Elektro-Automatik



BEDIENERHANDBUCH

EA-PU 10000 4U

Programmierbare DC-Leistungseinheit

Bedienung, Fernsteuerung

© EA Elektro-Automatik 2025 / Irrtümer und Änderungen vorbehalten

Revision: 02

INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeines

1.1 Zu diesem Dokument 4
1.1.1 Vorwort 4
1.1.2 Urheberschutz (Copyright) 4
1.1.3 Geltungsbereich 4
1.1.4 Symbole und Hinweise 4

2. Bedienung und Verwendung (2)

2.1 Regelungsarten 5
2.1.1 Spannungsregelung / Konstantspannung 5
2.1.2 Stromregelung / Konstantstrom / Strombegrenzung 5
2.1.3 Leistungsregelung / Konstantleistung / Leistungs-begrenzung 6
2.1.4 Innenwiderstandsregelung 6
2.1.5 Istwertfilterung 7
2.1.6 Schnellentladung 7
2.1.7 STBY Nullstabilisierung 8
2.2 Fernsteuerung 9
2.2.1 Allgemeines 9
2.2.2 Fernsteuerung über digitale Schnittstelle 9
2.2.3 Schnittstellenüberwachung 10
2.2.4 Fernsteuerung über Analogschnittstelle 12

3. Weitere Anwendungen (2)

3.1 Parallelschaltung als Master-Slave (MS) 17
3.1.1 Einschränkungen & Erfordernisse 18
3.1.2 Verkabelung der DC-Ausgänge 18
3.1.3 Verkabelung des Share-Bus‘ 18
3.1.4 Verkabelung des Master-Slaves-Busses 18
3.1.5 Gemischte Systeme 19
3.1.6 Konfiguration des Master-Slave-Betriebs 19
3.1.7 Bedienung des Master-Slave-Systems 20
3.1.8 Alarm- und andere Problemsituationen 20
3.2 SEMI F47 21
3.2.1 Einschränkungen 21
3.2.2 Einstellmöglichkeiten 21
3.2.3 Anwendung 21

4. Instandhaltung & Wartung (2)

4.1 Firmware-Aktualisierungen 22

Achtung! Dieser Anleitung der sich mit der Fernsteuerung über eine digitale Schnittstelle befasst gilt nur für Geräte mit einer Firmware ab „KE: 3.10“, „HMI: 2.06“ und „DR: 1.0.2.20“ oder höher.

1. Allgemeines

1.1 Zu diesem Dokument

1.1.1 Vorwort

Dieses Dokument bildet, zusammen mit einer separaten Installationsanleitung, die Gebrauchsdokumentation für die in *«1.1.3 Geltungsbereich»* gelisteten Gerätemodelle. Es erläutert manuelle Bedienung und andere Funktionalitäten.

1.1.2 Urheberschutz (Copyright)

Nachdruck, Vervielfältigung oder auszugsweise, zweckentfremdete Verwendung dieses Dokuments sind nicht gestattet und können bei Nichtbeachtung rechtliche Schritte nach sich ziehen.

1.1.3 Geltungsbereich

Dieses Dokument gilt für folgende Geräte, sowie für deren Abvarianten:

Modell
EA-PU 10060-1000 4U
EA-PU 10080-1000 4U
EA-PU 10200-420 4U
EA-PU 10360-240 4U
EA-PU 10500-180 4U
EA-PU 10750-120 4U
EA-PU 10920-125 4U
EA-PU 11000-80 4U
EA-PU 11500-60 4U
EA-PU 12000-40 4U

1.1.4 Symbole und Hinweise

Warn- und Sicherheitshinweise, sowie allgemeine Hinweise in diesem Dokument sind stets in einer umrandeten Box und mit einem Symbol versehen:

	Hinweissymbol für allgemeine Sicherheitshinweise (Gebote und Verbote zur Schadensverhütung) oder für den Betrieb wichtige Informationen
	*Allgemeiner Hinweis*

2. Bedienung und Verwendung (2)

2.1 Regelungsarten

Ein Gerät wie dieses beinhaltet intern einen oder mehrere Regelkreise, die Spannung, Strom und Leistung durch Soll-Istwert-Vergleich auf die eingestellten Sollwerte regeln sollen. Die Regelkreise folgen dabei typischen Gesetzmäßigkeiten der Regelungstechnik. Jede Regelungsart hat ihre eigene Charakteristik, die nachfolgend grundlegend beschrieben wird. Wichtige Hinweise:

- *Leerlauf, also Betrieb eines Netzgerätes ohne jegliche Last, ist keine normale und zu betrachtende Betriebsart und kann zu falschen Messergebnissen führen*
- *Der optimale Arbeitspunkt des Gerätes liegt zwischen 50% und 100% Spannung und Strom*
- *Es wird empfohlen, das Gerät nicht unter 10% Spannung und Strom zu betreiben, damit technische Daten wie Ripple und Ausregelungszeiten eingehalten werden können*

2.1.1 Spannungsregelung / Konstantspannung

Spannungsregelung wird auch Konstantspannungsbetrieb (kurz: CV) genannt.

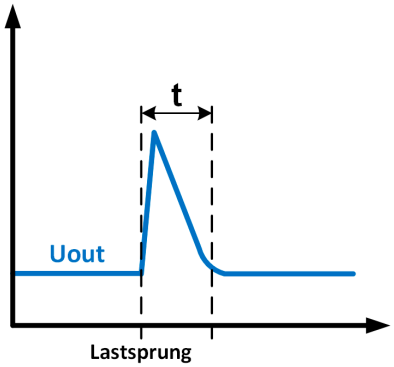
Die DC-Ausgangsspannung wird bei Netzgeräten konstant auf dem eingestellten Wert gehalten, sofern der in den Verbraucher fließende Strom den eingestellten Strommaximalwert bzw. sofern die vom Verbraucher entnommene Leistung nach $P = U_{AUS} * I_{AUS}$ nicht den eingestellten Leistungsmaximalwert erreicht. Sollte einer dieser Fälle eintreten, so wechselt das Gerät automatisch in die Strombegrenzung bzw. Leistungsbegrenzung, je nach dem was zuerst zutrifft. Dabei kann die Ausgangsspannung nicht mehr konstant gehalten werden und sinkt auf einen Wert, der sich durch das ohmsche Gesetz ergibt.

Solange der DC-Ausgang eingeschaltet und Konstantspannungsbetrieb aktiv ist, wird der Zustand „CV-Betrieb aktiv“ als Signal auf der analogen Schnittstelle ausgegeben, kann aber auch als Status über die digitalen Schnittstellen ausgelesen werden.

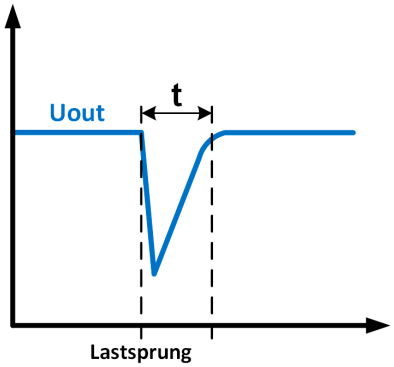
2.1.1.1 Regelungsspitzen

Der Spannungsregler des Gerätes benötigt im CV-Modus nach einem Lastwechsel etwas Zeit, um die Ausgangsspannung wieder auf den eingestellten Wert auszuregeln. Technisch bedingt führt ein Lastsprung von einem kleinen Strom zu einem hohen (Belastung) zu einem kurzzeitigen Einbruch der Ausgangsspannung, sowie ein Lastsprung von einem hohen Strom zu einem niedrigen (Entlastung) zu einer kurzzeitigen Erhöhung der Ausgangsspannung. Die Dauer der Ausregelung kann über eine Umschaltung der Spannungsreglergeschwindigkeit beeinflusst werden. Gegenüber der Einstellung **Normal** (Standardwert), verringert **Schnell** die Dauer und verkürzt den Einbruch, kann aber Überschwinger zur Folge haben. **Langsam** hingegen hat den gegenteiligen Effekt. Die Regelungsgeschwindigkeit kann über die **Settings**-App von **EA Power Control** gesetzt werden.

Verdeutlichungen:



Beispiel Entlastung: die Ausgangsspannung steigt kurzzeitig über den eingestellten Wert. t = Ausregelzeit



Beispiel Belastung: die Ausgangsspannung bricht kurzzeitig unter den eingestellten Wert ein. t = Ausregelzeit

2.1.2 Stromregelung / Konstantstrom / Strombegrenzung

Stromregelung wird auch Strombegrenzung oder Konstantstrombetrieb (kurz: CC) genannt.

Der DC-Ausgangsstrom wird bei Netzgeräten konstant auf dem eingestellten Wert gehalten, wenn der in den Verbraucher fließende Strom den eingestellten Stromsollwert erreicht. Der aus einem Netzgerät fließende Strom ergibt sich aus der eingestellten Ausgangsspannung und dem tatsächlichen Widerstand des Verbrauchers. Ist der Strom unter dem eingestellten Wert, findet Spannungsregelung oder Leistungsregelung statt. Erreicht der Strom den eingestellten Wert, wechselt das Gerät automatisch in Konstantstrombetrieb. Wenn jedoch die vom Verbraucher entnommene Leistung den eingestellten Leistungsmaximalwert erreicht, wechselt das Gerät automatisch in Leistungsbegrenzung und stellt Ausgangsspannung und Ausgangsstrom nach P = U * I ein.

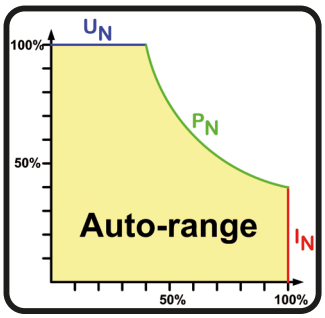
Solange der DC-Ausgang eingeschaltet und Konstantstrombetrieb aktiv ist, wird der Zustand „CC-Betrieb aktiv“ per LED „CC“ am vorderseitigen Bedienteil angezeigt, kann aber auch als Status über die digitalen Schnittstellen ausgelesen werden.

