

## NHQ x4xx

# NIM Hochspannungsquelle der Baureihe NHQ HIGH PRECISION CAN - Interface

## Bedienungsanleitung

### Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines
2. Technische Daten
3. Funktionsweise
4. Frontplatte
5. Bedienung
6. Kommunikation über Interface
  - 6.1 Gerätesteuerprotokoll GSP
  - 6.2 Funktionsumfang
  - 6.3 Übersicht der verwendeten Datagramme
  - 6.4 Detailbeschreibung der Befehle
  - 6.5 Implementierung im CAN - Bus
  - 6.6 Speicherung der Moduladresse im EEPROM
  - 6.7. Rücksetzen des Moduls
  - 6.8 Software
  - 6.9 Beispielprogramm
- Anhang A: Blockschaltbild
- Anhang B: Seitenansicht

### Achtung!

- Das Gerät darf nur mit geschlossener Abdeckhaube betrieben werden.
- Wir lehnen jede Haftung für Schäden und deren Folgen, die beim unsachgemäßen Einsatz unserer Geräte entstehen können, ab. Deshalb sollte diese Bedienungsanleitung vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam gelesen werden!

### Bemerkung

Änderungen dieser Bedienungsanleitung sind jederzeit ohne Mitteilungspflicht möglich. Für Fehler in dieser Beschreibung wird keine Haftung übernommen. Alle Rechte und technische Änderungen vorbehalten!

Filename NHQx4x\_311\_deu.\_\_\_\_; Version 3.11 vom 30.06.2004

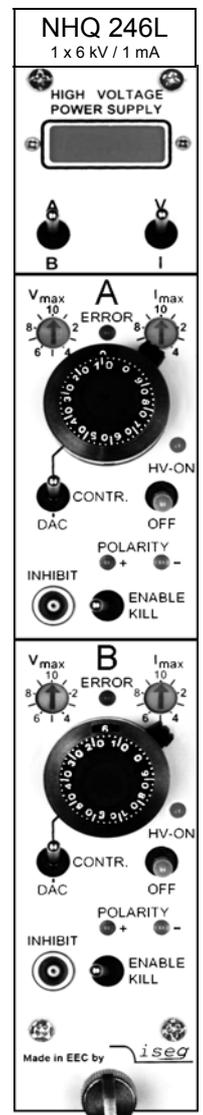
## 1. Allgemeines

Die Modelle der Baureihe NHQ x4xx sind Präzisions-Hochspannungsquellen im NIM-Format. Sie sind nur einen NIM-Steckplatz breit und können sowohl manuell bedient, als auch über ein CAN-Bus-Interface gemäß Spezifikation 2.0 A von einem Computer gesteuert werden. Bei Betrieb über die Schnittstelle stehen ein größerer Funktionsumfang und die, gegenüber der Baureihe STANDARD, hochauflösenden Steuerparameter und Messwerte zur Verfügung.

Die Hochspannungsquelle zeichnet sich durch eine hohe Präzision der Ausgangsspannung mit sehr geringer Restwelligkeit, auch bei vollem Ausgangsstrom, aus. Ein separat einstellbares Strom- und Spannungslimit, sowie ein INHIBIT-Eingang gewährleisten die Sicherheit beim Anschluss empfindlicher Geräte. Zusätzlich lässt sich der maximal zulässige Ausgangsstrom pro Kanal programmieren. Die HV-Quelle ist überlast- und kurzschlussfest, die Polarität lässt sich umschalten. HV-GND ist verbunden mit dem Gehäuse und GND der Versorgung.

## 2. Technische Daten

Einkanal-HV-Quelle	NHQ	142M	143M	144M	145M	146L
Zweikanal-HV-Quelle	NHQ	242M	243M	244M	245M	246L
Ausgangsspannung $U_A$ [kV]		0 bis	0 bis 3	0 bis 4	0 bis 5	0 bis 6
Ausgangsstrom pro Kanal $I_A$ [mA]		0 bis 6	0 bis 4	0 bis 3	0 bis 2	0 bis 1
Restwelligkeit		max. 2 mV <sub>SS</sub>			max. 5 mV <sub>SS</sub>	
Stabilität	$\Delta U_A$ (Leerlauf/Volllast)	$< 5 * 10^{-5}$				
	$\Delta U_A / \Delta U_{IN}$	$< 3 * 10^{-5}$				
Temperaturkoeffizient		$< 3 * 10^{-5} / K$				
Auflösung der Spannungseinstellung	via Interface	100 mV, mit <b>Option VHR</b> für $U_{Amax} \leq 4kV$ : 30 mV ; $U_{Amax} > 4kV$ : 80 mV				
	manuell	1 V				
Auflösung der Spannungsmessung	via Interface	100 mV, mit <b>Option VHR</b> : 10 mV				
	Display	1 V				
Auflösung der Strommessung		mit <b>Option:</b>		<b>2MM/A</b>	<b>2Mx und 0n1</b>	
	Bereich (MB <sub>I</sub> )	I=1: $I_{Amax}$	I=1; 2: 100 $\mu A$	I=1; 2: 10 $\mu A$		
	via Interface	100 nA	1 nA	100 pA		
	Display	1 $\mu A$	10 nA	1 nA		
Messfehler Strommessung		$\pm (0,1\% * I_A + 0,05\% * MB_I)$ für ein Jahr				
Messfehler Spannungsmessung		$\pm (0,05\% * U_A + 0,02\% * U_{Amax})$ für ein Jahr				
Spannungseinstellung	CONTROL Schalter:	nach oben	10 - Gang Potentiometer			
		nach unten (DAC):	Steuerung über Interface			
Spannungsänderungsgeschwindigkeit	HV -ON/OFF	Hardware Rampe: 500 ( <b>opt. bis 2600</b> ) V/s				
	Interface	Software Rampe: 0,1 - 255 ( <b>opt. bis 2500</b> ) V/s				
Schutzeinrichtungen		- separat schaltbares Strom- und Spannungslimit (Hardware, Drehschalter in 10%-Schritten), - INHIBIT (externes Signal, TTL-Pegel, Low=aktiv), - programmierbares Stromlimit (Software)				
Versorgungsspannungen $U_{IN}$		$\pm 24 V$ (< 800 mA, Einkanal < 400 mA), $\pm 6 V$ (< 100 mA), mit <b>Option N24</b> : nur $\pm 24 V$				
Gehäuse		NIM Standard Gehäuse: NIM 1/12				
Steckverbinder		NIM: 5-polig, INHIBIT: 1-polige Lemo-Buchse, Interface: D-Sub 9 Buchse, HV-Ausgang: SHV-Einbaustecker auf Rückseite				
Betriebstemperaturbereich		0 ... +50 °C				
Lagertemperaturbereich		-20 ... +60 °C				



Die realisierten **Optionen** sind auf einem Aufkleber an der Rückseite des Gerätes gekennzeichnet.

### 3. Funktionsweise

Die Funktionsweise des Gerätes wird an Hand des Blockschaltbildes im Anhang A erklärt.

#### Hochspannungserzeugung

Zur Hochspannungserzeugung wird eine patentierte Resonanzwandlerschaltung eingesetzt, die mit einem hohen Wirkungsgrad eine oberwellenarme, sinusförmige Spannung am HV-Transformator erzeugt.

Die Hochspannung wird durch schnelle HV-Dioden gleichgerichtet. Mittels eines am Gleichrichter angeschlossenen Hochspannungsschalters kann die gewünschte Polarität der Ausgangsspannung gewählt werden.

Ein nachfolgender aktiver HV-Filter dämpft die noch vorhandene Restwelligkeit und gewährleistet die Einhaltung der geringen Ripple- und Noise-Werte sowie die hohe Stabilität der Ausgangsspannung. Ein im Filter integrierter Shuntwiderstand liefert die Messsignale zur Strommessung und Maximalstromüberwachung. Ebenfalls in den HV-Filter integriert ist ein Präzisionsspannungsteiler zur Gewinnung des Istwertes der Ausgangsspannung sowie ein zusätzlicher Spannungsteiler, der das Messsignal für die Maximalspannungsüberwachung liefert.

