

## VARAN-Steppermodul

## VST 012

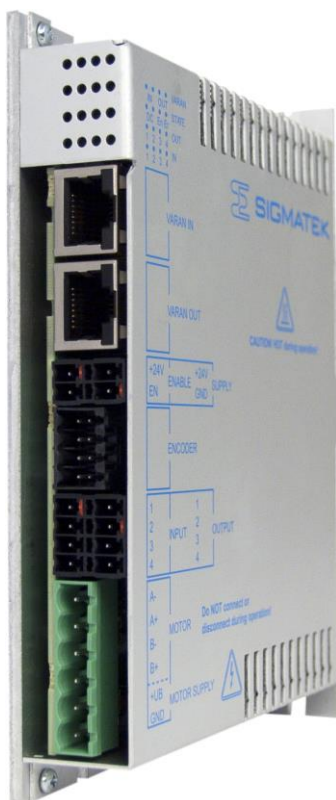
Das VST 012 ist ein VARAN-Modul, das für die Ansteuerung eines Schrittmotors bis maximal 10 A RMS ausgelegt ist. Es sind die Betriebsmodi **Vollschritt**, **Halbschritt** und **Mikroschritt** möglich. Die maximale Schaltfrequenz der Ausgangsstufe beträgt 50 kHz.

Der Motorausgang wird über den Enable-Eingang freigegeben.

Zur Positionskontrolle des Schrittmotors ist ein Inkrementalgeber-Eingang vorhanden.

Zusätzlich bietet das Modul 4 digitale Eingänge und 4 digitale Ausgänge.

Durch den VARAN-Out-Port wird der Aufbau des VARAN-Busses in einer Linienstruktur ermöglicht.



## Sicherheitshinweise

Folgende Sicherheitshinweise sind beim Betrieb des VST 012 zu berücksichtigen:



### **Warnung! Gefährliche elektrische Spannung!**

Beim Betrieb der Schrittmotorendstufe entstehen gefährliche Spannungen. Nur entsprechend qualifiziertes Personal darf an diesem Gerät arbeiten!

Nichtbeachtung der Anweisungen kann zum Tode, ernsthaften Verletzungen oder Schäden der Maschinenanlage führen.



### **Warnung! Heiße Oberfläche!**

Während des Betriebs kann die Schrittmotorendstufe heiß werden. Vermeiden Sie Berührungen während des Betriebs!

Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaßnahme kann zu schweren Verletzungen führen.

## Technische Daten

### Schnittstellen

Schnittstellen	1 x VARAN-In (RJ45) 1 x VARAN-Out (RJ45) (maximale Leitungslänge: 100 m)
----------------	--

### Inkrementalgebereingang

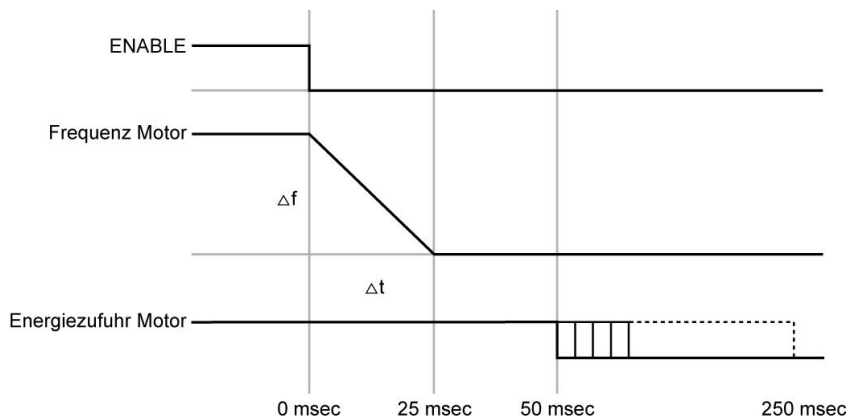
Anzahl der Kanäle	1
Eingangssignale	Inkrementalgebersignale (A, /A, B, /B, R, /R) RS422-Pegel 150 Ω-Abschluss
Eingangsfrequenz	Maximal 250 kHz
Zählerfrequenz	Maximal 1 MHz
Signalauswertung	4-fach
Zählerauflösung	16 Bit
Gebersversorgung	+5 V / ±5 % / 0,2 A kurzschlussfest
Geberkabellänge	Maximal 30 m

### Enable-Eingang

Anzahl	1	
Eingangsspannung	Typisch +24 V	Maximal +30 V
Signalpegel	Low: < +5 V	High: > +14 V
Schaltswelle	Typisch +9,5 V	
Eingangsstrom	5 mA bei +24 V	
Eingangsverzögerung	Typisch 5 ms	
Statusanzeige	LED grün	

Mit dem Enable-Eingang wird der Motorausgang hardwareseitig freigegeben. Erst wenn auch das Software-Enable gesetzt ist, leuchtet die Status-LED und der Motorausgang ist freigegeben. Durch den Abfall des Enable-Eingangs kann ein Abrampen des Motors initiiert werden. Durch Einstellen des Delta Frequenz-Registers und des Delta Zeit-Registers kann die Rampe hardwareseitig eingestellt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht durch ein softwareseitiges Abrampen des Motors. Ein korrekter Abrampvorgang muss nach Abfall des Enable-Eingangs innerhalb von 50 msec erfolgen. Nach dieser Zeit wird durch hardwareseitige Abschaltung der Ausgangsstufe die Energiezufuhr zum Motor getrennt.