2.1.2.1 Spannungsüberschwinger

In bestimmten Situationen können Spannungsüberschwinger auftreten, z. B. wenn das Gerät in der Strombegrenzung ist und die Spannung sich ungeregelt unter dem Sollwert befindet und wenn es dann schlagartig entlastet wird. Das kann durch ein sprunghaftes Heraufsetzen des Stromsollwertes bedingt sein, wodurch das Gerät CC verlässt, oder auch das Wegschalten der Last durch eine externe Trenneinheit. In beiden Fällen schwingt die Spannung über den gesetzten Sollwert für eine unbestimmte Zeit über. Die Höhe des Überschwingers sollte 1-2% vom Spannungsnennwert des Gerätes nicht überschreiten, die Dauer ist bestimmt von der Größe der Ausgangskapazität und deren momentanen Ladezustand.

2.1.3 Leistungsregelung / Konstantleistung / Leistungsbegrenzung

Leistungsregelung, auch Leistungsbegrenzung oder Konstantleistung (kurz: CP) genannt, hält die DC-Ausgangsleistung bei Netzgeräten konstant auf dem eingestellten Wert, wenn der in den Verbraucher fließende Strom in Zusammenhang mit der eingestellten Ausgangsspannung und dem Widerstand des Verbrauchers nach $P = U * I$ bzw. $P = U^2 / R_{LAST}$ den eingestellten Leitungsmaximalwert erreicht. Die Leistungsbegrenzung regelt dann den Ausgangsstrom nach $I = SQR(P / R)$ (R = Widerstand des Verbrauchers) bei der eingestellten Ausgangsspannung ein.



Die Leistungsbegrenzung arbeitet nach dem Auto-range-Prinzip, so dass bei geringer Ausgangsspannung hoher Strom oder bei hoher Ausgangsspannung geringer Strom fließen kann, um die Leistung im Bereich P_N (siehe Grafik rechts) konstant zu halten.

Konstantleistungsbetrieb wirkt auf den internen Stromsollwert ein. Das bedeutet, der als maximal eingestellte Strom kann unter Umständen nicht erreicht werden, wenn der Leistungssollwert nach $I = P / U$ einen geringeren Strom ergibt und auf diesen begrenzt. Solange der DC-Ausgang eingeschaltet und Konstantleistungsbetrieb aktiv ist, kann der Zustand „CP-Betrieb aktiv“ nur als Status über die digitalen Schnittstellen ausgelesen werden.

2.1.3.1 Leistungsreduktion (Derating)

Die Modelle in dieser Serie sind in erster Linie für 400 V AC-Versorgung konzipiert, können aber auch an 208 V Drehspannung (USA, Japan) betrieben werden. Das bedingt jedoch eine automatische Reduktion der verfügbaren DC-Leistung auf 18 kW, damit der AC-Strom bei niedriger Versorgungsspannung nicht zu hoch wird.

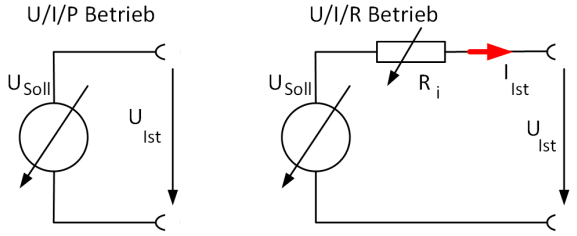
Die Umschaltung in den sogenannten „Derating-Modus“ erfolgt einmal nach dem Einschalten des Gerätes, wobei eine Erkennung der gegenwärtig anliegenden AC-Spannung erfolgt. Das heißt, wenn geringe Spannung erkannt wurde, bleibt das Gerät so lange leistungsreduziert, wie es eingeschaltet ist, auch wenn die Spannung zwischenzeitlich wieder hochgesetzt würde, denn die Umschaltung erfolgt nicht dynamisch mitten im Betrieb. Die volle Nennleistung ist daher nur verfügbar wenn beim Start eine Netznennspannung ab 380 V anliegt.

Dass ein PU 10000 Gerät im Derating arbeitet, ist äußerlich nicht erkennbar. Der Zustand kann nur per digitaler Schnittstelle erfasst werden. In diesem Modus sind alle auf die Leistung bezogenen Einstellwerte angepasst auf die reduzierte Leistung. Das gilt auch für Master-Slave-Betrieb von leistungsreduzierten Geräten.

2.1.4 Innenwiderstandsregelung

Innenwiderstandsregelung (kurz: CR) bei Netzgeräten ist eine Simulation eines imaginären, variablen Innenwiderstandes, der in Reihe zum Verbraucher liegt und nach dem ohmschen Gesetz einen Spannungsabfall bedingt, der die tatsächliche Ausgangsspannung von der eingestellten um den berechneten Betrag abweichen lässt. Das funktioniert in den Modi CC und CP genauso, jedoch weicht hier die tatsächliche Ausgangsspannung noch mehr von der eingestellten ab, weil diese beiden Modi die Spannung zusätzlich begrenzen. CR-Modus läuft eigentlich als CV-Modus, wird aber mit „CR“-Status über die digitalen Schnittstellen auslesbar, sobald der eingestellte Widerstand erreicht wurde.

Der einstellbare Widerstandsbereich des Gerätes ist in den technischen Daten angegeben. Die Regelung der Ausgangsspannung anhand des Ausgangsstromes erfolgt rechnerisch durch einen schnellen FPGA-Controller und ist dabei nur unmerklich langsamer als andere Regler im Gerät. Verdeutlichung:



$$U_{Ist} = U_{Soll} - I_{Ist} * R_{Soll} \quad \Big| P_{Soll}, I_{Soll}$$

$$P_{Ri} = (U_{Soll} - U_{Ist}) * I_{Ist}$$

2.1.5 Istwertfilterung

Ab bestimmten Firmwares (hier: HMI 4.05 und KE 3.08) unterstützt das Gerät eine aktivier- und konfigurierbare Filterung der Istwerte, deren Zweck eine Glättung periodisch über analoge oder digitale Schnittstelle ausgelesener Istwerte ist. Die Filterung, sofern aktiviert, findet in der Form statt, dass das Gerät intern eine bestimmte, einstellbare Anzahl von Messungen der drei Istwerte von Spannung, Strom und Leistung im internen Speicher aufzeichnet und über diese einen Mittelwert bildet. Dieser wird dann als nächster aktueller Istwert auf allen Ausgabepunkten ausgegeben.

Die Wahl des Modus erfolgt, wie bei anderen Konfigurationsmöglichkeiten, entweder in direkter Fernsteuerung per ModBus- oder SCPI-Protokoll oder per **EA Power Control**. in der Settings-App unter **Allgemein->Istwert-Filtermodus**. Die Modi **Fixiert** (engl.: fixed) und **Gleitend** (engl.: moving) unterscheiden sich wie folgt:

- **Fixiert**: die gewählte Anzahl von Messwerten wird zur Mittelwertbildung herangezogen, danach wird der Speicher gelöscht und neue x Messwerte erfasst
- **Gleitend**: der Mittelwert wird immer über die zuletzt erfassten x Messwerte gebildet, die im Speicher liegen, und wenn die nächste Messung erfolgt, rutschen Messwerte nach. In diesem Modus bleibt eine gewisse Anzahl an Messwerten im Speicher und wird dann über mehrere Mittelwertbildungen hinweg mit einbezogen.

Zusätzlich zum Modus kann der Benutzer die in **EA Power Control** genannte **Istwert-Filterpuffergrösse** (Filterstufe) zwischen 2 und 24 wählen. Dabei gilt die Regel, dass das Gerät etwa alle 20 ms neue Istwerte (U, I, P) bereitstellen kann, wenn die Filterung nicht aktiviert ist. Die Stufe ist bei aktivierter Filterung ein Multiplikator. Demnach muss bei der höchsten Stufe 24 mit einer Zeit von 480 ms zwischen dem letzten und dem nächsten Satz an Istwerten gerechnet werden.

2.1.6 Schnellentladung

Die Modelle dieser Serie sind alle bidirektional und können dank der eingebauten Senke-Funktionalität die Ausgangsspannung im Quelle-Betrieb selbst sehr schnell abbauen, indem die Kapazitäten am Ausgang und eventuell an einer angeschlossenen, externen Quelle vorhanden durch einen hohen Senkestrom (bis zum eingestellten Sollwert) entladen werden. Auf diese Weise erfolgt das jedoch nur solange der DC-Anschluss eingeschaltet ist.

Nach dem Ausschalten arbeitet die Leistungsstufe nicht mehr als Senke, sondern eine kleinere, interne elektronische Last mit geringer Leistung wird aktiv, um die geräteeigene Ausgangspannung in unter 10 Sekunden auf unter 60 V zu entladen. Das ist eine Sicherheitsfunktionalität. Danach sinkt die Ausgangsspannung zwar weiter in Richtung 0 V, aber langsamer.

Das Feature **Schnellentladung** ist eine neue Funktionalität, die ab der Firmware KE 3.10 für alle 10000er Netzgeräteserien verfügbar ist. Ziel ist es hier, die Ausgangsspannung nach dem Ausschalten des DC-Anschlusses gezielt schneller zu entladen. Das Feature kann wahlweise aktiviert werden (siehe ModBus-Registerliste, Register 30101-30104). Dazu gehören die drei Einstellwerte **Schnellentladestrom**, **Schnellentladespannung** und **Schnellentladedauer**. Der Spannungswert bestimmt dabei, bis wohin die Spannung durch den gesetzten Strom schnellentladen werden soll. Das Gerät überschreibt den normalen gesetzten Senke-Stromsollwert in dieser Situation mit dem Schnellentladestromwert und setzt den Leistungssollwert temporär auf das Maximum von 102% P_{Nenn}.

Da die Dauer der Entladung von der Startspannung, dem machbaren Senkestrom des Gerätes, sowie der Ausgangskapazität abhängt, ist nicht genau definiert, welches Modell wann mit der Entladung fertig ist. Daher kann die **Schnellentladedauer** den Zeitraum zum Einen ausreichend ausdehnen und zum Anderen auch eingrenzen. Das Maximum von 5 Sekunden sollte in jedem Fall zeitlich ausreichend sein, die Spannung selbst bis auf 0 V zu entladen, außer eine externe Quelle verhindert das.

Als Effekt bleibt der DC-Anschluss statusmäßig für die gesetzte **Schnellentladedauer** eingeschaltet, nachdem per manueller Betätigung der On/Off-taste oder per Befehl in der Fernsteuerung dem Gerät kommandiert wurde, den DC-Anschluss auszuschalten. Im Normalfall springt dann die Spannung bei entsprechend hoch gesetztem Schnellentladestrom in kurzer Zeit auf den gesetzten Wert der **Schnellentladespannung** und, sofern diese nicht 0 V ist, entlädt sich danach langsamer weiter wie sonst auch, wenn das Feature **Schnellentladung** deaktiviert ist.