In einem Präzisionsmess- und -regelverstärker wird der Istwert der Ausgangsspannung mit dem vom DAC (Rechnersteuerung) oder dem Wendelpotentiometer (Handsteuerung) vorgegebenen Sollwert verglichen. Als Ergebnis des Vergleiches werden Signale zur Steuerung des Resonanzwandlers sowie des aktiven HV-Filters gewonnen. Durch diese zweistufige Auslegung der Regelschaltung wird die Ausgangsspannung mit außerordentlicher Präzision auf den entsprechenden Sollwert stabilisiert.

Beim Ein- oder Ausschalten der Hochspannung erfolgt die Spannungsänderung immer mit einer festeingestellten Rampe, die die maximale Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung festlegt.

Separate Sicherheitsschaltungen verhindern ein Überschreiten der an der Frontplatte per Hardwareschalter einstellbaren Strom- ( $I_{max}$ ) und Spannungslimits ( $V_{max}$ ). Eine weitere Überwachungsschaltung verhindert Fehlfunktionen infolge zu niedriger Betriebsspannungen.

Die Fehlerlogik verknüpft die erkannten internen Fehler mit dem externen Fehlersignal INHIBIT und beeinflusst die Ausgangsspannung entsprechend.

Sie ermöglicht ebenfalls das Erkennen kurzzeitiger Überströme infolge einzelner Hochspannungsüberschläge.

#### Digitale Steuerung

Ein Mikrocontroller übernimmt alle internen Steuer-, Auswertungs- und Kalibrierfunktionen für beide Kanäle.

Die aktuellen Spannungs- und Stromwerte werden zyklisch von einem AD-Wandler mit angeschlossenen Multiplexer gelesen, verarbeitet und auf einem 4-stelligen LCD-Display dargestellt.

Die eingestellten Spannungs- und Stromlimits sowie die Statusinformationen werden ebenfalls mehrmals pro Sekunde gelesen.

Die Referenzspannungsquelle versorgt den AD-Wandler mit einer präzisen Referenzspannung und dient zur Erzeugung der Steuerspannung bei manueller Steuerung.

Bei Steuerung über die serielle Schnittstelle wird die Steuerspannung durch einen 18 Bit DA-Wandler erzeugt.

#### Filter

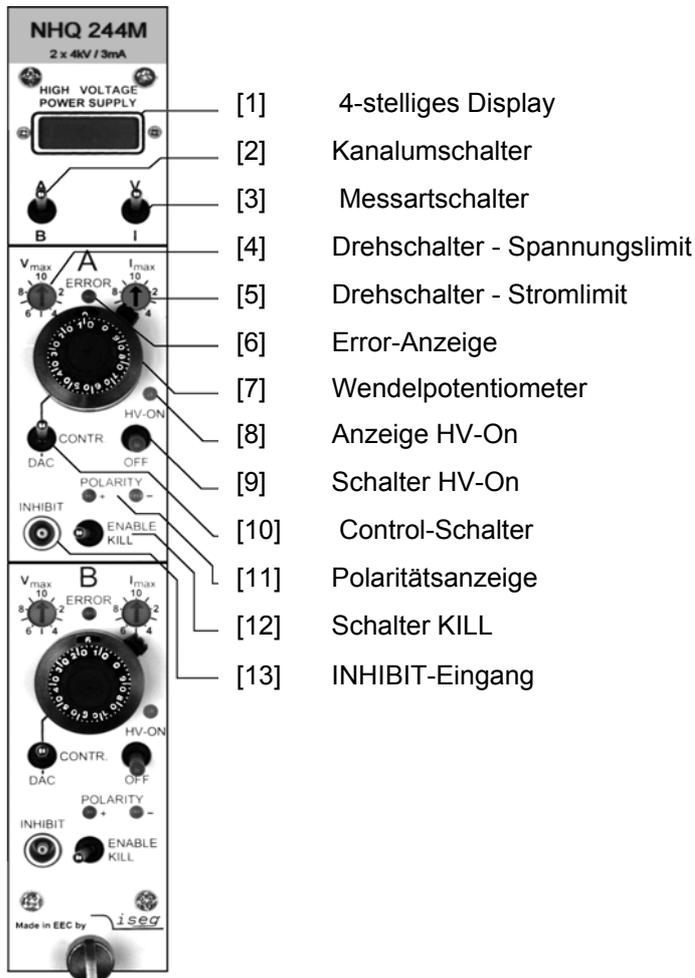
Das Gerät zeichnet sich durch ein abgestimmtes Filterkonzept aus, welches sowohl das Eindringen elektromagnetischer Störungen in das Gerät als auch eine Abstrahlung von Störungen verhindert.

Unmittelbar an den Steckverbinderanschlüssen befindet sich ein Filternetzwerk für die Versorgungsspannungen.

Zusätzlich sind die Wandlerschaltungen der einzelnen Geräte durch Filter gegenüber der internen Spannungsversorgung abgeblockt.

Die Hochspannungsfiler befinden sich in separaten Metallgehäusen, um geringste Störeinstrahlungen zu verhindern.

## 4. Frontplatte



## 5. Bedienung

An der Modulrückseite befinden sich der NIM-Steckverbinder für die Spannungsversorgung, die Sub-D-9 Buchse für die serielle Schnittstelle und die Hochspannungsausgänge.

Vor dem Einschalten muss die gewünschte Polarität der Ausgangsspannung durch den Drehschalter, der sich seitlich im Deckblech befindet, gewählt werden (s.a. Anhang B). Die eingestellte Polarität wird an der Frontplatte durch eine LED [11] sowie in der LCD-Anzeige [1] angezeigt.

**Achtung!** Die Polarität darf nur im spannungslosen Zustand umgeschaltet werden!

Befindet sich der Polaritätsschalter nicht in einer der beiden Endstellungen, lässt sich die Ausgangsspannung nicht einschalten.

Über den Schalter HV-ON [9] an der Frontplatte wird die Hochspannung eingeschaltet. Die Funktionsbereitschaft wird über die Anzeige HV-ON [8] signalisiert.

**Achtung!** Steht der CONTROL-Schalter [10] auf manueller Steuerung (nach oben), wird die mit dem 10-Gang-Wendelpotentiometer [7] vorgewählte Hochspannung mit einer Änderungsgeschwindigkeit der Hardwarerampe an den Hochspannungsausgängen erzeugt! Das ist auch der Fall, wenn während des Betriebs von Schnittstellensteuerung (DAC) auf manuelle Steuerung umgeschaltet wird!

Steht der CONTROL-Schalter [10] auf Schnittstellensteuerung (DAC), wird die Hochspannung erst nach Empfang der entsprechenden Schnittstellensignale eingestellt.

**Achtung!** Wurde beim letzten Betrieb der Quelle die Funktion „Autostart“ aktiviert, wird die Ausgangsspannung mit den dabei gespeicherten Parametern sofort erzeugt!

Auf dem 4-stelligen Display [1] wird in Abhängigkeit von der Stellung des Messartschalters [3] die Ausgangsspannung in [V] oder der Ausgangsstrom in [ $\mu$ A] angezeigt.

In der Zweikanalausführung wird dabei mit dem Kanalumschalter [2] der zur Anzeige kommende Kanal (A) oder (B) ausgewählt.

Bei manueller Steuerung lässt sich die Ausgangsspannung mit dem 10-Gang-Wendelpotentiometer [7] im Bereich von 0 bis zur vorgegebenen Maximalspannung einstellen.

Wird mit dem CONTROL-Schalter [10] auf Schnittstellensteuerung (DAC) umgeschaltet, übernimmt der DAC den letzten aktuellen Ausgangsspannungswert. Über die Schnittstelle kann dann die Ausgangsspannung mit einer programmierbaren Änderungsgeschwindigkeit (Softwarerampe) im Bereich von 0 bis zur vorgegebenen Maximalspannung eingestellt werden.