### Beispiel 25 msec Abrampvorgang



### Digitale Eingänge

Anzahl	4	
Eingangsspannung	Typisch +24 V	Maximal +30 V
Signalpegel	Low: < +5 V	High: > +14 V
Schaltswelle	Typisch +9,5 V	
Eingangsstrom	5 mA bei +24 V	
Eingangsverzögerung	Typisch 10 µs	
Statusanzeige	LEDs grün	

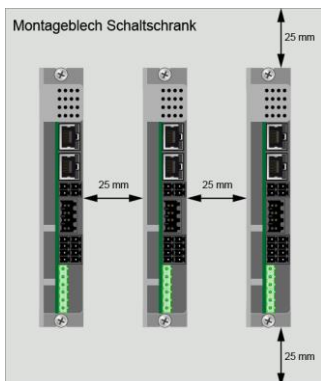
### Digitale Ausgänge

Anzahl	4
Kurzschlussfest	Ja
Maximal zulässiger Dauerlaststrom / Kanal	2 A
Maximaler Summenstrom (gesamtes Modul)	6 A (100 % Einschaltdauer)
Reststrom Ausgang (ausgeschaltet)	≤ 12 µA
Einschaltverzögerung	< 400 µs
Abschaltverzögerung	< 400 µs
Statusanzeige	LEDs gelb

## Schrittmotorausgang

Anzahl der Phasen	2
Ausgangsspannung	Abhängig von der Versorgung (18 – 60 V)
Reglerfrequenz	Maximal 50 kHz
Ausgangsstrom <sup>3)</sup>	Maximal 10 A Dauerstrom im Vollschrittbetrieb Maximal 10 A Dauerstrom im Halbschrittbetrieb <sup>1)</sup> Maximal 10 A RMS Dauerstrom im Mikroschrittbetrieb <sup>1)</sup>
Ausgangsstrom über die Umgebungstemperatur	Maximal 10 A RMS Dauerstrom bei 45 °C <sup>2)</sup> Maximal 8,6 A RMS Dauerstrom bei 50 °C <sup>2)</sup> Maximal 6,3 A RMS Dauerstrom bei 55 °C <sup>2)</sup> Maximal 5 A RMS Dauerstrom bei 60 °C <sup>2)</sup>
Zwischenkreiskapazität	440 µF
Schrittauflösung	32 Mikroschritte pro Vollschritt
Spannungsmessung	15 V – 73 V Bei Unterspannung < 15 V oder Überspannung > 73 V erfolgt eine hardwareseitige Abschaltung des Motorausgangs
Temperaturmessung	45 °C – 125 °C mittels NTC am Haltewinkel Temperaturwarnung bei 85 °C → softwareseitige Warnung Übertemperatur bei 95 °C → hardwareseitige Abschaltung des Motorausgangs
Motorkabellänge	Maximal 30 m

- 1) In den Betriebsmodi Halbschritt und Mikroschritt erfolgt eine Erhöhung der Stromamplitude um Faktor  $\sqrt{2}$ . Durch diese Stromerhöhung kann im Halbschrittbetrieb annähernd 95% Drehmoment des Vollschrittbetriebs und im Mikroschritt 100 % Drehmoment des Vollschrittbetriebs erreicht werden. Beim Halbschrittbetrieb muss die Stromerhöhung softwareseitig aktiviert werden.
- 2) Die angegebenen Ausgangsströme werden nur bei zusätzlicher Kühlung erreicht. Dies wird in der Regel durch die Befestigung der Baugruppe an einem gut wärmeleitenden (metallischen) Befestigungspunkt erreicht. Bei der in der Abbildung gezeigten Einbaulage muss zwischen zwei Modulen ein Abstand von mindestens 25 mm eingehalten werden, um eine optimale Kühlung zu garantieren.



3) SIGMATEK empfiehlt für Motoren mit Phasenstrom  $\leq 3,5$  A, aufgrund der höheren Genauigkeit der Strommessung, die Verwendung der Baugruppe VST 011 (16-014-011).

### Hinweis Resonanzfrequenz

**Beim Betrieb eines Schrittmotors kann es zu Resonanzen in bestimmten Frequenzbereichen kommen. Dies äußert sich durch Verlust bzw. durch eine Reduktion des Drehmoments => der Schrittmotor verliert Schritte. Das Phänomen ist durch den Aufbau des Schrittmotors bedingt und abhängig von der Belastung. Die Problematik kann durch Halb- oder Mikroschrittbetrieb minimiert bzw. vermieden werden.**

### Elektrische Anforderungen

Versorgungsspannung +24 V	18 – 30 V DC <sup>(1)</sup>
Stromaufnahme Versorgungsspannung +24 V	Maximal 300 mA (Elektronikversorgung) + Last der digitalen Ausgänge
Versorgungsspannung Schrittmotor	18 – 60 V DC
Stromaufnahme Versor- gungsspannung Schrittmotor	Entspricht der Last des Schrittmotors

<sup>(1)</sup> Die Versorgung muss galvanisch getrennt (doppelte oder verstärkte Isolierung) vom Netz (300 V Überspannungskategorie II) sein.