Verdeutlichung:

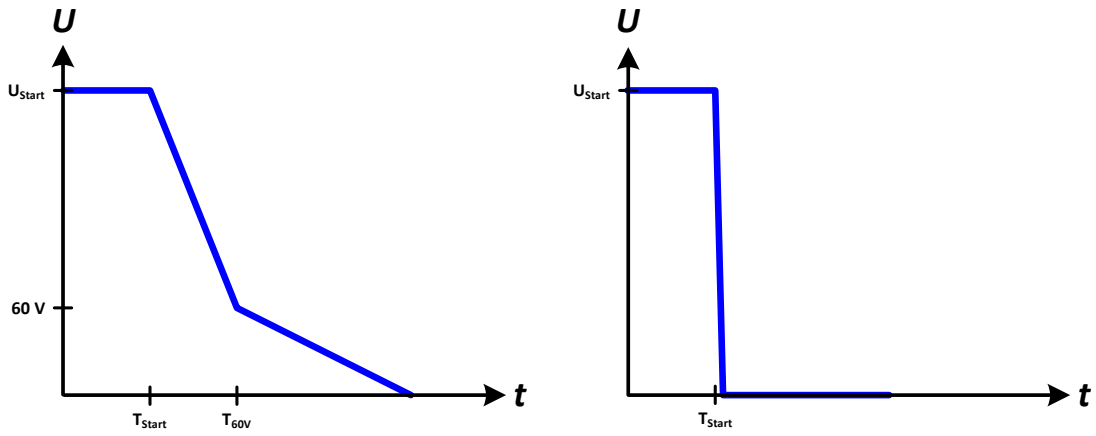


Bild 1 - Vergleich des Ausgangsspannungsverlaufs nach dem Ausschalten des DC-Anschlusses ohne (links) und mit Schnellentladung (auf 0 V, rechts)

Dieses Feature ist softwarebasiert und funktioniert daher nicht in Situationen, wo der DC-Anschluss durch z. B. einen Gerätealarm ausgeschaltet wird. Das inkludiert das Ausschalten des Gerätes selbst.

2.1.7 STBY Nullstabilisierung

Dieses ab der Firmware KE 3.10 für alle Modelle der 10000er Serien verfügbare Feature ist standardmäßig deaktiviert und kann bei Bedarf aktiviert werden (siehe ModBus-Registerliste, Register 30100). Es dient lediglich der Stabilisierung des Spannungsistwertes nach dem Ausschalten des DC-Anschlusses und nachdem die Spannung unter eine gewisse Schwelle (hier: 3 V, modellunabhängig) gesunken ist. **STBY** steht für das englische stand-by und meint den Zustand des ausgeschalteten DC-Anschlusses.

Technisch bedingt können der angezeigte Spannungsistwert und auch die tatsächliche Ausgangspannung schwanken bzw. leicht über 0 V liegen. Gründe dafür sind die getakteten Leistungsstufe, parasitäre Kapazitäten, sowie Messfehler. Dieses Feature, wenn aktiviert, überschreibt den Spannungsistwert mit 0 V, solange sich die am DC-Anschluss gemessene, tatsächliche Spannung unter der Schwelle von 3 V befindet. Da das Gerät auch bei ausgeschaltetem DC-Anschluss die vorhandene Spannung an diesem erfasst und somit auch die von angeschlossenen, externen Quellen messen würde, sind in dem Fall Istwertsprünge zwischen 3 V und 0 V in beide Richtungen zu erwarten und normal. Damit werden die Schwankungen um dem Nullpunkt herum unterdrückt.

2.2 Fernsteuerung

2.2.1 Allgemeines

Fernsteuerung ist bei Geräten dieser Serie essentiell, z. B. bei Master-Slave. Grundsätzlich ist Fernsteuerung über alle eingebauten Schnittstellen möglich. Wichtig ist dabei, dass entweder nur eine der nach außen nutzbaren Schnittstellen oder ein Master-Gerät im Eingriff sein kann. Das bedeutet, wenn man zum Beispiel versuchen würde bei aktivem Master-Slave-Betrieb auf Fernsteuerung per digitaler Schnittstelle umzuschalten, würde das Gerät auf der digitalen Schnittstelle einen Fehler zurückmelden. Im umgekehrten Fall würde das Master-Gerät das bereits ferngesteuerte Slave-Gerät nicht einbinden können. In beiden Fällen ist jedoch Monitoring, also das Überwachen des Status' bzw. das Auslesen von Werten, über beide USB-Ports immer möglich.

2.2.2 Fernsteuerung über digitale Schnittstelle

2.2.2.1 Schnittstellenwahl

Zusätzlich zur serienmäßig eingebauten USB- und Ethernetschnittstelle unterstützen alle Modelle dieser Serie folgende optional erhältliche Schnittstellen-Module:

Kurzbezeichnung	Typ	Ports	Beschreibung*
IF-AB-CANO	CANopen	1	CANopen Slave mit Generic EDS
IF-AB-RS232	RS232	1	Standard RS232, seriell
IF-AB-PBUS	Profibus	1	Profibus DP-V1 Slave
IF-AB-PNET1P	Profinet/IO	1	Profinet DP-V1 Slave
IF-AB-PNET2P	Profinet/IO	2	Profinet DP-V1 Slave, mit Switch
IF-AB-CAN	CAN	1	CAN 2.0 A / 2.0 B
IF-AB-ECT	EtherCAT	2	Standard EtherCAT-Slave mit CoE
IF-AB-MBUS1P	ModBus TCP	1	ModBus TCP Protokoll über Ethernet
IF-AB-MBUS2P	ModBus TCP	2	ModBus TCP Protokoll über Ethernet

* Für technische Details zu den einzelnen Modulen siehe separate Dokumentation „Programmieranleitung Modbus & SCPI"

2.2.2.2 Hinterer USB-Port

Der hintere USB-Port bietet Zugang zu allen Funktionalitäten des Gerätes, genauso wie bei einem Gerät aus der Serie PS 10000, das mit seiner Anzeige und seinen Drehknöpfen quasi das Standardgerät zum PU 10000 ist. Daher gilt für diese Schnittstelle dieselbe Programmierdokumentation „Programmieranleitung ModBus & SCPI", sowie die ModBus-Registerliste „Modbus_Register_PU10000_KEx.xx+_DE.pdf".

2.2.2.3 Vorderer USB-Port

Der vordere USB-Port dient in erster Linie der Einstellung von auf den DC-Ausgang bezogenen Sollwerten und Schutzfunktionen, wenn das Gerät wahlweise einzeln ferngesteuert oder als Master betrieben werden soll.

Die Steuerung über diesen Port kann auch über die Software EA Power Control erfolgen, aber ebenso in eigene Applikationen eingebunden werden. Um dies zu tun, ist eine Programmier-Dokumentation verfügbar, die dem Gerät auf USB-Stick beiliegt.

Die Anzahl der über den vorderen USB-Port verfügbaren Funktionen ist gegenüber dem rückseitigen USB-Port reduziert. Trotzdem werden beide Kommunikationsprotokolle, SCPI und ModBus RTU, unterstützt. Es gibt, als Teil der Programmier-Dokumentation, für den vorderen USB-Port eine separate ModBus-Registerliste namens Modbus_Register_PUx10000_Front_HMIx.xx+_DE.pdf).

Für SCPI gibt es in der Programmieranleitung einen extra Abschnitt der die verfügbaren SCPI-Befehle aller Serien behandelt, wie nutzbar über den rückseitigen Port. Unten ist eine Übersicht der konkret am vorderen USB-Port unterstützten SCPI-Befehle. Die Erläuterung der Befehle finden Sie in der Programmieranleitung.

*IDN?	OUTPut[:STATe]
*CLS	OUTPut[:STATe]?
*RST	[SOURce:]CURRent
*ESE	[SOURce:]CURRent?
*ESE?	[SOURce:]CURRent:LIMit:HIGH
*ESR	[SOURce:]CURRent:LIMit:HIGH?
*STB?	[SOURce:]CURRent:LIMit:LOW
MEASure:[SCALar:]CURRent[:DC]?	[SOURce:]CURRent:LIMit:LOW?
MEASure:[SCALar:]POWer[:DC]?	[SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]
MEASure:[SCALar:]VOLTage[:DC]?	[SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]?

[SOURce:]POWer	SYSTem:CONFig:OCD:ACTion?
[SOURce:]POWer?	SYSTem:CONFig:OPD
[SOURce:]POWer:LIMit:HIGH	SYSTem:CONFig:OPD?
[SOURce:]POWer:LIMit:HIGH?	SYSTem:CONFig:OPD:ACTion
[SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]	SYSTem:CONFig:OPD:ACTion?
[SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]?	SYSTem:CONFig:OUTPut:RESTore
[SOURce:]RESistance	SYSTem:CONFig:OUTPut:RESTore?
[SOURce:]RESistance?	SYSTem:CONFig:OVD
[SOURce:]RESistance:LIMit:HIGH	SYSTem:CONFig:OVD?
[SOURce:]RESistance:LIMit:HIGH?	SYSTem:CONFig:OVD:ACTion
[SOURce:]VOLTage	SYSTem:CONFig:OVD:ACTion?
[SOURce:]VOLTage?	SYSTem:CONFig:UCD
[SOURce:]VOLTage:LIMit:HIGH	SYSTem:CONFig:UCD?
[SOURce:]VOLTage:LIMit:HIGH?	SYSTem:CONFig:UCD:ACTion
[SOURce:]VOLTage:LIMit:LOW	SYSTem:CONFig:UCD:ACTion?
[SOURce:]VOLTage:LIMit:LOW?	SYSTem:CONFig:USER:TEXT
[SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]	SYSTem:CONFig:USER:TEXT?
[SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]?	SYSTem:CONFig:UVD?
STATus:OPERation?	SYSTem:CONFig:UVD:ACTion
STATus:QUEStionable?	SYSTem:CONFig:UVD:ACTion?
SYSTem:ALARm:ACTion:PFAil	SYSTem:DEVice:CLAss?
SYSTem:ALARm:ACTion:PFAil?	SYSTem:ERRor:ALL?
SYSTem:ALARm:COUNt:OCURrent?	SYSTem:ERRor:NEXT?
SYSTem:ALARm:COUNt:OPOWer?	SYSTem:ERRor?
SYSTem:ALARm:COUNt:OTEMperature?	SYSTem:LOCK
SYSTem:ALARm:COUNt:OVOLtage?	SYSTem:LOCK?
SYSTem:ALARm:COUNt:PFAil?	SYSTem:LOCK:OWNer?
SYSTem:COMMunicate:TIMeout?	SYSTem:NOMinal:CURRent?
SYSTem:CONFig:MODE	SYSTem:NOMinal:POWer?
SYSTem:CONFig:MODE?	SYSTem:NOMinal:RESistance:MAXimum?
SYSTem:CONFig:OCD	SYSTem:NOMinal:RESistance:MINimum?
SYSTem:CONFig:OCD?	SYSTem:NOMinal:VOLTage?
SYSTem:CONFig:OCD:ACTion	

2.2.2.4 Programmierung

Details zur Programmierung mit den Kommunikationsprotokollen und verschiedenen Schnittstellen sind in der externen Dokumentation „Programmieranleitung ModBus & SCPI“ zu finden, die mit dem Gerät auf einem USB-Stick mitgeliefert wird bzw. als Download auf der Webseite des Geräteherstellers verfügbar ist.