Bei Schnittstellensteuerung lässt sich der zulässige Maximalstrom pro Kanal mit der Auflösung der Strommessung programmieren (Stromtrip). Überschreitet der Ausgangsstrom diesen Wert, wird die Ausgangsspannung über die Software abgeschaltet. Ein Wiedereinschalten dieses Kanals ist durch Lesen des LAM - Status und anschließendem „Start“ möglich. Ist die Funktion „Autostart“ aktiviert, kann „Start“ entfallen.

Die Maximalspannung und der Maximalstrom können unabhängig davon separat in 10%-Schritten an den Drehschaltern  $V_{\max}$  [4] und  $I_{\max}$  [5] hardwaremäßig festgelegt werden ( $\Rightarrow$  Stellung 10 = 100% ). Erreicht die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom das eingestellte Limit, so signalisiert dies die rote Error-LED [6] an der Frontplatte.

In Abhängigkeit von der Stellung des Schalters KILL [12] wird auf das Überschreiten des eingestellten Strom- oder Spannungslimits bzw. das Auftreten eines externen Schutzsignals (INHIBIT) an Buchse [13] wie folgt reagiert:

Schalter nach rechts:  
(ENABLE KILL)      Ausgangsspannung wird ohne Rampe bei Überschreiten von  $I_{\max}$  bzw. bei Signal INHIBIT (Low=aktiv) dauerhaft abgeschaltet. Ein Wiedereinschalten erfolgt nur nach Betätigen der Schalter HV-ON [9] oder KILL [12] oder dem Lesen des LAM-Status und nachfolgendem „Start“ bei DAC-Steuerung. Ist die Funktion „Autostart“ aktiviert, kann „Start“ entfallen.

Bemerkung:              Sind Kapazitäten am HV-Ausgang wirksam oder werden große Spannungsänderungsgeschwindigkeiten (Hardwarerampe) bei großer Belastung verwendet, so kann durch die Kondensatorladeströme die KILL-Funktion ausgelöst werden. In diesen Fällen sollte eine kleinere Spannungsänderungsgeschwindigkeit (Softwarerampe) gewählt oder die KILL-Funktion erst nach Erreichen der Endspannung freigegeben werden.

Schalter nach links:      Ausgangsspannung wird auf  $V_{\max}$  bzw. Ausgangsstrom auf  $I_{\max}$  begrenzt; INHIBIT schaltet die Ausgangsspannung ohne Rampe ab. Bei Wegfall von INHIBIT wird der alte Spannungswert mit der Hard- oder einer Software-Spannungsrampe wieder eingestellt.

## 6. Kommunikation über Interface

### 6.1 Gerätesteuerprotokoll GSP

Die Kommunikation zwischen dem Steuerrechner (Controller) und dem Modul erfolgt nach einem Gerätesteuerprotokoll GSP, das für den Betrieb mehrstufig hierarchischer Instrumentierungssysteme ausgelegt ist. Dieses Protokoll GSP arbeitet nach dem Master-Slave-Prinzip. Dabei haben Controller, die in der Hierarchie höherwertig sind, stets die Masterfunktion, während niederwertige Einheiten als Slave fungieren. Im Fall „Steuerung des Hochspannungsmoduls durch einen Steuerrechner“ hat der Steuerrechner im System die Funktion des Masters, während das Modul (als Frontend-Gerät mit eigener Intelligenz) die Funktion des Slaves übernimmt.

Der Datenaustausch zwischen Controller und Frontend-(FE-) Gerät erfolgt mittels Datagrammen. Diese Datagramme bestehen aus einem Richtungsbit DATA\_DIR, einem Identifizierungsbyte DATA\_ID und weiteren Datenbytes. Das Richtungsbit DATA\_DIR gibt an, ob die zum Datagramm gehörende Datenübertragung ein Schreiben oder ein Lesen ist. Das DATA\_ID enthält die Informationen zum Typ des Datagrammes und gegebenenfalls Subadressen (G0, G1). Es wird durch das erste Datenbyte des Datagramms mit Bit 7 = 1 gekennzeichnet. Durch das DATA\_ID wird die Funktion des Moduls in einem komplexen hierarchischen Hochspannungssystem bestimmt.

Zur Realisierung dieser Systeme, in denen es möglich ist über mehrere Hierarchieebenen hinweg einen definierten Kanal eines Moduls anzusprechen, muss die notwendige Schachtelung durch Einfügen von Groupcontrollern (GC) realisiert werden. Vor dem DATA\_ID werden dann Datenbytes mit Bit 7 = 0 zur Übertragung der Adresse des GC und FE-Gerätes eingefügt.

DATA_DIR	DATA_ID Bit								Befehl
	7	6	5	4	3	2	1	0	
x	0	x	x	x	X	x	x	x	kein DATA_ID
0	1	0	x	x	X	x	x	x	Schreibbefehl an Einzelgerät
1	1	0	x	x	X	x	x	x	Lesebefehl an Einzelgerät (Aufforderung zum Schreiben)
0	1	1	x	x	X	x	G1	G0	Schreibbefehl an Gerätegruppe
1	1	1	x	x	X	x	G1	G0	Lesebefehl an Gerätegruppe (Aufforderung zum Schreiben)
G0, G1 Subadressen, nur verwendet bei Einsatz von Groupcontrollern									

Diese Datagramme entsprechen einer Übertragung in Schicht 3 (Network Layer) bzw. 4 (Transport Layer) des OSI-Modells der ISO. Als Übertragungsmedium wird der CAN-Bus nach Spezifikation 2.0A eingesetzt. Dies entspricht den Schichten 1 (Physical Layer) und 2 (Data Link Layer).

Das Gerätesteuerprotokoll GSP wurde deshalb an den CAN-BUS nach Spezifikation CAN 2.0A angepasst, kann aber gemäß dem OSI-Modell auch auf andere Übertragungsmedien (z.B. RS232) aufgesetzt werden. Auf die Spezifikation der Schichten 1 und 2 wird deshalb nur dort speziell eingegangen, wo es unbedingt nötig ist und Verwechslungen von Funktionen im Transport Layer mit Funktionen im Data Link Layer auftreten könnten. Im Folgenden wird die Kommunikation zwischen einem Controller und einem am gleichen Bussegment befindlichen Modul beschrieben.

### 6.2 Funktionsumfang

#### Steuerung über Interface

1. Schreibfunktionen: Sollspannung; Spannungsrampe; Stromtrip; Autostart
2. Schalfunktion: Beginn Spannungsänderung mit eingestellter Spannungsrampe
3. Lesefunktionen: Sollspannung; Istspannung; Spannungsrampe; Iststrom; Stromtrip; Autostart; Hardwareschwelle Strom/Spannung; Status

Die Hardwareschalter haben Priorität gegenüber der Softwaresteuerung.

#### Manuelle Steuerung

Bei manueller Steuerung ist nur die Nutzung der Lesefunktionen sinnvoll. Die anderen Funktionen werden vom Modul akzeptiert, führen aber zu keiner Änderung der Parameter.