### Bremsen eines Schrittmotors

**Beim Abbremsen eines Schrittmotors kann es zu einem generatorischen Betrieb kommen, bei dem die kinetische Energie des Motors in elektrische umgewandelt wird. Die Energie des Motors wird dabei in die Versorgung der Schrittmotorendstufe zurückgespeist, wodurch es zum Anstieg der Versorgungsspannung kommt. Es ist darauf zu achten, dass die maximal zulässige Versorgungsspannung von 60 V nicht überschritten wird. Dafür ist eventuell eine externe Kapazität an der Motorversorgung notwendig, falls die Kondensatoren des Netzteils nicht ausreichen bzw. eine aktive Ballastschaltung, welche die überschüssige Energie in Wärme umwandelt.**

### Hinweis Spannungsrippel

**Um den Spannungsrippel im zulässigen Bereich ( $< 2V_{SS}$ ) zu halten, ist es erforderlich einen Elektrolytkondensator entsprechender Kapazität parallel zu den Motorversorgungsklemmen anzuschließen. Als Richtwert für die erforderliche Kapazität können ca. 2000  $\mu$ F pro Ampere Versorgungsstrom angenommen werden. Um ein günstiges EMV-Verhalten zu erreichen, empfiehlt es sich den Kondensator nahe der Schrittmotorendstufe zu montieren und die Anschlussleitungen kurz zu halten.**

**Das Ein- oder Ausstecken des Steckers an X6 während des Betriebs des Motors ist nicht zulässig!**

### Spannungsüberwachung

Versorgungsspannung +24 V	Versorgungsspannung > 18 V (DC OK-LED leuchtet grün)
Versorgungsspannung Schrittmotor	Versorgungsspannung > 18 V und < 60 V (DC OK-LED leuchtet grün)

### Sonstiges

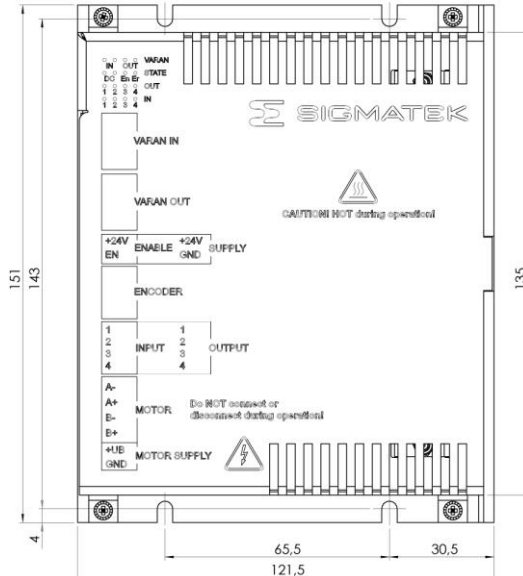
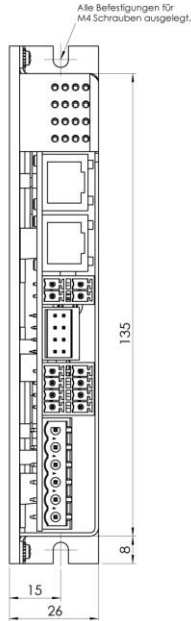
Artikelnummer	16-014-012
Hardwareversion	1.x
Zulassungen	CE, cULus

### Umgebungsbedingungen

Lagertemperatur	-20 – +85 °C	
Umgebungstemperatur	0 – +60 °C	
Luftfeuchtigkeit	0 – 95 %, nicht kondensierend	
Betriebsbedingungen	Verschmutzungsgrad 2	
EMV-Störfestigkeit	nach EN 61000-6-2 (Industriebereich)	
EMV-Störaussendung	nach EN 61000-6-4 (Industriebereich)	
Schockfestigkeit	EN 60068-2-27	150 m/s <sup>2</sup>
Schutzart	EN 60529	IP 20

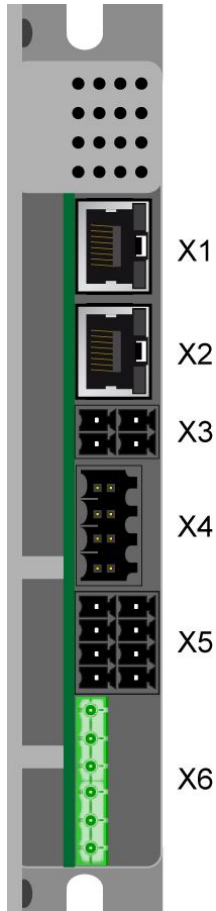
**Bitte beachten:  
Die VST 012 verfügt nicht über einen Sensor der Motortemperatur.**

# Mechanische Abmessungen



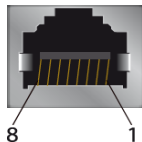


## Anschlussbelegung



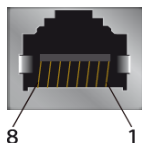
## Steckerbelegung

### X1: VARAN-In 8-poliger RJ45



Pin	Funktion
1	TX+
2	TX-
3	RX+
4	n.c.
5	n.c.
6	RX-
7	n.c.
8	n.c.

### X2: VARAN-Out 8-poliger RJ45



Pin	Funktion
1	TX+
2	TX-
3	RX+
4	n.c.
5	n.c.
6	RX-
7	n.c.
8	n.c.

n.c. = nicht verwenden

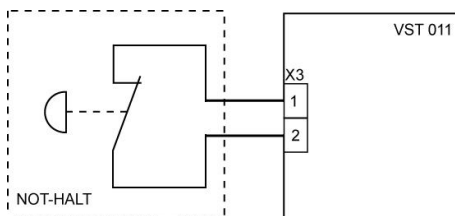
### X3: +24 V-Versorgung, Enable



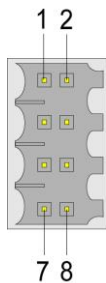
Pin	Funktion
1	+24 V für Enable
2	Enable
3	+24 V
4	GND