2.2.3 Schnittstellenüberwachung

Die Funktionalität „Schnittstellenüberwachung“ dient zur Überwachung der digitalen Kommunikationsverbindung zwischen einer steuernden Einheit (PC, SPS usw.) und dem Gerät. Ziel der Überwachung ist es sicherzustellen, dass das Gerät bei einem Abbruch der Kommunikationsverbindung nicht einfach weiterarbeitet. Ein Abbruch kann entstehen, wenn eine Datenleitung physikalisch getrennt wird (Defekt, schlechter Kontakt, Kabel entfernt) oder die Schnittstelle im Gerät nicht mehr erwartungsgemäß funktioniert. Die Funktion ist konfigurierbar, aber nur über die Settings-App in **EA Power Control**.

Überwacht wird dabei immer nur die digitale Schnittstelle, über die das Gerät gesteuert wird. Das bedeutet auch, dass diese Überwachung inaktiv wird, solange ein Gerät sich nicht in Fernsteuerung befindet. Die Überwachung kann nur funktionieren, wenn innerhalb einer definierbaren Zeitspanne mindestens einmal mit dem Gerät kommuniziert wird. Dazu wird vom Anwender ein Timeout eingestellt, das vom Gerät jedesmal zurückgesetzt wird, wenn eine Nachricht eingeht.

Läuft das Zeitfenster jedoch ab, ist als Reaktion des Gerätes folgendes definiert:

- Die Fernsteuerung wird beendet
- Der DC-Ausgang, sofern eingeschaltet, wird entweder ausgeschaltet oder bleibt eingeschaltet, wie mit der Einstellung **Andere -> Zustand DC-Eingang/Ausgang nach Remote** in **EA Power Control** festlegbar

Hinweise zur Benutzung:

- Das Timeout der Schnittstellenüberwachung kann jederzeit geändert werden; der geänderte Wert wird erst wirksam, nachdem die Zeit des aktuellen Timeouts abgelaufen ist
- Die Schnittstellenüberwachung deaktiviert nicht das Ethernet-Timeout, somit können sich beide Timeouts überschneiden

2.2.4 Fernsteuerung über Analogschnittstelle

2.2.4.1 Allgemeines

Die fest eingebaute, galvanisch getrennte, 15-polige analoge Schnittstelle (unten meist kurz als **AS** referenziert) befindet sich auf der Rückseite des Gerätes und bietet folgende Möglichkeiten:

- Fernsteuerung von Strom, Spannung, Leistung und Innenwiderstand
- Fernüberwachung Status (CC/CP, CV, DC-Ausgang)
- Fernüberwachung Alarme (OT, OVP, OCP, OPP, PF)
- Fernüberwachung der Istwerte
- Ferngesteuertes Ein-/Ausschalten des DC-Ausganges

Das Stellen der Sollwerte über analoge Schnittstelle geschieht **immer zusammen**. Das heißt, man kann nicht z. B. die Spannung über die AS vorgeben und dabei Strom und Leistung per digitaler Schnittstelle setzen oder umgekehrt. Der OVP-Sollwert, sowie weitere Alarmschwellen können über die AS nicht ferngestellt werden und sind daher vor Gebrauch der AS am Gerät auf die gegebene Situation anzupassen. Die analogen Sollwerte können über eine externe Spannung eingespeist oder durch die am Pin 3 ausgegebene Referenzspannung erzeugt werden.

Die AS kann mit den gängigen Spannungsbereichen 0...5 V oder 0...10 V betrieben werden. Die Wahl des Spannungsbereiches und weiterer zur Analogschnittstelle gehöriger Einstellungen kann über ModBus-Register, SCPI-Befehle oder in der Settings-App von **EA Power Control** erfolgen. Die am Pin 3 (VREF) herausgegebene Referenzspannung wird mit angepasst. Es gilt somit folgendes:

Einstellung **5 V**: Referenzspannung = 5 V. 0...5 V Sollwert (VSEL, CSEL, PSEL, RSEL) entsprechen 0...100% Nennwert, 0...100% Istwert entsprechen 0...5 V an den Istwertausgängen (CMON, VMON).

Einstellung **10 V**: Referenzspannung = 10 V. 0...10 V Sollwert (VSEL, CSEL, PSEL, RSEL) entsprechen 0...100% Nennwert, 0...100% Istwert entsprechen 0...10 V an den Istwertausgängen (CMON, VMON).

Die Vorgabe von Sollwerten wird außerdem stets auf die jeweilig zugehörige Einstellgrenze (Limit) U-max, I-max usw. begrenzt, was die Vorgabe von zu hohen Stellwerten an den DC-Ausgang verhindern soll.

Bevor Sie beginnen: Unbedingt lesen, wichtig!



Nach dem Einschalten des Gerätes, während der Startphase, zeigt die AS unbestimmte Zustände an den digitalen Ausgängen, die bis zum Erreichen der Betriebsbereitschaft ignoriert werden müssen.

- Fernsteuerung des Gerätes erfordert die Umschaltung auf Fernsteuerbetrieb mit Pin REMOTE (5). Einzige Ausnahme ist der Pin REM-SB, der auch einzeln betrieben werden kann
- Bevor die Steuerung verbunden wird, welche die analoge Schnittstelle bedienen soll, ist zu prüfen, dass die Steuerung keine höheren Spannungen als spezifiziert (Tabelle in Abschnitt *2.2.4.3*) auf die Pins geben kann
- Die Sollwerteingänge VSEL, CSEL, PSEL bzw. RSEL, falls der R-Modus aktiviert ist, dürfen bei Fernsteuerung über die analoge Schnittstelle nicht unbeschaltet bleiben, da sonst schwebend (floating). Sollwerte, die nicht variabel sein müssen, können auf einen festen Stellwert gelegt werden (Brücke nach VREF oder anders)

2.2.4.2 Quittieren von Alarmmeldungen

Tritt während der Fernsteuerung über analoge Schnittstelle ein Gerätealarm auf, schaltet der DC-Ausgang genauso aus wie bei digitaler Fernsteuerung. Daraufhin vom Gerät ausgegebene Alarmmeldungen (siehe Abschnitt *3.5* im Installationshandbuch) erscheinen immer am vorderseitigen Bedienteil (LED „Error“). Die meisten davon können aber auch als Signal auf der analogen Schnittstelle ausgegeben werden (siehe Tabelle unten). Welche genau, das ist konfigurierbar.

Die Alarme MSS, OVP, OCP und OPP gelten als zu quittierende Fehler (siehe auch *«3.5.2 Gerätealarme und Events handhaben»* im Installationshandbuch). Sie können durch Aus- und Wiedereinschalten des DC-Ausgangs per Pin REM-SB quittiert werden, also eine HIGH-LOW-HIGH-Flanke (mind. 50ms für LOW bei gewählter Standardeinstellung für den logischen Pegel des Pins REM-SB).

Dasselbe wird bei den Alarmen PF und OT erforderlich, wenn die zugehörigen Einstellungen in **EA Power Control** in der Settings-App **Andere -> Zustand DC-Eingang/Ausgang nach OT-Alarm** bzw. **Andere -> Zustand DC-Eingang/Ausgang nach PF-Alarm** auf **Aus** gestellt sind. Dann soll der DC-Ausgang zunächst aus bleiben, auch wenn Pin REM-SB seinen Pegel beibehalten hat und weiterhin „ein“ anfordert.

Ein **Sonderfall** ist der nur beim 60 V-Modell zusätzlich mögliche Alarm SOVP (Safety OVP). Dieser kann nicht quittiert werden, sondern erfordert das Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes. Das Auftreten eines SOVP-Alarms kann auch über analoge Schnittstelle erfasst werden, aber nur wenn für Pin 6 die Alarmausgabe PF (einzeln oder zusammen mit OT) und für Pin 14 für die Alarmausgabe eine Kombi gewählt wurde, die OVP enthält. Der Alarm SOVP wird durch gleichzeitige Signalisierung von PF und OVP angezeigt.