### 6.3 Übersicht der verwendeten Datagramme

DATA _DIR	DATA_ID								Funktion	Read/ Write/ aktiv	DATA - Bytes
	Bit										
	7	6	5	4	3	2	1	0			
	0	x	X	x	x	x	x	x	kein DATA_ID		
	1	0	C2	C1	C0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B		
1	1	0	0	0	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Istspannung	r	5
1	1	0	0	1	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Iststrom	r	5
1/0	1	0	1	0	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Sollspannung	r/w	4
1/0	1	0	1	1	0	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Rampe	r/w	2
0	1	0	0	0	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Start	w	1
1	1	0	0	1	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Limit	r	4
1/0	1	0	1	0	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Stromtrip	r/w	4
1/0	1	0	1	1	1	0	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Autostart	r/w	2
1/0	1	0	1	1	0	1	N1	N0	Einzelbefehl KANAL: Erweiterte Rampe	r/w	3
	1	1	C3	C2	C1	C0	G1	G0	Gruppenbefehl G1 = G0 = 0, außer bei Adressierung von Gruppenbefehlen mit vorgeschaltetem Groupcontroller		
1/0	1	1	0	0	0	0	G1	G0	Gesamtstatus / Feinkalibrierung	r/w	2
1	1	1	0	0	0	1	G1	G0	Modul-Status Kanal A und B	r	3
1	1	1	0	0	1	0	G1	G0	LAM-Status Kanal A und B	r	3
1 0	1 1	1 1	0 0	1 1	1 0	0 0	G1 G1	G0 G0	Anmeldung des Endgerätes in übergeordneter Ebene, Abmeldung der übergeordneten Ebene beim Endgerät	a w	3
0	1	1	0	1	1	1	G1	G0	neue Bitrate	w	3
1	1	1	1	0	0	0	G1	G0	Gerätenummer, Software-Release und Kanalzahl	r	7
C <sub>i</sub>									Befehle		
N <sub>i</sub>									Kanäle A und B		
G <sub>i</sub>									Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers		

## 6.4 Detailbeschreibung der Befehle

### An- und Abmeldung des Frontend-(FE-) Gerätes (aktiv/schreiben)

#### Anmelde-Frame des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1	DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							G1	G0									
Belegung	1	1	1	0	1	1	0	0	0	x	0	0	0	0	1	0	1	1
Beschreibung	aktiv	G1 ... G0: Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers (GC)								x=1: Gesamtstatus ok x=0: Fehler im Modul	Geräteklasse							

Das Modul wird nach POWER ON diesen Gruppenbefehl in bestimmten zeitlichen Abständen (ca. 500 ms) auf den Bus legen. In DATA\_1 steht in b0 der Gesamtstatus des Moduls (NOR-Verknüpfung der Fehlerbits LAM\_REG2ER\_, LAM\_REG1ER\_, LAM\_EXTINH\_ und LAM\_ILIM\_ von beiden Kanälen). Erkennt ein Controller den Befehl, kann er den Modul als Frontend-Gerät bei sich registrieren und über die FE\_ADR (Moduladresse, s.a. Punkt 6.5, 11-bit Identifier und Punkt 6.6) ansprechen.

#### Remote-Frame Anmeldung des Controllers (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1	DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							G1	G0									
Belegung	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Beschreibung	write	G1 ... G0: Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers (GC)								Modul ist angemeldet	Geräteklasse							

Das Modul wird nach der erfolgten Anmeldung als Frontend-Gerät solange keine weiteren Anmeldebefehle versenden, wie es in zeitlichen Abständen von kleiner einer Minute erfolgreich Befehle vom externen CAN-Bus empfängt bzw. bis der Controller einen Abmeldebefehl an das Frontend-Gerät sendet:

#### Remote-Frame Abmeldung des Controllers (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1	DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							G1	G0									
Belegung	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Beschreibung	write	G1 ... G0: Gruppen 0 ... 3 nur verwendet bei Einsatz eines Groupcontrollers (GC)								Modul ist abgemeldet	Geräteklasse							

**Einzelbefehl KANAL: Istspannung (Lesen)**

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	0	0	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Istspannung für entsprechenden Kanal anfordern

↓ Antwort des Moduls (DLC = 5)

Byte		DATA_ID								DATA_3			DATA_2		DATA_1			DATA_0			
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	...	0	7	...	0	7	...	0	
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0							LSB				LSB	
Belegung	0	1	0	0	0	0	0	x	x	x						x					
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Spannungswert in [V] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24 Bit Binärzahl in DATA_3, DATA_2 und Data_1, Exponent als vorzeichenbehaftetes Byte in DATA_0											

**Einzelbefehl KANAL: Iststrom (Lesen)**

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	0	1	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Iststrom für entsprechenden Kanal anfordern

↓ Antwort des Moduls (DLC = 5)

Byte		DATA_ID								DATA_3			DATA_2		DATA_1			DATA_0			
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	...	0	7	...	0	7	...	0	
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0							LSB				LSB	
Belegung	0	1	0	0	1	0	0	x	x	x						x					
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Stromwert in [A] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24 Bit Binärzahl in DATA_3, DATA_2 und Data_1, Exponent als vorzeichenbehaftetes Byte in DATA_0											

## Einzelbefehl KANAL: Sollspannung (Lesen/Schreiben)

### Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	0	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Sollspannung für entsprechenden Kanal lesen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 4)

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	0	0	x	x	X								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Sollspannungswert in [0,1V] in DATA_2, DATA_1 und DATA_0								

### Schreiben [Controller (DLC = 4): Sollspannung für entsprechenden Kanal schreiben]

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	0	0	x	x	X								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Sollspannungswert in [0,1V] in DATA_2, DATA_1 und DATA_0								

Für Sollspannungen, die über der Nennspannung des Moduls oder dem eingestellten Hardwarelimit liegen, wird dieser Wert durch die Modulsoftware auf den größtmöglichen Wert begrenzt.

## Einzelbefehl KANAL: Spannungsrampe (Lesen/Schreiben)

### Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	1	0	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 2)

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	0	x	x	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x7 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit (von 1 ... 255 V/s)							

### Schreiben [Controller (DLC = 2): Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals festlegen]

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	0	x	x	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x7 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit (von 1 ... 255 V/s)							

Änderungsgeschwindigkeiten kleiner 1 V/s werden von der Modulsoftware auf 1 V/s korrigiert. Dieser Wert ist auch nach Anlegen der Betriebsspannungen voreingestellt, wenn beim letzten Betrieb nicht über die Funktion „Autostart“ eine andere Spannungsrampe gespeichert wurde.

Wird während der Änderung der Ausgangsspannung mit der Softwarerampe ein neue Spannungsrampe geschrieben, so wird diese Änderung sofort übernommen und die Einstellung der Sollspannung mit der neuen Softwarerampe beendet.

### Besonderheiten bei Verwendung des Einzelbefehls KANAL: Erweiterte Spannungsrampe (s. Seite 13)

Wird mit dem Befehl „Erweiterte Spannungsrampe“ eine Änderungsgeschwindigkeit eingestellt die,

1. keine ganze Zahl ist und
2. außerhalb des Bereiches von 1 V/s bis 255 V/s liegt,

so antwortet der Modul auf diesen Befehl mit dem Wert 0 in DATA\_0.

## Einzelbefehl KANAL: Erweiterte Spannungsrampe (Lesen/Schreiben)

### Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	1	0	1	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals in erweiterter Auflösung feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0																LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	1	x	x	x15							x8	x7							x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x15 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit in 0,1 V/s (von 0,1 V/s ... 2500 V/s)															

### Schreiben [Controller (DLC = 3): Erweiterte Spannungsänderungsgeschwindigkeit des entsprechenden Kanals festlegen]

Byte		DATA_ID								DATA_1								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0																LSB
Belegung	0	1	0	1	1	0	1	x	x	x15							x8	x7							x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x15 ... x0: Änderungsgeschwindigkeit in 0,1 V/s (von 0,1 V/s ... 2500 V/s)															

Damit dieser Befehl für Spannungsänderungsgeschwindigkeiten > 255 V/s verwendet werden kann, muss das Gerät mit einer entsprechend schnellen Hardwarerampe ausgerüstet sein (z.B. mit 2600 V/s) !

Änderungsgeschwindigkeiten kleiner 0,1 V/s werden von der Modulsoftware auf 0,1 V/s korrigiert. Startwert nach Anlegen der Betriebsspannungen ist 1,0 V/s, wenn beim letzten Betrieb nicht über die Funktion „Autostart“ eine andere Spannungsrampe gespeichert wurde.

Wird während der Änderung der Ausgangsspannung mit der Softwarerampe ein neue Spannungsrampe geschrieben, so wird diese Änderung sofort übernommen und die Einstellung der Sollspannung mit der neuen Softwarerampe beendet.

Der Zusammenhang mit dem Einzelbefehl KANAL: Spannungsrampe (s. Seite 12) ist zu beachten!