Hinweis: Codierreiter an Pin 1 und 4

### Beispiel für die Verdrahtung eines NOT-HALTS auf den Enable-Eingang

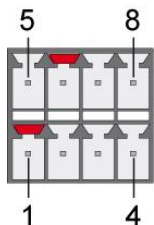


#### X4: Inkrementalgeber



Pin	Funktion
1	A-
2	A+
3	B-
4	B+
5	R-
6	R+
7	GND
8	+5 V-Geber

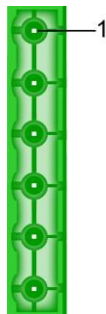
#### X5: Digitale Ein- und Ausgänge



Pin	Funktion
1	Eingang 1
2	Eingang 2
3	Eingang 3
4	Eingang 4
5	Ausgang 1
6	Ausgang 2
7	Ausgang 3
8	Ausgang 4

Hinweis: Codierreiter an Pin 1 und 6

#### X6: Schrittmotor



Pin	Funktion
1	A-
2	A+
3	B-
4	B+
5	Motorspannung (18 – 60 V)
6	GND

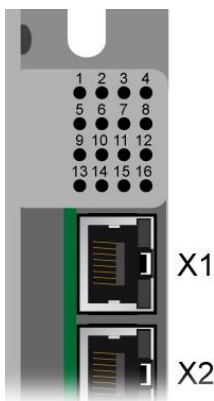
## Zu verwendende Steckverbinder

### Steckverbinder mit Federzugklemme:

- 1 x 8-pol. Weidmüller-Stecker B2L/B2CF 3,5/8
- 2 x 2-pol. Phoenix Contact FMC1,5/2-ST-3,5
- 2 x 4-pol. Phoenix Contact FMC1,5/4-ST-3,5
- 1 x 6-pol. Phoenix Contact FKC2,5HC/6-ST-5,08

Das komplette VARAN-Steckerset VKL 131 mit Federzugklemmen ist bei Sigmatek unter der Artikelnummer 16-600-131 erhältlich.

## Statusanzeigen

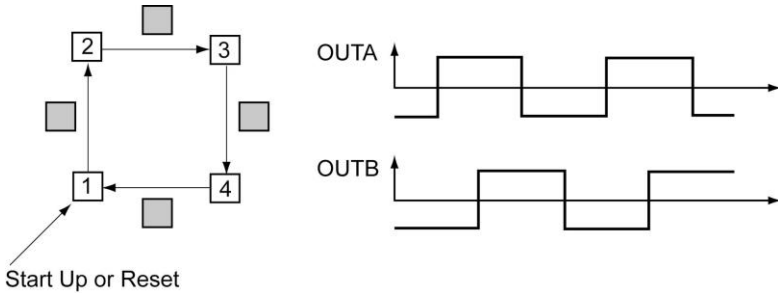


LED-Nr.	Zuordnung	Farbe	Funktion
1	VARAN-In Link	grün	Leuchtet, wenn die Verbindung zwischen den zwei PHYs hergestellt ist.
2	VARAN-In Active	gelb	Leuchtet, wenn Daten über den VARAN-Bus übertragen werden.
3	VARAN-Out Link	grün	Leuchtet, wenn die Verbindung zwischen den zwei PHYs hergestellt ist.
4	VARAN-Out Active	gelb	Leuchtet, wenn Daten über den VARAN-Bus übertragen werden.
5	24 V OK	grün	Leuchtet, wenn die Versorgungsspannung an X3 vorhanden ist (18 - 30 V).
6	Motorspannung OK	grün	Leuchtet, wenn die Motorspannung an X6 vorhanden ist (18 - 60 V).
7	Motor Enable	grün	Leuchtet, wenn die Ausgangsstufe des Motors freigegeben ist.
8	Error	rot	Leuchtet, wenn ein Fehler aufgetreten ist. - Motorversorgung < 18 V oder > 60 V - Kurzschluss +5 V I-Geberversorgung - Kurzschluss Motorausgang - Temperatur Motorendstufe über 95 °C
9	Ausgang 1	gelb	Leuchtet, wenn Ausgang 1 eingeschaltet ist.
10	Ausgang 2	gelb	Leuchtet, wenn Ausgang 2 eingeschaltet ist.
11	Ausgang 3	gelb	Leuchtet, wenn Ausgang 3 eingeschaltet ist.
12	Ausgang 4	gelb	Leuchtet, wenn Ausgang 4 eingeschaltet ist.
13	Eingang 1	grün	Leuchtet, wenn Eingang 1 HIGH ist.
14	Eingang 2	grün	Leuchtet, wenn Eingang 2 HIGH ist.
15	Eingang 3	grün	Leuchtet, wenn Eingang 3 HIGH ist.
16	Eingang 4	grün	Leuchtet, wenn Eingang 4 HIGH ist.

# Mögliche Betriebsmodi zur Motoransteuerung

## Vollschrittbetrieb

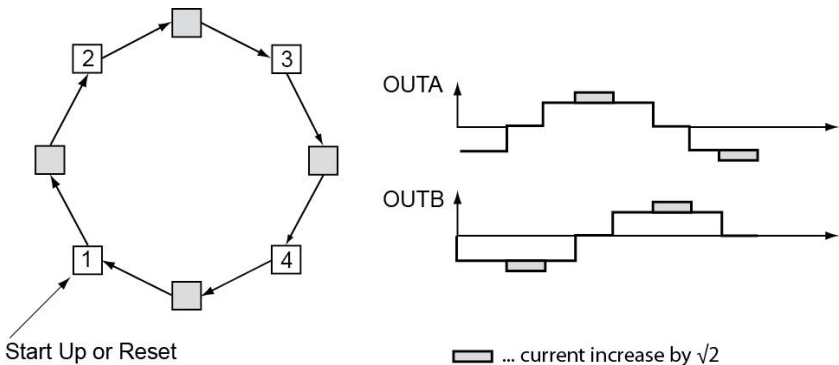
Im Vollschrittbetrieb werden die Wicklungen wie unten dargestellt bestromt. Dies hat zur Folge, dass der Motor nur volle Schritte ausführt. Er führt also bei einer Umdrehung die Nennschrittzahl des Motors aus.