2.2.4.3 Spezifikation der Analogschnittstelle

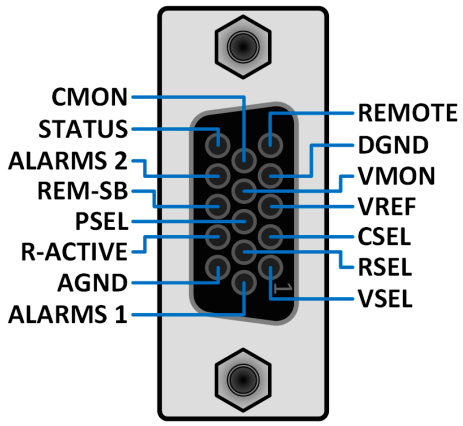
Pin	Name	Typ [1]	Bezeichnung	Standardpegel	Elektrische Eigenschaften
1	**VSEL**	AI	Sollwert Spannung	0…10 V bzw. 0…5 V entsprechen 0..100% von U_{Nenn}	Genauigkeit 0-5 V Bereich: < 0,4% [5 Genauigkeit 0-10 V Bereich: < 0,2% [5 Eingangsimpedanz R_i >40 k...100 k
2	**CSEL**	AI	Sollwert Strom	0…10 V bzw. 0…5 V entsprechen 0..100% von I_{Nenn}	
3	**VREF**	AO	Referenzspannung	10 V oder 5 V	Genauigkeit < 0,2% bei I_{max} = +5 mA Kurzschlussfest gegen AGND
4	**DGND**	POT	Digitale Masse		Für Steuer- und Meldesignale
5	**REMOTE**	DI	Umschaltung zwischen manueller und externer Steuerung	Extern = LOW, U_{Low} <1 V Manuell = HIGH, U_{High} >4 V Manuell, wenn Pin unbeschaltet	Spannungsbereich = 0…30 V I_{Max} = -1 mA bei 5 V $U_{LOW\ nach\ HIGH\ typ.}$ = 3 V Empf. Sender: Open collector gegen DGND
6	**ALARMS 1**	DO	Übertemperaturalarm / Power fail	Alarm = HIGH, U_{High} > 4 V Kein Alarm = LOW, U_{Low} <1 V	Quasi-Open-Collector mit Pull-up gegen Vcc [2 Bei 5 V am Pin fließen max. +1 mA I_{Max} = -10 mA bei U_{CE} = 0,3 V U_{Max} = 30 V Kurzschlussfest gegen DGND
7	**RSEL**	AI	Sollwert Widerstand	0…10 V bzw. 0…5 V entsprechen 0..100% von R_{Max}	Genauigkeit 0-5 V Bereich: < 0,4% [5 Genauigkeit 0-10 V Bereich: < 0,2% [5 Eingangsimpedanz R_i >40 k...100 k
8	**PSEL**	AI	Sollwert Leistung	0…10 V bzw. 0…5 V entsprechen 0..100% von P_{Nenn}	
9	**VMON**	AO	Istwert Spannung	0…10 V bzw. 0…5 V entsprechen 0..100% von U_{Nenn}	Genauigkeit 0-5 V Bereich: < 0,4% [5 Genauigkeit 0-10 V Bereich: < 0,2% [5 bei I_{Max} = +2 mA Kurzschlussfest gegen AGND
10	**CMON**	AO	Istwert Strom	0…10 V bzw. 0…5 V entsprechen 0..100% von I_{Nenn}	
11	**AGND**	POT	Analoge Masse		Für xSEL, xMON und VREF
12	**R-ACTIVE**	DI	Widerstandsregelung ein / aus	Ein = LOW, U_{Low} <1 V Aus = HIGH, U_{High} >4 V Aus, wenn Pin unbeschaltet	Spannungsbereich = 0…30 V I_{Max} = -1 mA bei 5 V $U_{LOW\ nach\ HIGH\ typ.}$ = 3 V Empf. Sender: Open collector gegen DGND
13	**REM-SB**	DI	DC-Ausgang aus (DC-Ausgang ein) (Alarm quittieren [4])	Aus = LOW, U_{Low} <1 V Ein = HIGH, U_{High} >4 V Ein, wenn Pin unbeschaltet	Spannungsbereich = 0…30 V I_{Max} = +1 mA bei 5 V Empf. Sender: Open-Collector gegen DGND
14	**ALARMS 2**	DO	Überspannung Überstrom Überleistung	Alarm = HIGH, U_{High} > 4 V Kein Alarm = LOW, U_{Low} <1 V	Quasi-Open-Collector mit Pull-up gegen Vcc [2 Bei 5 V am Pin fließen max. +1 mA I_{max} = -10 mA bei U_{ce} = 0,3 V, U_{max} = 0...30 V Kurzschlussfest gegen DGND
15	**STATUS** [3	DO	Spannungsregelung aktiv	CV = LOW, U_{Low} <1 V CC/CP/CR = HIGH, U_{High} >4 V	
			DC-Ausgang	Aus = LOW, U_{Low} <1 V Ein = HIGH, U_{High} >4 V	

(1 AI = Analoger Eingang, AO = Analoger Ausgang, DI = Digitaler Eingang, DO = Digitaler Ausgang, POT = Potential
(2 Interne Vcc ca. 10 V
(3 Nur eins von beiden Signalen möglich
(4 Nur während Fernsteuerung
(5 Der Fehler eines analogen Pins addiert sich zum allgemeinen Fehler des zugehörigen Wertes am DC-Ausgang des Gerätes

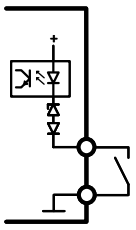
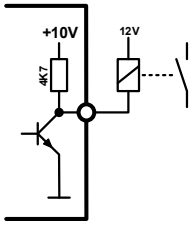
2.2.4.4 Auflösung

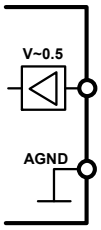
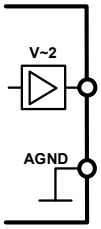
Intern wird die analoge Schnittstelle digital verarbeitet. Das bedingt eine bestimmte, maximal stellbare Auflösung. Diese ist für alle Sollwerte (VSEL usw.) und Istwerte (VMON/CMON) gleich und beträgt 26214 für 0...100%, zumindest bei Verwendung des 10 V-Bereiches. Bei gewähltem 5 V-Bereich halbiert sich diese Auflösung. Durch Toleranzen am analogen Eingang kann sich die resultierende Auflösung zusätzlich leicht verringern.

2.2.4.5 Übersicht Sub-D-Buchse



2.2.4.6 Prinzipschaltbilder der Pins

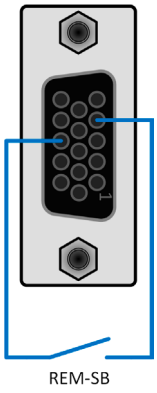
	**Digitaler Eingang (DI)** Es ist ein möglichst niederohmiger Schalter zu verwenden (Relaiskontakt, Schalter, Schütz o.ä.), um das Signal sauber nach DGND zu schalten. Ein digitaler Ausgang einer Schaltung oder SPS könnte nicht ausreichend sein, wenn nicht vom Typ „open collector“.
	**Digitaler Ausgang (DO)** Ein Quasi-Open-Collector, weil mit hochohmigem Pullup-Widerstand. Ist im geschalteten Zustand LOW und kann keine Lasten treiben, sondern nur schalten (schwache Stromsenke).

	**Analoger Eingang (AI)** Hochohmiger Eingang (Impedanz: >40 kΩ) einer OP-Schaltung.
	**Analoger Ausgang (AO)** Ausgang einer OP-Schaltung, nicht oder nur sehr gering belastbar. Siehe die Tabelle oben.

2.2.4.7 Anwendungsbeispiele

a) DC-Ausgang ein- oder ausschalten über Pin REM-SB

Ein digitaler Ausgang, z. B. von einer SPS, kann diesen Eingang unter Umständen nicht sauber ansteuern, da eventuell nicht niederohmig genug. Prüfen Sie die Spezifikation der steuernden Applikation. Siehe auch die Prinzipschaltbilder oben.



Pin REM-SB wird bei Fernsteuerung zum Ein- und Ausschalten des DC-Ausgangs des Gerätes genutzt. Er funktioniert aber auch ohne aktivierte Fernsteuerung. Dann kann er zum Einen das manuelle oder digital ferngesteuerte Einschalten des DC-Ausgangs blockieren und zum Anderen ein- oder ausschalten, jedoch nicht allein. Siehe unten bei **Fernsteuerung wurde nicht aktiviert**.

Pin REM-SB kann nicht im Sinne eines Not-Aus‘ verwendet werden, um im Gefahrenfall den DC-Ausgang sicher abzuschalten! Dafür wäre ein externes Not-Aus-System erforderlich.

Es wird empfohlen, einen niederohmigen Kontakt wie einen Schalter, ein Relais oder Transistor zum Schalten des Pins gegen Masse (DGND) zu benutzen.

Folgende Situationen können auftreten:

- **Fernsteuerung wurde aktiviert**

Wenn Fernsteuerung über Pin REMOTE aktiviert ist, gibt nur REM-SB den Zustand des DC-Ausgangs des Gerätes gemäß der Tabelle in Abschnitt *2.2.4.3* vor. Die logische Funktion und somit die Standardpegel können durch eine Einstellung **Analogschnittstelle -> REM-SB Pegel** in der Settings-App von **EA Power Control** oder per ModBus-Register bzw- SCPI-Befehl angepasst werden.

Wird der Pin nicht beschaltet bzw. der angeschlossene Kontakt ist offen, ist der Pin auf HIGH. Bei Einstellung „Analogschnittstelle -> REM-SB Pegel“ auf „Normal“ entspricht das der Vorgabe „DC-Ausgang einschalten“. Das heißt, sobald mit Pin REMOTE auf Fernsteuerung umgeschaltet wird, schaltet auch der DC-Ausgang ein!

- **Fernsteuerung wurde nicht aktiviert**

In diesem Modus stellt der Pin eine Art **Freigabe** der Taste „On/Off“ am Bedienfeld des Gerätes bzw. des Befehls „DC-Ausgang ein/aus“ (bei digitaler Fernsteuerung) dar. Daraus ergeben sich folgende mögliche Situationen:

DC-Ausgang	+	Pegel an Pin REM-SB	+	Parameter „REM-SB Pegel“ (1	→	Verhalten
ist aus	+	HIGH	+	**Normal**	→	Der DC-Ausgang ist nicht gesperrt. Er kann mit Taste On/Off oder Befehl (dig. Fernsteuerung) eingeschaltet werden.
		LOW	+	**Invertiert**		
	+	HIGH	+	**Invertiert**	→	Der DC-Ausgang ist gesperrt. Er kann nicht mit Taste On/Off oder Befehl (dig. Fernsteuerung) eingeschaltet werden. Bei Versuch wird das Gerät nicht reagieren, bei Fernsteuerung jedoch eine Fehlermeldung zurückgeben.
		LOW	+	**Normal**		

Ist der DC-Ausgang bereits eingeschaltet, bewirkt der Pin die Abschaltung dessen bzw. später erneutes Einschalten, ähnlich wie bei aktivierter Fernsteuerung:

DC-Ausgang	+	Pegel an Pin REM-SB	+	Parameter „REM-SB Pegel“ (1	→	Verhalten
ist ein	+	HIGH	+	**Normal**	→	Der DC-Ausgang bleibt eingeschaltet. Er kann mit der Taste On/Off am Bedienfeld oder per digitalem Befehl ein- oder ausgeschaltet werden
		LOW	+	**Invertiert**		
	+	HIGH	+	**Invertiert**	→	Der DC-Ausgang wird ausgeschaltet und bleibt gesperrt, solange der Pin den Zustand behält. Erneutes Einschalten durch Wechsel des Zustandes von Pin REM-SB.
		LOW	+	**Normal**		

b) Fernsteuerung von Strom und Leistung

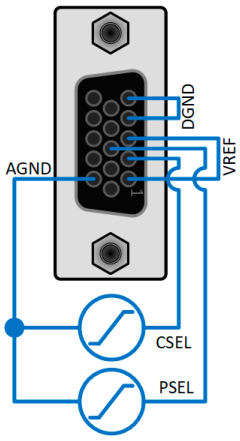
Erfordert aktivierte Fernsteuerung (Pin REMOTE = LOW).