### Einzelbefehl Kanal: Start (Schreiben)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	0	1	0	0	0	1	0	x	x
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Spannungsänderung im entsprechenden Kanal starten

Wurde die Ausgangsspannung durch die Überschreitung von

$V_{max}$  oder  $I_{max}$  bzw. durch INHIBIT bei ENABLE KILL oder  
des programmierbaren Stromtrips

dauerhaft abgeschaltet, müssen durch Lesen des LAM-Status die Register LAM\_REG1ER, LAM\_EXTINH oder LAM\_ILIM zurückgesetzt werden, ehe wieder eine Ausgangsspannung eingestellt werden kann.

Wird die Ausgangsspannung durch die Überschreitung von

$V_{max}$  oder  $I_{max}$  bei DISABLE KILL begrenzt (ERROR-LED blinkt und LAM\_REG2ER\_ = 1),  
so ist die Verringerung der Ausgangsspannung durch Schreiben einer kleineren Sollspannung und  
anschließendem „Start“ möglich (Error-LED blinkt nicht mehr). Bevor danach die Spannung wieder erhöht  
werden kann, muss durch Lesen des LAM-Status das Register LAM\_REG2ER\_ zurückgesetzt werden.

### Einzelbefehl KANAL: Limit (Lesen)

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	0	1	1	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

eingestellte Hardwarelimits des entsprechenden Kanals

feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 4)

Byte		DATA_ID								DATA_2		DATA_1				DATA_0								
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	..	4	3	..	0	7	..	4	3	..	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0			LSB		..			..			..	LSB		..	
Belegung	0	1	0	0	1	1	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								Mantisse $V_{max}$ (8 bit)		Exp $V_{max}$	Mantisse $I_{max}$ (8 bit)		Exp $I_{max}$	Exp. (4 bit), für Exp. > 7 ergibt sich: negativer Exponent im 2'er Komplement								

## Einzelbefehl KANAL: Stromtrip (Lesen/Schreiben)

### Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	0	1	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):  
 maximalen Ausgangsstrom (Stromtrip)  
 für entsprechenden Kanal lesen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 4)

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	1	0	x	x	x								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								max. Stromwert in [A] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24 Bit Binärzahl in DATA_2, DATA_1 und Data_0, Exponent wird nicht übergeben. Er stimmt mit dem Exponenten des großen Strommessbereiches überein.								

### Schreiben [Controller (DLC = 4): max. Ausgangsstrom (Stromtrip) für entsprechenden Kanal festlegen]

Byte		DATA_ID								DATA_2			DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0									LSB
Belegung	0	1	0	1	0	1	0	x	x	x								
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								max. Stromwert in [A] in Exponentendarstellung: Mantisse als 24Bit Binärzahl in DATA_2, DATA_1 und Data_0, Exponent wird nicht übergeben. Er stimmt mit dem Exponenten des großen Strommessbereiches überein.								

Überschreitet der Ausgangsstrom den programmierten maximalen Stromwert, so wird die Ausgangsspannung über die Software abgeschaltet (Stromtrip). Die größte mögliche Auflösung des maximalen Stromwertes entspricht der Auflösung der Strommessung. Für den maximalen Stromwert = 0 A ist kein Stromtrip programmiert. Wurde die Ausgangsspannung durch die Überschreitung des maximalen Stromes abgeschaltet, muss immer der LAM - Status gelesen werden, um sie mit „Start“ oder aktiviertem „Autostart“ wieder einstellen zu können.

## Einzelbefehl KANAL: Autostart (Lesen/Schreiben)

### Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0
Belegung	1	1	0	1	1	1	0	x	x
Beschreibung	read	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B							

Controller (DLC = 1):

Feststellen ob „Autostart“ im entsprechenden Kanal aktiviert ist

↓ Antwort des Moduls (DLC = 2)

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	1	0	x	x					x3			
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x3 = 1: Autostart ist aktiv x3 = 0: Autostart nicht aktiv							

### Autostart aktiv bedeutet:

- wenn die Autostartbedingungen (im Modul-Status ON\_OFF\_+ IN\_EX\_ = 0 und im LAM-Status REG2ER\_+ REG1ER\_+ EXTINH\_+ ILIM\_ = 0) erfüllt sind, wird die Ausgangsspannung des Kanals auf die aktuelle Sollspannung gerampt, d.h. „Start“ ist nach „Sollspannung schreiben“, Power-ON und Power OFF ⇒ ON nicht nötig.
- wurde die Ausgangsspannung des Kanals durch die Überschreitung von  $V_{max}$  oder  $I_{max}$  bzw. durch INHIBIT (bei ENABLE KILL oder Stromtrip) dauerhaft abgeschaltet, wird sie nach Lesen des LAM-Status mit der Softwarerampe wieder eingestellt.
- wird die Ausgangsspannung durch die Überschreitung von  $V_{max}$  oder  $I_{max}$  bei DISABLE KILL begrenzt (ERROR-LED blinkt und LAM\_REG2ER\_ = 1), so wird sie durch Schreiben einer kleineren Sollspannung auf diese gerampt (Error-LED blinkt nicht mehr). Bevor danach die Spannung wieder erhöht werden kann, muss durch Lesen des LAM-Status das Register LAM\_REG2ER\_ zurückgesetzt werden.

### Schreiben [Controller (DLC = 2): Autostart für entsprechenden Kanal aktivieren]

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR							N1	N0								LSB
Belegung	0	1	0	1	1	1	0	x	x					x3	x2	x1	x0
Beschreibung	write	N1=0, N0=1 ⇒ Kanal A N1=1, N0=0 ⇒ Kanal B								x3 = 1: Autostart aktivieren  x2 = 1: aktuellen Stromtrip } einmalig x1 = 1: aktuelle Sollspannung } in EEPROM x0 = 1: aktuelle Spannungsrampe } speichern  Werte werden nach Anlegen der Betriebsspannungen wieder in die entsprechenden Register geladen! (für EEPROM 1 Million Schreibzyklen garantiert)							

## Gruppenbefehl Gesamtstatus (Lesen/Schreiben)

### Lesen

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):  
Gesamtstatus des Moduls feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 2)

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR																LSB
Belegung	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	b4	1	1	b1	b0
Beschreibung	write									b4: advanced calibration b1: ramp status b0: sum status							

### Schreiben [Controller (DLC = 2): Feinkalibrierung aus- oder einschalten]

Byte		DATA_ID								DATA_0							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR																LSB
Belegung	0	1	1	0	0	0	0	0	0	X	X	X	b4	X	X	X	X
Beschreibung	write									b4: advanced calibration X: beliebig							

Bit	Name	Beschreibung	0	1
b4	ADVANCED STATUS	Feinabgleich	aus	ein
b1	RAMP STATUS	Spannung in beiden Kanälen konstant	nein	ja
b0	SUM STATUS	kein Fehlerbit gesetzt	nein	ja

Der Feinabgleich (Bit 4) dient der Kompensation von Langzeit- und Temperaturdriften des DACs. Dazu erfolgt eine ständige Mittelwertbildung über die Istspannungsmessung. Bei eingeschaltetem Feinabgleich werden Abweichungen proportional bzw. approximierend ausgeglichen. Dieses Bit ist werksseitig gesetzt und kann geschrieben werden. Damit kann der Feinabgleich vom Nutzer aus- oder eingeschaltet werden.

Das RAMP STATUS (Bit 1) wird gesetzt, wenn in keinem Kanal eine Spannungsänderung über Rampe läuft.

Der SUM STATUS (Bit 0) als Gesamtstatus des Moduls wird durch die NOR-Verknüpfung der Fehlerbits LAM\_REG2ER\_, LAM\_REG1ER\_, LAM\_EXTINH\_ und LAM\_ILIM\_ von beiden Kanälen (vgl. Befehl LAM-Status) gebildet. Ist im Modul keiner dieser Fehler aufgetreten, wird SUM STATUS gesetzt.

