W).