Über je ein Potentiometer werden die Sollwerte PSEL und CSEL aus beispielsweise der Referenzspannung VREF erzeugt. Das Netzgerät kann somit wahlweise in Strombegrenzung oder Leistungsbegrenzung arbeiten. Gemäß der Vorgabe von max. 5 mA Belastung für den Ausgang VREF sollten hier Potentiometer von mindestens 10 kOhm benutzt werden.

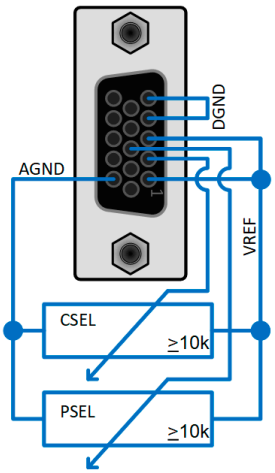
Der Spannungssollwert wird hier fest auf VREF (≙100%) gelegt und beeinflusst somit Konstantstrom- oder Konstantleistungsbetrieb nicht.

Bei Einspeisung der Steuerspannungen von einer externen Spannungsquelle wäre die Wahl des Eingangsspannungsbereiches für Sollwerte (0...5 V oder 0...10 V) zu beachten.

Bei Benutzung des 0...5 V Bereiches für 0...100% Sollwert halbiert sich die effektive Auflösung.



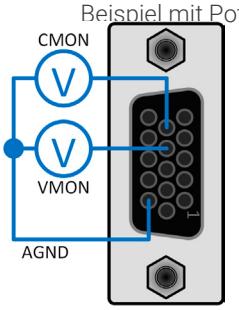
Beispiel mit ext. Spannungsquelle



Beispiel mit Potis

c) Istwerte erfassen

Über die AS werden die Istwerte des DC-Ausgangs mittels 0...10 V oder 0...5 V als Strom- bzw. Spannungsmonitor abgebildet. Zur Erfassung dienen handelsübliche Multimeter oder ein analoger Eingang einer SPS.



1) Der Parameter kann entweder per ModBus-Register 417, SCPI-Befehl oder in EA Power Control gesetzt werden. Die Benennung hier ist von EA Power Control übernommen

2.2.4.8 Vorrang der Analogschnittstelle

Eine neue, ab Firmware KE 3.10 für alle 10000er PUx-Serien mit Analogschnittstelle verfügbare Funktionalität kann wahlweise die Analogschnittstelle bei der Übernahme der Fernsteuerung priorisieren. Bisher war und ist die Regel, dass sich die analoge und die digitalen Schnittstellen nicht gegenseitig überstimmen können, was die Fernsteuerung angeht. Das heißt, wenn man bisher ein Gerät per analoger Fernsteuerung steuern wollte, welches sich momentan in Fernsteuerung durch eine der digitalen Schnittstellen befand, dass man die Fernsteuerung über einen Befehl, gesendet über die verwendete digitale Schnittstelle, explizit verlassen musste.

Mit diesem auf Bedarf aktivierbaren Feature (siehe ModBus-Registerliste, Register 444) kann die analoge Schnittstelle jederzeit die Fernsteuerung übernehmen. Im Moment des Umschaltens werden die an den Pins der Analogschnittstelle vorgegebenen Sollwerte und der Zustand des DC-Anschlusses sofort wirksam. Das Deaktivieren der analogen Fernsteuerung (Pin: REMOTE) würde aber das Gerät nicht in den vorherigen Zustand der digitalen Fernsteuerung zurückversetzen bzw. vormals gesetzte Sollwerte wiederherstellen. Diese Situation behält immer den letzten Satz an Sollwerten bzw., in Bezug auf den Zustand des DC-Anschlusses das, was mit dem Parameter **Zustand DC-Ausgang/Eingang nach Verlassen der Fernsteuerung** (siehe ModBus-Registerliste, Register 425) definiert wurde.

3. Weitere Anwendungen (2)

3.1 Parallelschaltung als Master-Slave (MS)

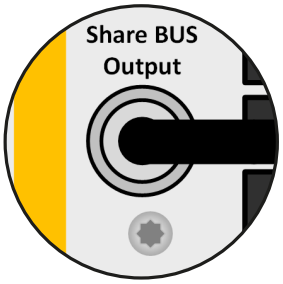
Der vorrangige und angedachte Gebrauch von Geräten dieser Serie ist als Slave in einem Master-Slave-System.

Mehrere Geräte gleicher Art können zu einer Parallelschaltung verbunden werden, um eine höhere Gesamtleistung zu erzielen. Für die Parallelschaltung werden üblicherweise alle Einheiten an ihren DC-Ausgängen, dem Share-Bus und dem Master-Slave-Bus verbunden. Der Geräteverbund kann dann wie ein System, wie ein größeres Gerät mit mehr Leistung betrachtet und behandelt werden.

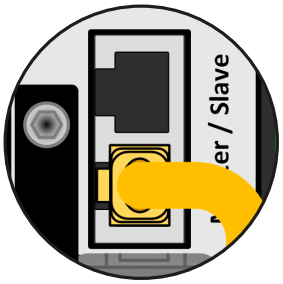
Der Share-Bus wiederum dient zur dynamischen Ausregelung der Spannung am DC-Ausgang der Geräte, d. h. im CV-Betrieb, besonders wenn am Mastergerät der Funktionsgenerator genutzt werden soll, sofern dort vorhanden. Es müssen zumindest die DC-Minus-Anschlüsse aller über Share-Bus verschalteten Geräte verbunden sein, damit der Share-Bus sauber regeln kann.

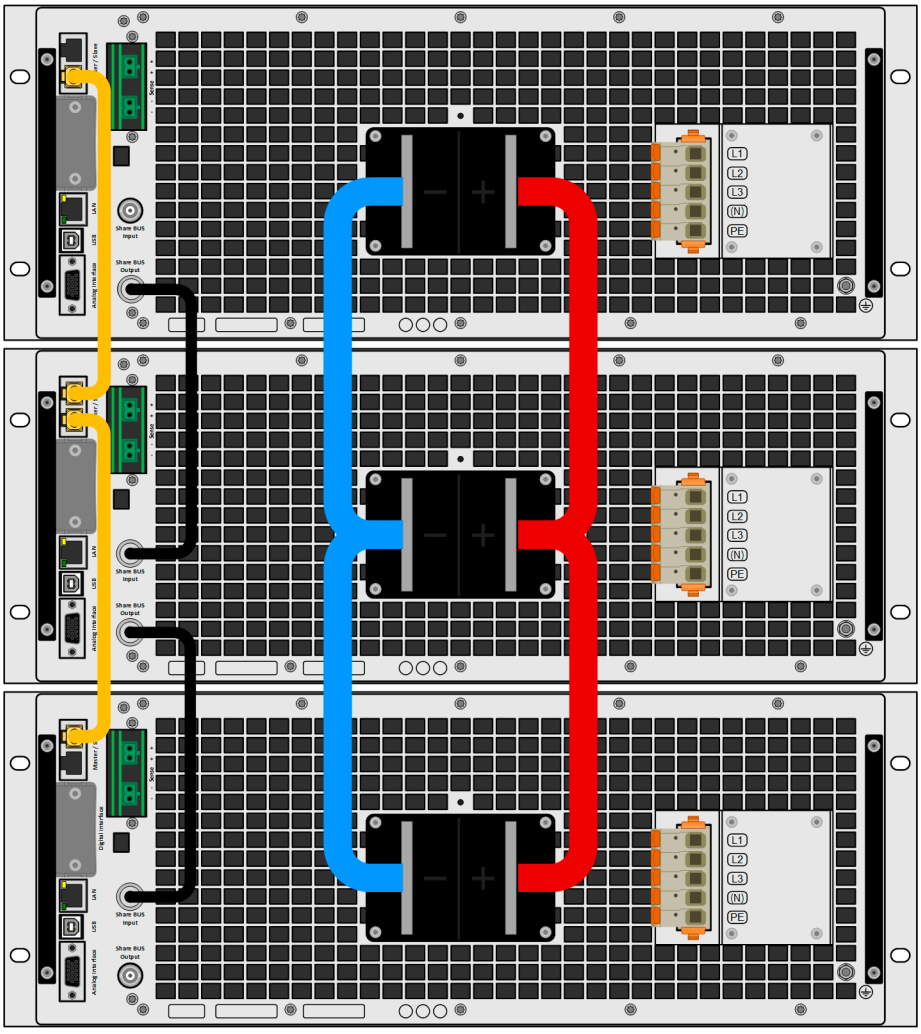
Prinzipdarstellung (ohne Last):

Share-Bus-Verbindung



Master-Slave-Bus





3.1.1 Einschränkungen & Erfordernisse

Gegenüber dem Normalbetrieb eines Einzelgerätes hat Master-Slave-Betrieb folgende Einschränkungen:

- Das MS-System reagiert auf Alarmsituationen zum Teil anders (siehe unten in Abschnitt *3.1.8*)
- Die Share-Bus-Verbindung hilft dem System, die Spannung aller beteiligter Geräte so schnell wie möglich auszuregeln, trotzdem ist eine Parallelschaltung nicht so dynamisch wie ein Einzelgerät
- Verbindung zu Modellen aus anderen Serien wird zwar unterstützt, ist aber begrenzt auf die Serien PSI 10000 und PS 10000, deren Modelle dann als Master- oder Slave-Einheiten dienen können

3.1.2 Verkabelung der DC-Ausgänge

Der DC-Ausgang jedes beteiligten Gerätes wird mit dem des nächsten Gerätes polrichtig verbunden usw. Dabei sind möglichst kurze Kabel oder Kupferschienen mit ausreichendem Querschnitt (=niederinduktiv) zu benutzen. Der Querschnitt richtet sich nach dem Gesamtstrom der Parallelschaltung.