## Halbschrittbetrieb

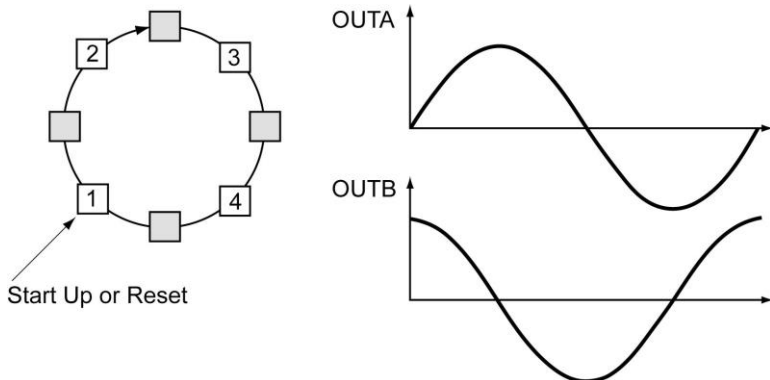
Im Halbschrittbetrieb werden die Wicklungen wie unten dargestellt bestromt. Es wird nun zwischen jedem Vollschritt ein Zwischenschritt ausgeführt. Die Auflösung pro Umdrehung wird dadurch verdoppelt.

Beim Halbschrittbetrieb kann eine Stromerhöhung softwareseitig aktiviert werden, um annähernd 95% Drehmoment des Vollschrittbetriebs zu erreichen.



## Mikroschrittbetrieb

Beim Mikroschrittbetrieb werden die einzelnen Wicklungen mit einem annähernd sinusförmigen Strom beaufschlagt. Beim VST 012 wird die Sinusschwingung mit 128 Schritten aufgelöst. Daraus ergeben sich 32 Mikroschritte pro Vollschritt.



## Stromregelung Schrittmotor

Die Stromregelung des Schrittmotors wird durch die Stromanstiegszeit bzw. die Stromabfallszeit in der Motorwicklung beeinflusst. Diese Zeiten sind maßgeblich abhängig von der Höhe der Versorgungsspannung, der Induktivität und dem Wicklungswiderstand des Motors.

Die Stromanstiegszeit kann durch die Höhe der Versorgungsspannung beeinflusst werden. Je höher die Versorgungsspannung, umso schneller steigt der Strom in der Motorwicklung an.

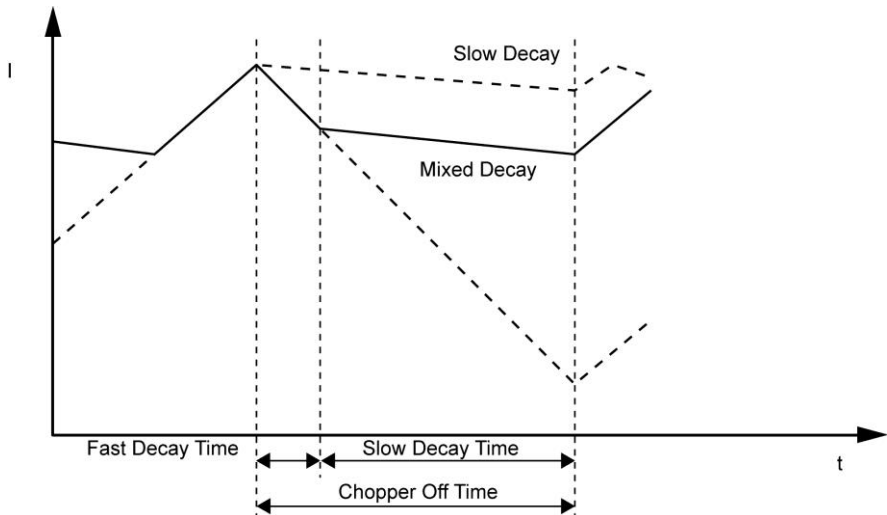
Die Stromabfallszeit in der Motorwicklung kann durch den Decay Mode beeinflusst werden.

Beim Slow Decay Mode wird die Motorwicklung über die H-Brücke kurzgeschlossen. Die in der Wicklung gespeicherte Energie wird über den Innenwiderstand des Motors und den Innenwiderstand der H-Brücke der Endstufe abgebaut.

Beim Fast Decay Mode geht das Abklingen des Stroms wesentlich schneller indem die Wicklung durch Umpolen kurzgeschlossen wird. Die in der Wicklung gespeicherte Energie wird dabei in die Versorgung zurückgespeist.

Werden beide Varianten beim Abklingen des Motorstroms verwendet spricht man vom Mixed Decay Mode. Bei diesem Modus werden die Vorteile beider Verfahren vereint. Es wird zuerst der Strom mittels Fast Decay auf eine Schwelle abgebaut und dann auf Slow Decay umgeschaltet um den Stromripple klein zu halten.

Durch Einstellung der „Chopper Off Time“ und der „Fast Decay Time“ wird der Decay Mode definiert ( $\text{Slow Decay Time} = \text{Chopper Off Time} - \text{Fast Decay Time}$ ).