**Gruppenbefehl: Modul - Status Kanal A und B (Lesen)**

Byte		DATA_ID							
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichnung	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):

Modul - Status der Kanäle lesen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1		DATA_0			
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichnung	DATA_DIR									Kanal B		Kanal A			
Belegung	0	1	1	0	0	0	1	0	0	x					
Beschreibung	write									s. Tabelle					

Bezeichnung			Modul-Status Kanal A und B (lesen)			
Kanal	DATA	Bit	Name	Beschreibung	0	1
<b>B</b>	<b>_1</b>	b7	ERROR_2	Fehler im <b>Kanal B</b>	channel ok	error
		b6	STATV_2	Status $V_{out}$	$V_{out}$ stable	$V_{out}$ in change
		b5	TRENDV_2	Bewegungsrichtung $V_{out}$	$V_{out}$ falling	$V_{out}$ rising
		b4	KILL_2	Schalterstellung KILL	disabled	enabled
		b3	ON_OFF_2	Schalterstellung HV-ON/OFF	on	off
		b2	POL_2	Polarität der Ausgangsspannung $V_{out}$	negative	positive
		b1	IN_EX_2	Schalterstellung CONTROL	DAC	manual
		b0	VZ_2	Ausgangsspannung $V_{out}$ Kanal B	$V_{out} <> 0$	$V_{out} = 0$
<b>A</b>	<b>_0</b>	b7	ERROR_1	Fehler im <b>Kanal A</b>	channel ok	error
		b6	STATV_1	Status $V_{out}$	$V_{out}$ stable	$V_{out}$ in change
		b5	TRENDV_1	Bewegungsrichtung $V_{out}$	$V_{out}$ falling	$V_{out}$ rising
		b4	KILL_1	Schalterstellung KILL	disabled	enabled
		b3	ON_OFF_1	Schalterstellung HV-ON/OFF	on	off
		b2	POL_1	Polarität der Ausgangsspannung $V_{out}$	negative	positive
		b1	IN_EX_1	Schalterstellung CONTROL	DAC	manual
		b0	VZ_1	Ausgangsspannung $V_{out}$ Kanal A	$V_{out} <> 0$	$V_{out} = 0$

**Gruppenbefehl: LAM - Status Kanal A und B (Lesen)**

Byte		DATA_ID								Controller (DLC = 1):
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	Modul - Status der Kanäle lesen
Bezeichng.	DATA_DIR									
Belegung	1	1	1	0	0	1	0	0	0	
Beschreibung	read									

↓ Antwort des Moduls (DLC = 3)

Byte		DATA_ID								DATA_1			DATA_0		
Bit		7	6	5	4	3	2	1	0	7	...	0	7	...	0
Bezeichng.	DATA_DIR									Kanal B			Kanal A		
Belegung	0	1	1	0	0	1	0	0	0	x					
Beschreibung	write									s. Tabelle					

Bezeichnung			LAM-Status Kanal A und B (lesen)		
Kanal	DATA	Bit	Name	Beschreibung für Bit = 1	Bemerkung
<b>B</b>	<b>_1</b>	b7	LAM_REG2ER_2	Qualität der Ausgangsspannung von Kanal B ist momentan nicht garantiert	
		b6	LAM_REG1ER_2	Überschreitung von $V_{max}$ oder $I_{max}$ lag/liegt vor	
		b5	LAM_EXTINH_2	Externes Inhibit-Signal war/ist aktiv	
		b4	LAM_RANGE_2	Verhältnis $V_{soll}$ zu $V_{max} > 1$	Sollspannung $> V_{max}$
		b3	LAM_KEY_CHANGED	ein Frontplattenschalter von Kanal B wurde betätigt	ON_OFF_2, IN_EXT_2, KILL_2
		b2	LAM_EOP_2	$V_{out}$ Kanal B hat Sollwert erreicht	end of process_2
		b1	LAM_ILIM_2	$I_{out}$ war größer programmiertes $I_{max}$ (Stromtrip Kanal B)	
		b0			
<b>A</b>	<b>_0</b>	b7	LAM_REG2ER_1	Qualität der Ausgangsspannung von Kanal A ist momentan nicht garantiert	
		b6	LAM_REG1ER_1	Überschreitung von $V_{max}$ oder $I_{max}$ lag/liegt vor	
		b5	LAM_EXTINH_1	Externes Inhibit-Signal war/ist aktiv	
		b4	LAM_RANGE_1	Verhältnis $V_{soll}$ zu $V_{max} > 1$	Sollspannung $> V_{max}$
		b3	LAM_KEY_CHANGED	ein Frontplattenschalter von Kanal A wurde betätigt	ON_OFF_1, IN_EXT_1, KILL_1
		b2	LAM_EOP_1	$V_{out}$ Kanal A hat Sollwert erreicht	end of process_1
		b1	LAM_ILIM_1	$I_{out}$ war größer programmiertes $I_{max}$ (Stromtrip Kanal A)	
		b0			

Die Statusbits werden bei Auftreten des entsprechenden Ereignisses gesetzt und durch Lesen des LAM-Status wieder rückgesetzt. Besteht das Ereignis weiter oder tritt es erneut auf, werden die entsprechenden Bits wieder gesetzt.

### Gruppenbefehl: Neue Bitrate (Schreiben)

Controller (DLC = 3): „Neue Bitrate“ in EEPROM schreiben

Byte	Bit	DATA_ID								DATA_1								DATA_0															
		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0								
Bezeichng.	DATA_DIR																																LSB
Belegung	0	1	1	0	1	1	1	0	0								x8	x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0								
Beschreibung	write									<p>-es können 7 Bitraten eingestellt werden</p> <p>x8..x0:   20   ⇒   20 kBit/s</p> <p>          50   ⇒   50 kBit/s</p> <p>          100 ⇒   100 kBit/s</p> <p>          125 ⇒   125 kBit/s</p> <p>          250 ⇒   250 kBit/s</p> <p>          500 ⇒   500 kBit/s *)</p> <p>          1000 ⇒ 1000 kBit/s *)</p> <p>*) nur auf Sonderwunsch, sonst 125kbit/s</p> <p>-die neue Bitrate wird erst wirksam nach RESET bzw. POWER OFF/ON</p> <p>und</p> <p>-es muß sichergestellt werden, dass vor einem RESET bzw. POWER OFF/ON alle Module des Segments die gleiche neue Bitrate erhalten haben</p> <p>-die werksseitig voreingestellte Bitrate ist auf dem Aufkleber am Steckverbinder gekennzeichnet</p>																							

### Gruppenbefehl: Gerätenummer und Software-Rel. (Lesen)

Byte	Bit	DATA_ID							
		7	6	5	4	3	2	1	0
Bezeichng.	DATA_DIR								
Belegung	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Beschreibung	read								

Controller (DLC = 1):

Gerätenummer, Softwareversion und Kanalzahl feststellen

↓ Antwort des Moduls (DLC = 7)

Byte	Bit	DATA_ID								DATA_5		DATA_4		DATA_3		DATA_2		DATA_1		DATA_0	
		7	6	5	4	3	2	1	0	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD	BCD
Bezeichng.	DATA_DIR																				
Belegung	0	1	1	1	0	0	0	0	0	z6	z5	z4	z3	z2	z1	0	y3	y2	y1	0	x1
Beschreibung	write									z <sub>n</sub> : 6 BCD Gerätenummer				y <sub>n</sub> : 3 BCD Software-Rel.				x1: 1 BCD Kanalzahl			

## 6.5 Implementierung im CAN-Bus

Die Datagrammstruktur ist an den Botschaftsrahmen des Standardformats nach CAN-Spezifikation 2.0A angepasst, wobei aus der Sicht des CAN-Protokolls eine reine Datenübertragung durchgeführt wird, die protokollinvariant ist. Das Datagramm des GSP wird als Datenwort der Länge n-Byte, entsprechend den spezifischen Anforderungen des jeweiligen Befehls, im Datenfeld des CAN-Frames übertragen. Damit ergibt sich ein Data Length Code (DLC) des CAN-Protokolls von n. Es können maximal 8 Datenbyte übertragen werden, die sich mit fallender Wertigkeit an das DLC-Feld anschließen.

Das RTR-Bit wird immer auf Null gesetzt.