3.1.3 Verkabelung des Share-Bus‘

Der Share-Bus ist für den Master-Slave-Betrieb essentiell. Er wird über handelsübliche BNC-Leitungen (koaxiales Kabel, Typ 50 Ω) mit z. B. 0,5 m Länge von Gerät zu Gerät verbunden. Die beiden Anschlüsse sind durchverbunden und stellen keinen dedizierten Eingang und Ausgang dar. Die Beschriftung dient lediglich der Orientierung.

- *Es können max. 64 Geräte über den Share-Bus verbunden werden.*
- *Wird der Share-Bus zu einem anderen, eingeschalteten Gerät verbunden während Master-Slave noch nicht aktiviert wurde (Einstellung: Slave oder Master), tritt ein SF-Alarm auf*

3.1.4 Verkabelung des Master-Slaves-Busses

Der Master-Slave-Bus ist fest im Gerät integriert und muss vor der Benutzung per Netzwerkkabel (≥CAT3, Patchkabel) verbunden und dann manuell (empfohlen) oder per Fernsteuerung konfiguriert werden. Folgendes ist dabei gegeben:

- Maximal 64 Geräte können über den Bus zusammengeschaltet werden: 1 Master, bis zu 63 Slaves
- Nur Verbindung zu Geräten gleicher Art, also Netzgerät zu Netzgerät; unterschiedliche Leistungsklassen sind zulässig und unterstützt, wenn auch mit ein paar Einschränkungen, siehe unten in Abschnitt *3.1.5*
- Geräte an den Enden des Busses müssen terminiert werden (mehr siehe unten), ansonsten schlägt die Initialisierung des Master-Slave-Systems fehl

Der Master-Slave-Bus darf nicht über Crossover-Kabel verbunden werden!

Für den späteren Betrieb des MS-Systems gilt dann:

- Der Master liefert aufsummierte Istwerte und Status für das Gesamtsystem per Fernabfrage, aber aufsummierte Werte nicht über alle Schnittstellen. Beispiel: in einem 300 kW System kann man nur bei Verwendung von SCPI direkt Sollwerte senden oder Istwerte abfragen, die 300 kW als „300.0kW“ repräsentieren, bei anderen Schnittstellen muss durch die steuernde Software umgerechnet werden.
- Die Einstellbereiche der Sollwerte, Einstellgrenzen (Limits), Schutzgrenzen (OVP usw.) werden beim Master an die Anzahl der initialisierten Slaves angepasst
- Die Slaves sind nicht bedienbar, solange wie vom Master gesteuert
- Slaves, die nach noch nicht durch den Master initialisiert wurden, melden den Alarm MSS über die LED „Error“. Derselbe Alarm wird bei Fehlern auf dem MS-Bus ausgegeben

3.1.5 Gemischte Systeme

Unter gemischten Systemen wird hier folgendes verstanden:

- Unterschiedliche Leistungsklassen, wie z. B. 5 kW, 15 kW und 30 kW in einem Verbund (erfordert mind. Firmware KE 3.02)
- Unterschiedliche Serien wie, hier konkret, PU 10000 mit PS 10000 im Verbund (erfordert mind. Firmware KE 3.02)

Die Kombinationen beider Mischsysteme ist zulässig und unterstützt. Bei Modellen mit unterschiedlicher Nennleistung, egal ob aus derselben Serie oder unterschiedlichen kann es vorkommen, dass die resultierende Gesamtleistung nach Initialisierung niedriger ist als erwartet. Daher gilt: wenn man Geräte mit unterschiedlicher Ausstattung im Master-Slave-Verbund nutzen möchte, macht es Sinn, immer eins mit der höchstens Ausstattung als Master zu verwenden.

Bei der Kombination unterschiedlicher Leistungsklassen ist noch zu beachten dass, je nach dem welches Gerät der Master ist, die sich ergebende Gesamtleistung, wie am Master nach der Initialisierung des Busses angezeigt, geringer als erwartet sein kann. In so einem Fall gilt, dass möglichst immer eins von den Geräten mit der höchsten Nennleistung als Master definiert werden sollte. Beispiel: ein 3 kW-Modell als Master eines 30 kW-Modells ergibt nur 28 kW Systemleistung, also weniger als das größere Einzelgerät. Wechselt man auf das 30 kW als Master ergeben sich 33 kW Gesamtleistung.

Übersicht der Kompatibilität der 10000er Serien untereinander (Stand 03/2023):

	PS	PSI	PU	ELR	PUL	PSB	PSBE	PUB
PS	x	x	x (*	-	-	-	-	-
PSI	x	x	x (*	-	-	-	-	-
PU	x (*	x (*	x (*	-	-	-	-	-
ELR	-	-	-	x	x (*	-	-	-
PUL	-	-	-	x (*	x (*	-	-	-
PSB	-	-	-	-	-	x	x	x (*
PSBE	-	-	-	-	-	x	x	x (*
PUB	-	-	-	-	-	x (*	x (*	x (*

(* Erfordert auf allen beteiligten Geräten mindestens Firmware KE 3.06

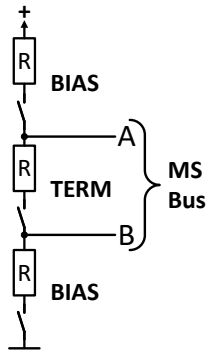
3.1.6 Konfiguration des Master-Slave-Betriebs

Nun muss das Master-Slave-System noch auf jedem Gerät für Master bzw. Slave konfiguriert werden. Als Reihenfolge empfiehlt es sich, zuerst alle Slave-Geräte zu konfigurieren und dann das Master-Gerät.

► So konfigurieren Sie ein Gerät als Master oder Slave in EA Power Control

1. Verbinden Sie das Gerät über entweder den vorderen oder den hinteren USB-Anschluss zu einem PC, auf dem **EA Power Control** installiert ist.
2. Starten Sie **EA Power Control** und lassen Sie das Gerät suchen und finden. Sollten mehrere Geräte zum PC verbunden sein, wählen Sie das richtige aus und ziehen dessen Symbol auf das der **Settings**-App.
3. In der Settings-App navigieren Sie zur Gruppe **Master-Slave** und setzen zuerst den **Master-Slave-Modus** auf **Master** oder **Slave**, wie für das Gerät vorgesehen.
4. Korrekte Terminierung setzen. Die Terminierung des Busses an sich erfolgt mittels elektronischer Schalter. Das kann als Teil der Konfiguration der einzelnen Geräte und Wahl von Master- oder Slave-Modus erfolgen, sollte bei Slaves zuerst aber erledigt werden, da beim Master durch Setzen des Modus' **Master** sofort eine Businitialisierung erfolgt. In der Gruppe **Master-Slave** der Settings-App können die beiden BIAS-Widerstände (siehe Grafik rechts) und der Abschlusswiderstand (TERM) je Gerät separat gesetzt werden.

   Was bei welchem Gerät zu setzen wäre:



Position des Gerätes	Terminierungseinstellung(en)
Master (am Ende des Buses)	Biaswiderstände = Ein + Abschlusswiderstand = Ein
Master (mittig im Bus)	Biaswiderstände = Ein
Slave (am Ende des Buses)	Abschlusswiderstand = Ein
Slave (mittig im Bus)	Biaswiderstände = Aus + Abschlusswiderstand = Aus

5. Einstellungen speichern und Settings-App verlassen.

Die Initialisierung des Master-Slave-Systems wird, solange der Master-Slave-Modus aktiviert ist, nach dem Netzeinschalten des Mastergerätes jedesmal automatisch ausgeführt. Die Initialisierung kann ansonsten in EA Power Control in der Settings-App oder eigenen Tools jederzeit wiederholt werden.

3.1.7 Bedienung des Master-Slave-Systems

Nach erfolgreicher Initialisierung des Masters und aller Slaves liegt der Fokus auf dem Master. Sollte dieser ein Modell aus dieser Serie sein, kann er keinen Status zum Master-Slave-Betrieb am Bedienteil anzeigen. Allerdings kann über die Software **EA Power Control** oder eigene Tools der Zustand jederzeit abgefragt und somit überwacht werden. Master-Modelle mit Anzeige können jeden Status zusätzlich direkt ablesbar auf ihrer Anzeige darstellen.

Die Slaves sind dann nicht manuell bedienbar und auch nicht per analoger oder digitaler Schnittstelle fernsteuerbar. Sie könnten jedoch, falls nötig, über diese Schnittstellen überwacht werden (Monitoring), durch Auslesen der Istwerte und des Status'.

Nach der Initialisierung rekonfiguriert sich der Master und setzt alle Sollwerte zurück. Gegenüber einer steuernden Einheit (PC, SPS usw.) kann sich der Master mit auf das Gesamtsystem angepassten Werten repräsentieren, was jedoch nur bei Verwendung von SCPI bzw. auch LabVIEW so wäre und dabei die Wahl der nutzbaren Schnittstellen auf LAN und USB einschränkt. Je nach Anzahl der Geräte vervielfacht sich der Einstellbereich für Strom und Leistung, wogegen sich der Widerstandsbereich verkleinert. Bei Steuerung über die anderen verfügbaren Schnittstellen muss die Gegenseite alle Werte entsprechend umrechnen.

Folgendes gilt generell:

- Das Master-Slave-System ist bedienbar wie ein Einzelgerät
- Der Master gibt die eingestellten Sollwerte usw. an die Slaves weiter und steuert diese
- Der Master ist über analoge oder eine der digitalen Schnittstellen fernsteuerbar
- Sämtliche Einstellungen zu den Sollwerten U, I, P und R, sowie alle darauf bezogenen Werte wie Überwachung, Einstellgrenzen usw. werden am Master an die neuen Gesamtwerte angepasst
- Bei allen initialisierten Slave werden Einstellgrenzen (U_{Min}, I_{Max} etc.), Überwachungsgrenzen (OVP, OPP ect.) auf Standardwerte zurückgesetzt, damit diese nicht die Steuerung durch den Master stören. Werden diese Grenzen am Master angepasst, werden sie 1:1 an die Slaves übertragen. Beim späteren Betrieb können Slaves daher - durch ungleichmäßige Lastverteilung und unterschiedlich schnelle Reaktion - anstelle des Masters Alarme wie OCP, OVP auslösen
- Wenn ein oder mehrere Slaves einen Gerätealarm melden, so wird dies auch am Master über die LED „Error“ angezeigt und muss am Master bestätigt werden, egal über welchen der möglichen Wege, damit das System weiterarbeiten kann. Da ein Alarm immer alle DC-Ausgänge des Systems abschaltet und der Master diese nur nach einem Alarm PF oder OT automatisch wieder einschalten kann, was zudem abhängig von Einstellparametern ist, kann unter Umständen der Eingriff des Betreibers des Gerätes oder einer Fernsteuerungssoftware erforderlich werden.
- Verbindungsabbruch zu einem oder mehreren Slaves führt aus Sicherheitsgründen auch zur Abschaltung aller DC-Ausgänge und die Geräte melden diesen Zustand über ihre LED „Error“ im Allgemeinen, sowie der Master außerdem als auslesbaren Status MSS („Master-Slave-Sicherheitsmodus“). Dann muss das MS-System neu initialisiert werden, mit oder ohne den/die Slaves, die den Verbindungsabbruch verursachten.
- Alle Geräte, auch die Slaves, können über den Pin REM-SB der analogen Schnittstelle DC-seitig ausgeschaltet werden. Das kann als eine Art Notfallabschaltung (kein Not-Aus!) dienen, die üblicherweise über einen Kontakt gesteuert zu allen beteiligten Geräten parallel verdrahtet wird.