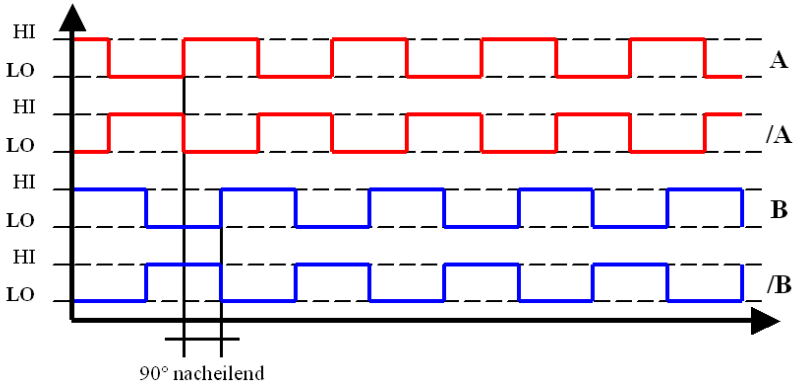


Der Stromregler arbeitet prinzipiell so, dass die H-Brücke die Motorwicklung aktiv bestromt bis der Stromsollwert erreicht wird. Danach wird der Stromabklingvorgang (abhängig vom definierten Decay Mode) eingeleitet.

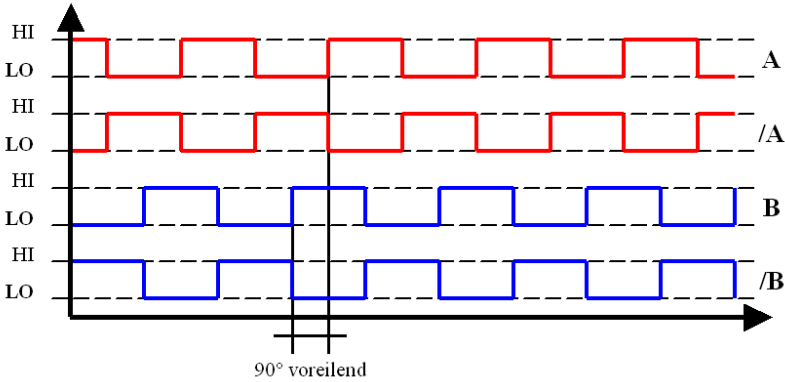
Immer, wenn die Motorwicklung über die H-Brücke geschaltet wird, entstehen durch das Laden bzw. Entladen parasitärer Kapazitäten Stromspitzen. Die Strommessung muss für diese Zeit (Blanking Time) deaktiviert werden. Die Blanking Time ist softwareseitig einstellbar.

## Signale des Inkrementalgebers

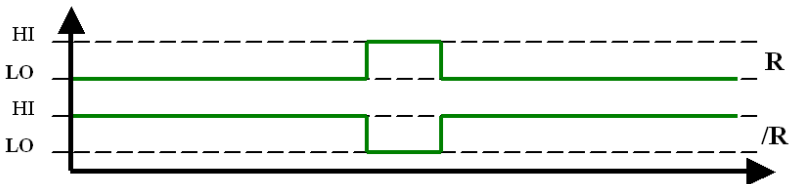
### Count UP



### Count DOWN



### Referenzimpuls (Zero Position)



## Einbau- und Verdrahtungshinweise

Um eine einwandfreie Funktion zu gewährleisten, ist ein sorgfältiger Einbau und eine sorgfältige Leitungsführung unbedingt einzuhalten!

Folgende Richtlinien sind zu beachten:

- Das Gehäuse des VST 012 muss an der geerdeten metallischen Montageplatte des Schaltschranks befestigt werden, um die notwendige Kühlung des Leistungsteils sowie die notwendige Masseanbindung zu gewährleisten!
- Um das Einkoppeln von Störungen zu vermeiden, müssen folgende Leitungen ordentlich geschirmt werden:
  - VARAN IN/OUT => siehe Schirmungsempfehlung VARAN
  - I-Geber
  - Motor

Es wird empfohlen den Schirm vor der Baugruppe im Schaltschrank aufzulegen!

- Die Parallelführung von Signalleitungen mit Laststromkreisen sollte vermieden werden!
- Allgemeines zu den digitalen Ausgängen:

Die 4 Ausgänge werden aus dem +24 V-Anschluss versorgt (X3).

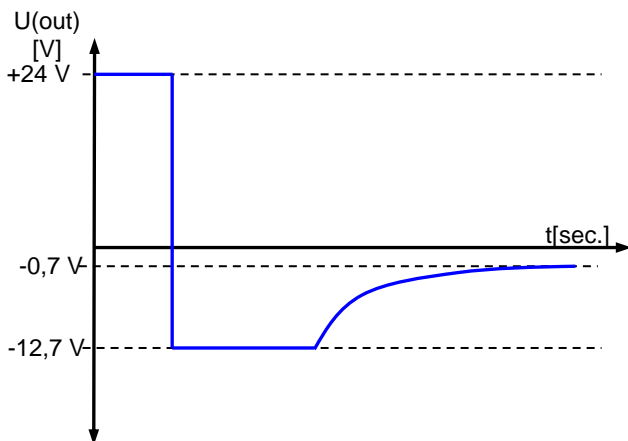
Der Leitungsquerschnitt der +24 V, sowie auch der 0 V-Speisung, muss für den maximal aus einer Gruppe entnommenen Ausgangsstrom ausgelegt werden.

Das Anlegen einer Spannung an einen Ausgang, welche die Versorgungsspannung um mehr als 0,7 V übersteigt, ist unzulässig.