Die Information zur Übertragungsrichtung (DATA\_DIR) ist im niederwertigsten Bit ID0 des 11bit-CAN-Identifiers enthalten. Der Controller fordert dabei Daten mit DATA\_DIR = 1 an und sendet sie mit DATA\_DIR = 0. Das FE-Gerät reagiert auf die Datenanforderung durch Senden der entsprechenden Daten mit DATA\_DIR = 0. Nur wenn das FE-Gerät noch nicht beim Controller angemeldet ist bzw. wenn es über einen längeren Zeitraum (ca. 1 min) keine gültigen Daten empfängt, wird es aktiv den Anmelde Rahmen mit DATA\_DIR = 1 (s.a. Punkt 6.4) senden.

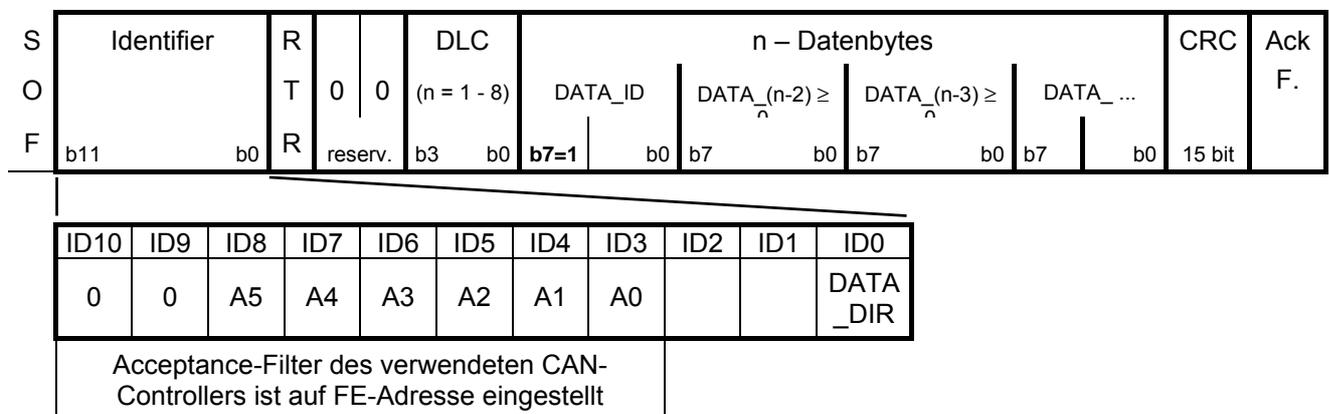
Daher folgt, dass alle geraden CAN-Ports (Identifier) als Schreibports, alle Ungeraden als Leseports zu interpretieren sind.

Die Adressierung des FE-Gerätes (Einstellung der Moduladresse s. a. Punkt 6.6) erfolgt ebenfalls mit dem 11bit-Identifier des CAN-Protokolls. Um die CAN-Segmente auch für andere Protokolle offen zu halten, wurde der Adressraum auf 64 Knoten beschränkt:

ID9 bis ID10 sind 0,  
 ID3 bis ID8 ermöglichen die Adressierung von 64 Endgeräten (ID3: A0 = 2<sup>0</sup> ;...; ID8: A5 = 2<sup>5</sup> ),  
 ID1 und ID2 sind nicht benutzt.

In einem CAN-Segment dürfen nur Module mit ungleichem Identifier und gleicher Bitrate verwendet werden! Die werkseitig eingestellte Bitrate wird auf dem Aufkleber am Steckverbinder gekennzeichnet.

Für die Steuerung des FE-Gerätes in diesem untersten CAN-Segment gilt also folgender Aufbau des Datenrahmens:



Das FE-Gerät hat die Aufgaben:

- Bearbeiten der Einzelbefehle mit den direkten Kanalwerten
- Bearbeitung von Gruppeninformationen der Kanäle
- Eigenständige Anmeldung in der höherliegenden Ebene durch Senden seiner Moduladresse
- Bilden von Statusinformationen

Die elektrische Übertragung erfolgt potentialgetrennt mittels der Signale CAN\_L und CAN\_H, bezogen auf CAN\_GND. Die Belegung des D-Sub-9 Steckers ist aus der Tabelle zu ersehen.

PIN	Signal	Bezeichnung
2	CAN_L	
3	CAN_GND	GND
5	CAN_SHLD	Schirm
7	CAN_H	

## 6.6 Speicherung der Moduladresse im EEPROM

1. Beide Kanäle des Moduls vor dem Einschalten der Betriebsspannung ( $\pm 24V$ ;  $\pm 6V$ ) wie folgt einstellen:
  - ⇒ Schalter CONTROL [10] auf MANUELL; ⇒ Schalter HV-ON [9] auf OFF;
  - ⇒ Schalter KILL [12] auf ENABLE.
2. Einschalten der Betriebsspannung.
3. Nach dem Power-On-Gerätetest erscheint in der LCD-Anzeige [1] links ein A und rechts die momentane Adresse in Hexdarstellung, z.B. 00. Dazwischen blinkt der Trennstrich.
4. Durch Betätigen des Messartschalters [3] (LSB) und des Kanalumschalters [2] wird die Adresse schrittweise im Bereich von 00 bis 3F eingestellt.
5. Mit Schalten des Schalters KILL [12] wird die Adresse im EEPROM gespeichert, der Modul ist mit ihr ansprechbar. In der Anzeige [1] erscheint Spannung oder Strom, je nach Stellung der Schalter Kanalumschalter [2] und Messartschalter [3].
5. Erfolgt 10s lang keine Änderung bzw. werden die Schalter CONTROL, KILL oder HV-ON nicht betätigt, so wird die eingestellte Adresse nicht übernommen. Die alte Adresse bleibt bestehen.

## 6.7 Rücksetzen des Moduls

Der Modul kann auf den Werks-Auslieferungszustand zurückgesetzt werden. Dies erfolgt durch folgende Prozedur:

1. Einstellen einer Moduladresse verschieden von 00 (vgl. Punkt 6.6)
2. Einstellen der Moduladresse 00.

Damit ist der Modul auf den Anfangszustand zurückgesetzt.