3.1.8 Alarm- und andere Problemsituationen

Beim Master-Slave-Betrieb können, durch die Verbindung mehrerer Geräte und deren Zusammenarbeit, zusätzliche Problemsituationen entstehen, die beim Betrieb einzelner Geräte nicht auftreten würden. Es wurden für solche Fälle folgende Festlegungen getroffen:

- Wenn der Master die Verbindung zu irgendeinem der Slaves verliert, wird immer ein MSS-Alarm (Master-Slave Sicherheitsmodus) ausgelöst, der zur Abschaltung des DC-Ausgangs des Masters und einem Pop-up in der Anzeige führt, sofern der Master ein Modell mit Anzeige ist. Alle Slaves fallen zurück in den Einzelbetrieb und schalten auch ihren DC-Ausgang aus. Der MSS-Alarm kann gelöscht werden, indem der Master-Slave-Betrieb erneut initialisiert wird. Das kann direkt im Pop-up-Fenster des MSS-Alarms oder im Menü des Masters (wenn Master mit Anzeige) oder per Fernsteuerung geschehen. Alternativ kann zum Löschen des Alarms auch der MS-Modus deaktiviert werden.
- Falls ein oder mehrere Slave-Geräte AC-seitig ausfallen (Stromausfall, auch bei Netzunterspannung) werden sie nach der Wiederkehr nicht automatisch wieder als Slaves eingebunden. Die Initialisierung des MS-Systems muss dann vom Anwender explizit wiederholt werden.
- Falls das Master-Gerät AC-seitig ausfällt (von extern ausgeschaltet, Sicherung löst aus, Stromausfall) und später wiederkommt, initialisiert es automatisch das MS-System neu und bindet alle erkannten Slaves ein. In diesem Fall kann der MS-Betrieb automatisch fortgeführt werden, wenn z. B. eine Software das Master-Gerät überwacht und steuert.
- Falls mehrere Master-Geräte oder gar keines definiert wurde, kann das Master-Slave-System nicht initialisiert werden.
- Sollte die Initialisierung durch den Master mit der Meldung „Unterschiedliche Modell/Firmware erkannt“ (bei einem Master-Modell mit Anzeige) fehlschlagen, so liegt das entweder daran, dass mindestens ein Gerät mindestens eine unterschiedliche Firmware installiert hat oder dass mindestens ein Gerät älteren Hardwarestandes ist („Rev. 01“, siehe Typenschild). Das erstere kann durch Angleichung der Firmwarestände gefixt werden.

In Situationen, wo ein oder mehrere Geräte einen Gerätealarm wie OVP o. ä. erzeugen, gilt Folgendes:

- Jeder Gerätealarm eines Slaves wird auf dem Display des Slaves und auf dem des Masters angezeigt.
- Bei gleichzeitig auftretenden Alarmen mehrerer Slaves zeigt der Master nur den zuletzt aufgetretenen Alarm an. Hier könnten die konkret anliegenden Alarme dann nur bei den Slaves selbst erfasst werden, z. B. durch das Auslesen der Alarmhistorie über eine Software.
- Alle Geräte im MS-System überwachen ihre eigenen Werte hinsichtlich Überstrom (OCP) und anderer Schwellen und melden Alarme an den Master. Es kann daher auch vorkommen, hauptsächlich wenn durch irgendeinen Grund der Strom zwischen den Geräten nicht gleichmäßig aufgeteilt ist, dass ein Gerät bereits OCP meldet, auch wenn die globale OCP-Schwelle des MS-Systems noch gar nicht erreicht wurde. Das Gleiche gilt für OPP.

3.2 SEMI F47

SEMI F47, wobei das SEMI von semiconductor, dem englischen Wort für Halbleiter kommt, ist eine Spezifikation die es erfordert, dass das Gerät bei einer bestimmten Netzspannungsschwankung von max. 1,7 s Dauer und einer Unterspannung von max. -50% Nenn-AC-Spannung ohne Unterbrechung weiterarbeiten kann. Alle PU 10000 4U haben diese Funktionalität von Hause aus, jedoch könnte ein älteres Mastergerät mit Anzeige, z. B. ein PSI 10000, das Feature noch nicht haben. Es kann jedoch nicht nachgerüstet werden.

Der nach SEMI F47 definierte Spannungseinbruch erfolgt in ansteigenden Stufen:

Stufe	Dauer bei 50 Hz	Dauer bei 60 Hz	Dauer
50%	10 Perioden	12 Perioden	0,2 s
70%	25 Perioden	30 Perioden	0,5 s
80%	50 Perioden	60 Perioden	1 s

3.2.1 Einschränkungen

- Die Funktionalität wird automatisch deaktiviert und gleichzeitig gesperrt, sollte das Gerät bei ohnehin niedriger Netzspannung starten, z. B. 208 V (L-L) statt 400 V (L-L), wodurch es die geforderten 1,7 s nicht mehr überbrücken könnte. SEMI F47 funktioniert daher nicht im sogenannten Derating-Betrieb.
- Die Funktionalität bedingt zwecks Aufrechterhaltung der eingestellten Werte eine auf 21000 W (70%) reduzierte Maximalleistung, die geringer ist als die Nennleistung des Gerätes. Es ist somit auch eine Art von Leistungsreduktion, die aber durch Ein-/Ausschalten von SEMI F47 mit aktiviert bzw. deaktiviert wird und nicht durch Erfassung der Netzspannung beim Start

3.2.2 Einstellmöglichkeiten

SEMI F47 kann nur per Fernsteuerung über digitale Schnittstelle und nur in **EA Power Control** ein- oder ausgeschaltet werden, sofern nicht durch einen bestimmten Umstand blockiert.

3.2.3 Anwendung

Ab der Firmwareversion KE 3.10 ist die Aktivierung um den Modus **Dynamisch** erweitert worden. Wird SEMI F47 nur aktiviert, wie vorher auch, wir die für SEMI F47 definierte Maximalleistung sofort übernommen, sowie der aktuell gesetzte Leistungssollwert, sollte er höher sein als die neue Maximalleistung, entsprechend heruntergesetzt. Umgekehrt erfolgt die Anpassung der maximal einstellbaren Leistung ebenso, nur der Sollwert bleibt in dieser Situation unverändert. Da die Aktivierung von SEMI F47 über das Ausschalten des Gerätes hinaus gespeichert wird, kann das Gerät direkt im Modus SEMI F47 hochfahren. Bei Wahl des neuen Modus' **Dynamisch** wird die Nennleistung des Gerätes nicht dauerhaft reduziert, im Gegensatz zum Modus **Aktiviert**, sondern nur temporär, für die Dauer des Spannungseinbruchs.

Tritt später Netzunterspannung auf, entscheidet deren Dauer oder momentaner AC-Spannungswert darüber, ob das Gerät ohne Ausschalten des DC-Ausgangs weiterarbeitet oder ob es den DC-Ausgang abschaltet und die LED „Error" den Alarm **PF** meldet. Ohne aktiviertes SEMI F47 kommt der **PF**-Alarm sofort, mit aktiviertem SEMI F47 frühestens nach 2 Sekunden. Ist die Netzunterspannung von einer geringeren Dauer und ausreichender Spannungshöhe erfolgt keine Reaktion des Gerätes. Das Auftreten wird dann auch nicht anderweitig registriert.

4. Instandhaltung & Wartung (2)

4.1 Firmware-Aktualisierungen



Firmware-Updates sollten nur dann durchgeführt werden, wenn damit Fehler in der bisherigen Firmware des Gerätes behoben werden können!

Die Firmwares der Bedieneinheit HMI, der Kommunikationseinheit KE und des digitalen Reglers DR können über die rückseitige USB-Schnittstelle aktualisiert werden. Dazu wird die Software **EA Power Control** benötigt, die mit dem Gerät mitgeliefert wird, welche aber auch als Download von der Herstellerwebseite erhältlich ist, zusammen mit einer Firmware-Datei.

Es wird jedoch davor gewarnt, Updates bedenkenlos zu installieren. Jedes Update birgt das Risiko, das Gerät oder ganze Prüfsysteme vorerst unbenutzbar zu machen. Daher wird empfohlen, nur dann Updates zu installieren, wenn...

- damit ein am Gerät bestehendes Problem direkt behoben werden kann, insbesondere wenn das von uns im Rahmen der Unterstützung zur Problembehebung vorgeschlagen wurde.
- neue Funktionen in der Firmware-Historie aufgelistet sind, die genutzt werden möchten. In diesem Fall geschieht die Aktualisierung des Gerätes auf eigene Gefahr!

Außerdem gilt im Zusammenhang mit Firmware-Aktualisierung folgendes zu beachten:

- Simple Änderungen in Firmwares können für den Endanwender zeitaufwendige Änderungen von Steuerungs-Applikationen mit sich bringen. Es wird empfohlen, die Firmware-Historie in Hinsicht auf Änderungen genauestens durchzulesen
- Bei neuen Funktionen ist eine aktualisierte Dokumentation (Handbuch und/oder Programmieranleitung, sowie LabView VIs) teils erst viel später verfügbar

EA Elektro-Automatik GmbH
Helmholtzstr. 31-37
41747 Viersen

Telefon: 02162 3785 - 0
Fax: 02162 16230
ea1974@elektroautomatik.com

www.elektroautomatik.com
www.tek.com

© EA Elektro-Automatik 2025 / Irrtümer und Änderungen vorbehalten

Revision: 02