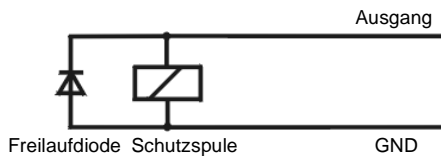
Jeweils 4 Ausgänge sind intern gegen +24 V zusätzlich schutzbeschaltet. Das Abschalten induktiver Lasten wird wie am Bild dargestellt auf  $-12,7$  V begrenzt. Es wird jedoch eine zusätzliche Schutzbeschaltung direkt an induktiven Lasten empfohlen (Freilaufdiode), damit eine Störung des Systems durch Spannungsspitzen (z.B. Übersprechen auf Analogleitungen) vermieden wird. Dies hat jedoch zur Folge, dass die interne Spannungsbegrenzung nur mehr bis  $-0,7$  V wirksam ist.

Nur 60/75 °C Kupferleitungen verwenden!

### Abschalten induktiver Lasten



### Anschluss induktiver Lasten



## Schirmungsempfehlung VARAN

Das Echtzeit Ethernet Bussystem VARAN weist ein sehr robustes Verhalten im industriellen Umfeld auf. Durch die Verwendung der Standard Ethernetphysik nach IEEE 802.3 erfolgt eine Potentialtrennung zwischen einer Ethernetleitung und den Empfänger- bzw. Senderkomponenten. Nachrichten an einen Busteilnehmer werden im Fehlerfall durch den VARAN Manager sofort wiederholt. Es wird prinzipiell empfohlen die unten angeführten Schirmungsempfehlungen einzuhalten.

Bei Anwendungsfällen in welchen die Busleitung außerhalb des Schaltschranks verlegt werden muss, ist stets auf eine korrekte Schirmung zu achten. Insbesondere, wenn die Busleitung aus baulichen Gründen neben starken elektromagnetischen Störquellen verlegt werden muss. Es wird empfohlen, VARAN-Bus-Leitungen nach Möglichkeit nicht parallel mit leistungsführenden Kabeln zu verlegen.

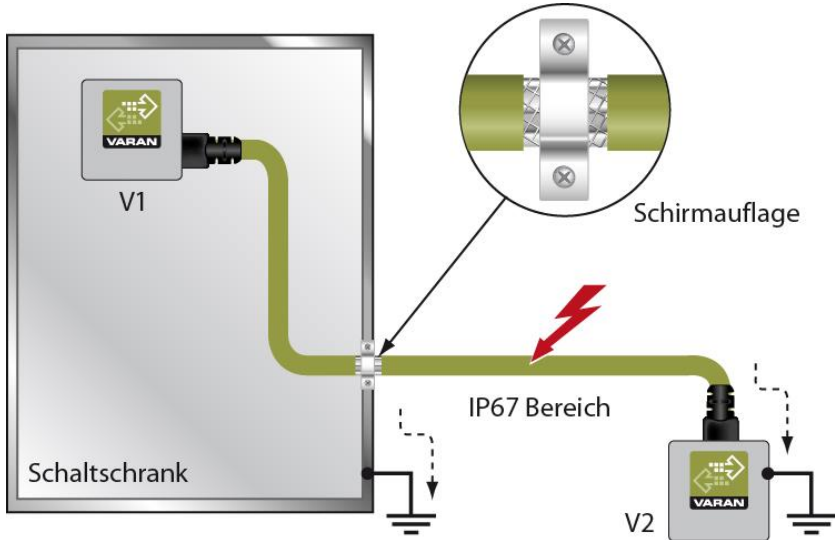
Die Firma SIGMATEK empfiehlt die Verwendung von Industrial Ethernet Busleitungen nach **CAT5e**.

Bei den Schirmungsvarianten wird empfohlen eine **S-FTP Busleitung** zu verwenden. Es handelt sich dabei um ein symmetrisches mehradriges Kabel mit ungeschirmten Paaren. Als Gesamtschirmung wird ein kombinierter Schirm aus Folie und Geflecht verwendet. Es wird empfohlen eine unlackierte Variante zu verwenden.

**Das VARAN-Kabel ist im Abstand von 20 cm vom Stecker gegen Vibrationen zu sichern!**

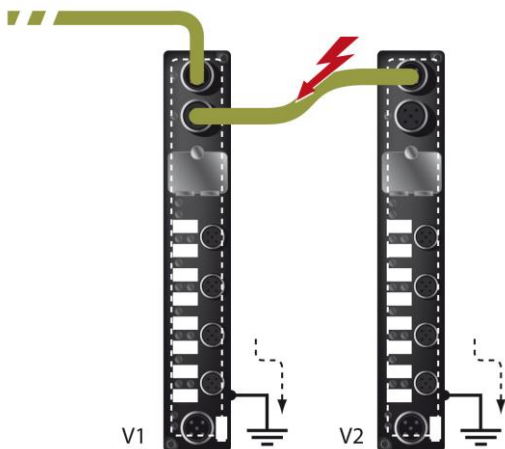
## 1. Leitungsführung vom Schaltschrank zu einer externen VARAN-Komponente

Wenn die Ethernet-Leitung von einer VARAN-Komponente zu einem VARAN-Knoten außerhalb des Schaltschranks erfolgt, so wird empfohlen die Schirmung am Eintrittspunkt des Schaltschrankgehäuses aufzulegen. Alle Störungen können dadurch vor den Elektronikkomponenten frühzeitig abgeleitet werden.