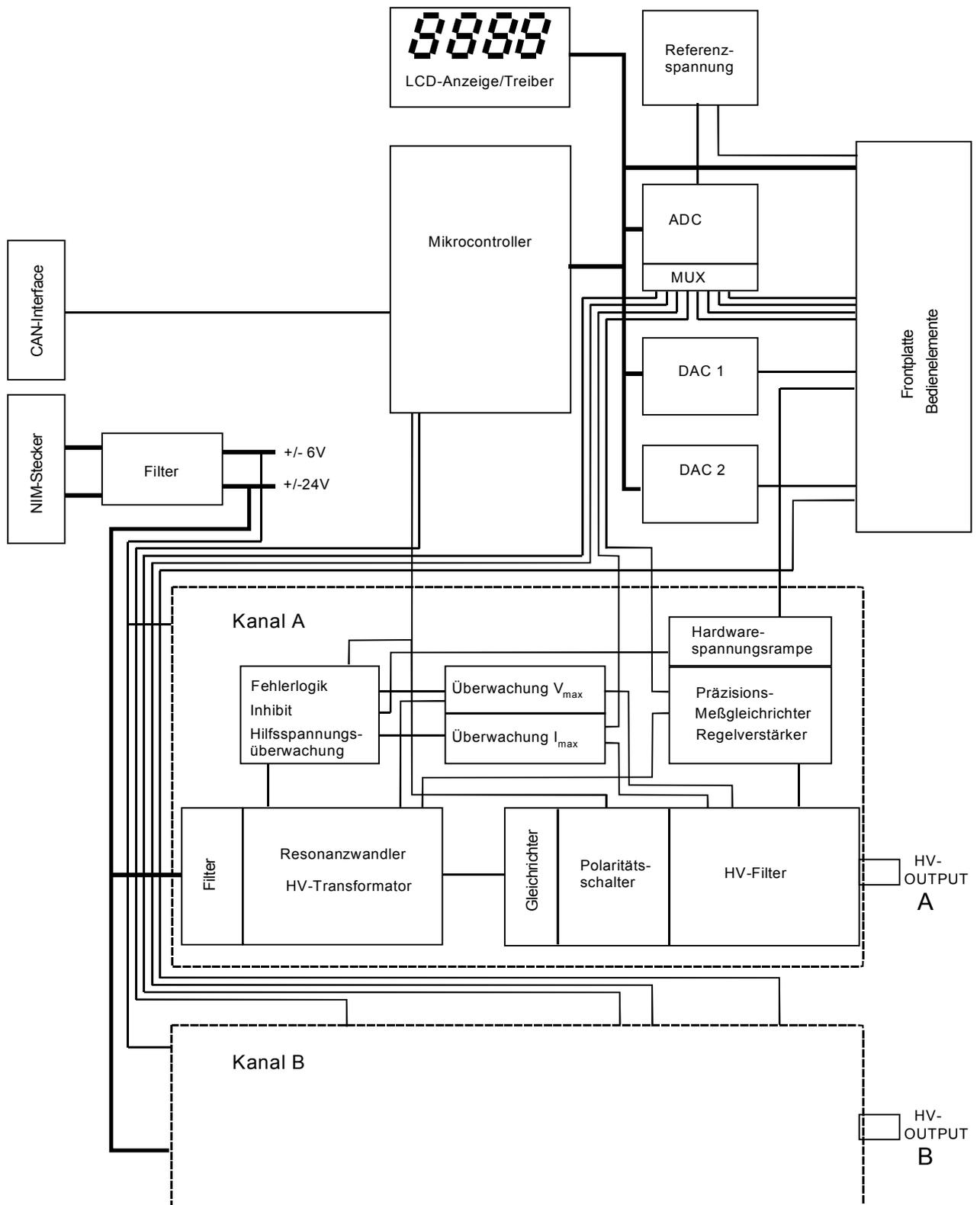
## 6.8 Software

Bitte beachten Sie unser Angebot an komfortabler Bedien- und Messsoftware.

## 6.9 Beispielprogramm

Controller						Erklärung
Sendepuffer			Empfangspuffer			
Identif- fier	DLC	DATA_n _ID	Identif- fier	DLC	DATA_n _ID	
			031h	2h	D8h 01h	Aufbau des Identifier s.a. 6.5
030h	2h	D8h 01h				Modul Nr. 6 will sich beim Controller mit Gesamtstatus ok. Anmelden
031h	1h	99h				Modul ist als Nr. 6 angemeldet
031h	1h	99h	030h	4h	99h 14h 23h CCh	Limits Kanal A ⇒ 2000 V / 6 mA (z.B. je 100% für NHQ 232M)
031h	1h	9Ah	030h	4h	9Ah 0Ah 21h ECh	Limits Kanal B ⇒ 1000 V / 3 mA (z.B. je 50 % für NHQ 232M)
031h	1h	C4h	030h	3h	C4h 11h 05h	Modul - Status ⇒ Kanal B: ok, KILL enabled, ON, Vout neg., DAC, Vout = 0 Kanal A: ok, KILL disabled, ON, Vout pos., DAC, Vout = 0
030h	2h	B1h 14h				Spannungsrampe Kanal A mit 20 V/s schreiben
030h	2h	B2h C8h				Spannungsrampe Kanal B mit 200 V/s schreiben
030h	4h	A1h 00h 0Bh B8h				Sollwert Kanal A: 300 V ; 000BB8h = 3000 * 0,1 V
030h	4h	A2h 00h 23h 28h				Sollwert Kanal B: 900 V ; 002328h = 9000 * 0,1 V
030h	1h	89h				Spannungsänderung Kanal A starten
030h	1h	8Ah				Spannungsänderung Kanal B starten
031h	1h	C4h	030h	3h	C4h 70h 64h	Modul - Status ⇒ Kanal B: ok, Vout in change (Änderungen ) Vout rising, Vout <> 0 Kanal A: ok, Vout in change Vout rising, Vout <> 0
031h	1h	C8h	030h	3h	C8h 40h 04h	LAM - Status ⇒ Kanal B: Vmax oder Imax überschritten Kanal A: Vout hat Sollwert erreicht
031h	1h	81h	030h	5h	81h 00h 0Bh B8h FFh	Ist - Spannung von Kanal A ⇒ 300 V 000BB8h * 10E-1 V
031h	1h	82h	030h	5h	82h 00h 00h 00h FFh	Ist - Spannung von Kanal B ⇒ 0 V 000000h * 10E-1 V
030h	4h	A2h 00h 1fh 40h				Sollwert Kanal B: 800 V, 001f40h = 8000*0,1 V
030	1h	8Ah				Spannungsänderung Kanal B starten
031h	1h	C4h	030h	3h	C4h 70h 04h	Modul - Status ⇒ Kanal B: ok, Vout in change (Änderungen ) Vout rising, Vout <> 0 Kanal A: ok, Vout stable, Vout <> 0
031h	1h	C8h	030h	3h	C8h 04h 00h	LAM - Status ⇒ Kanal B: Vout hat Sollwert erreicht Kanal A: Vout hat Sollwert erreicht
031h	1h	91h	030h	5h	91h 00h 00h 21h F9h	Iststrom Kanal A ⇒ 3,3 µA 000021h * 10E-7 A
031h	1h	92h	030h	5h	92h 00h 2Ch 6Ch F9h	Iststrom Kanal B ⇒ 1,1372 mA 002C6Ch * 10E-7 A
030h	3h	A1h 00h 00h				Sollwert Kanal A: 0 V
030h	3h	A2h 00h 00h				Sollwert Kanal B: 0 V

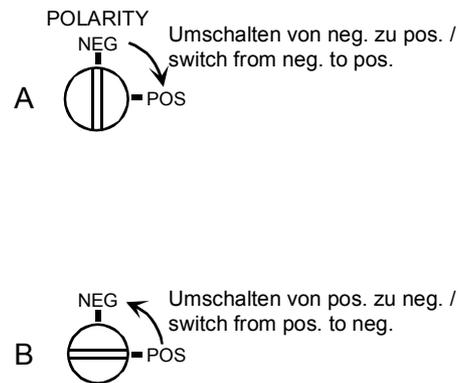
Controller											Erklärung	
Sendepuffer					Empfangspuffer							
Identi- fier	DLC	DATA_n				Identi- fier	DLC	DATA_n				
030h	1h	89h										Spannungsänderung Kanal A starten
030	1h	8Ah										Spannungsänderung Kanal B starten
031h	1h	C8h				030h	3h	C8h	04h	04h		LAM - Status ⇒ Kanal B: Vout hat Sollwert erreicht Kanal A: Vout hat Sollwert erreicht
030h	2h	D8h	00h									Modul ist abgemeldet
						031h	2h	D8h	01h			Modul Nr. 6 will sich beim Controller mit Gesamtstatus ok. Anmelden



Anhang A: Blockschaltbild NHQ

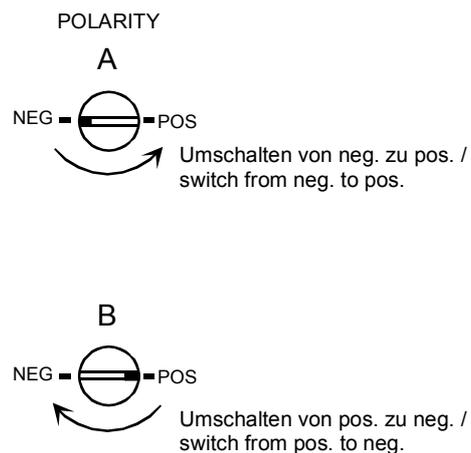
NHQ mit Voutmax bis zu 5kV /

NHQ with Voutmax up to 5kV



NHQ mit Voutmax > 5kV /

NHQ with Voutmax > 5kV



**Anhang B:**

Seitenansicht NHQ

Polaritätsschalter

gezeichnete Polarität:

Kanal A, negativ  
Kanal B, positiv