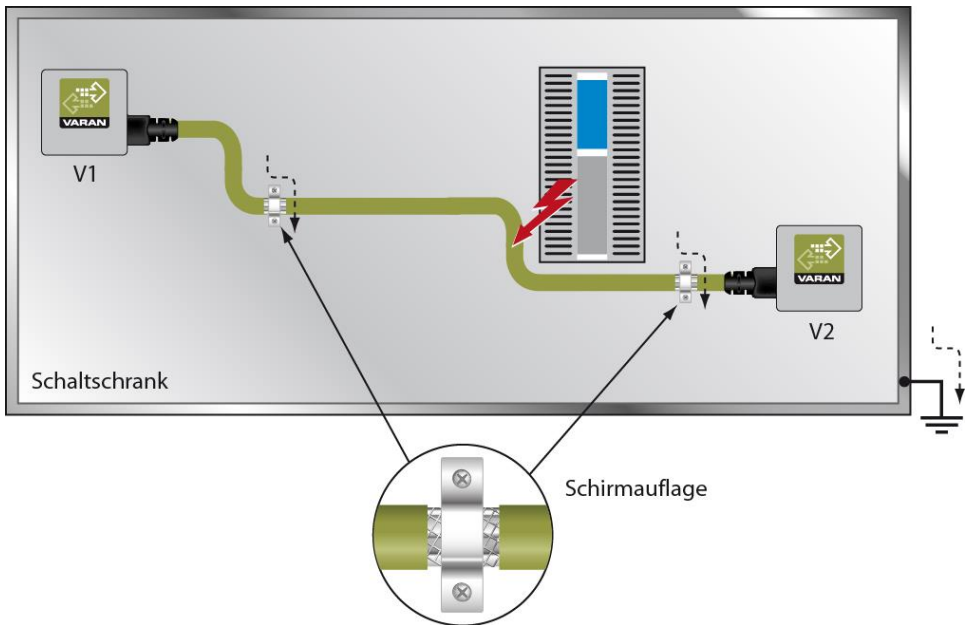
## 2. Leitungsführung außerhalb eines Schaltschranks

Wenn eine VARAN-Bus Leitung ausschließlich außerhalb des Schaltschranks verlegt wird, ist keine zusätzliche Schirmauflage erforderlich. Voraussetzung dafür ist, dass ausschließlich IP67-Module und Steckverbindungen verwendet werden. Diese Komponenten weisen eine sehr robuste und störteste Bauweise auf. Die Schirmung aller Buchsen von IP67-Modulen wird gemeinsam intern oder über das Gehäuse elektrisch verbunden, wobei die Ableitung von Spannungsspitzen dabei nicht durch die Elektronik erfolgt.



### 3. Schirmung bei einer Leitungsführung innerhalb des Schaltschranks

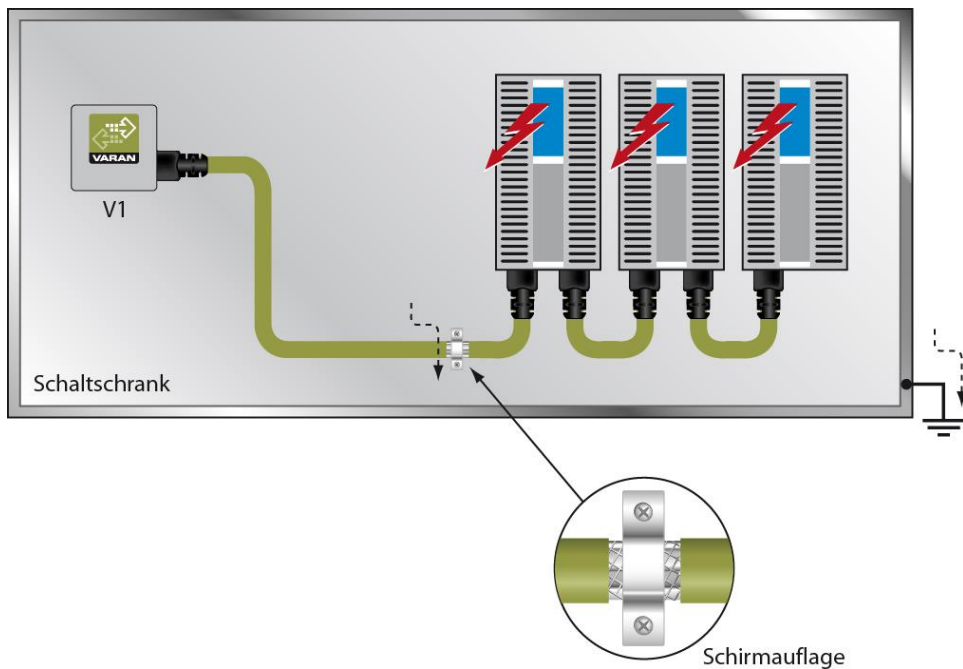
Bei starken elektromagnetischen Störquellen innerhalb des Schaltschranks (Drives, Transformatoren und dgl.) können Störungen auf eine VARAN-Bus-Leitung induziert werden. Die Ableitung der Spannungsspitzen erfolgt über das metallische Gehäuse einer RJ45-Steckverbindung. Störungen werden auf das Schaltschrankgehäuse ohne weitere Maßnahmen über die Platine einer Elektronikkomponente geführt. Um Fehlerquellen bei der Datenübertragung auszuschließen, wird empfohlen die Schirmung vor jeder elektronischen Komponente im Schaltschrank aufzulegen.





## 4. Anschluss von störungsbehafteten Komponenten

Beim Busanschluss von Leistungsteilen, welche starke elektromagnetische Störquellen darstellen, ist ebenfalls auf die Schirmungsausführung zu achten. Vor einem einzelnen Leistungsteil (oder einer Gruppe aus Leistungsteilen) sollte die Schirmung aufgelegt werden.



## 5. Schirmung zwischen zwei Schaltschränken

Müssen zwei Schaltschränke mit einer VARAN-Bus Leitung verbunden werden, so wird empfohlen, den Schirm an den Eintrittspunkten der Schaltschränke aufzulegen. Störungen können dadurch nicht bis zu den Elektronikkomponenten im Schaltschrank vordringen.

