

Betriebsanleitung

ELR 9000 HP Slave

Elektronische DC-Last mit
Netzurückspeisung



INHALT

1 ALLGEMEINES

1.1	Zu diesem Dokument	5
1.1.1	Aufbewahrung und Verwendung	5
1.1.2	Urheberschutz (Copyright)	5
1.1.3	Geltungsbereich	5
1.1.4	Symbole und Hinweise	5
1.2	Gewährleistung und Garantie	5
1.3	Haftungsbeschränkungen	5
1.4	Entsorgung des Gerätes	6
1.5	Produktschlüssel	6
1.6	Bestimmungsgemäße Verwendung	6
1.7	Sicherheit	7
1.7.1	Sicherheitshinweise	7
1.7.2	Verantwortung des Bedieners	8
1.7.3	Pflichten des Betreibers	8
1.7.4	Anforderungen an das Bedienpersonal	8
1.7.5	Alarmsignale	9
1.8	Technische Daten	9
1.8.1	Zulässige Betriebsbedingungen	9
1.8.2	Allgemeine technische Daten	9
1.8.3	Spezifische technische Daten	10
1.8.4	Ansichten	14
1.8.5	Bedienelemente	17
1.9	Aufbau und Funktion	18
1.9.1	Allgemeine Beschreibung	18
1.9.2	Blockdiagramm	18
1.9.3	Lieferumfang	19
1.9.4	Die Bedieneinheit (HMI)	19
1.9.5	USB-Port Typ B (Rückseite)	20
1.9.6	Share-Bus-Anschluß	20
1.9.7	Sense-Anschluß (Fernföhlung)	20
1.9.8	Master-Slave-Bus	20

2 INSTALLATION & INBETRIEBNAHME

2.1	Transport und Lagerung	21
2.1.1	Transport	21
2.1.2	Verpackung	21
2.1.3	Lagerung	21
2.2	Auspacken und Sichtkontrolle	21
2.3	Installation	21
2.3.1	Sicherheitsmaßnahmen vor Installation und Gebrauch	21
2.3.2	Vorbereitung	22
2.3.3	Aufstellung des Gerätes	23
2.3.4	Anschließen an das Stromnetz (AC)	24
2.3.5	Anschließen von DC-Quellen	26
2.3.6	Erdung des DC-Eingangs	27
2.3.7	Anschließen der Fernföhlung	27
2.3.8	Anschließen des „Share-Bus“	28
2.3.9	Anschließen des USB-Ports (Rückseite)	28
2.3.10	Erstinbetriebnahme	28

2.3.11	Erneute Inbetriebnahme nach Firmwareupdates bzw. längerer Nichtbenutzung	28
--------	--	----

3 BEDIENUNG UND VERWENDUNG

3.1	Personenschutz	29
3.2	Regelungsarten	29
3.2.1	Spannungsregelung / Konstanzspannung	29
3.2.2	Stromregelung / Konstantstrom / Strombegrenzung	30
3.2.3	Widerstandsregelung/Konstantwiderstand	30
3.2.4	Leistungsregelung / Konstantleistung / Leistungsbegrenzung	30
3.2.5	Regelverhalten und Stabilitätskriterium	30
3.3	Alarmzustände	31
3.3.1	Power Fail	31
3.3.2	Übertemperatur (Overtemperature)	31
3.3.3	Überspannung (Overvoltage)	31
3.3.4	Überstrom (Overcurrent)	31
3.3.5	Überleistung (Overpower)	31
3.4	Manuelle Bedienung	32
3.4.1	Einschalten des Gerätes	32
3.4.2	Ausschalten des Gerätes	32
3.4.3	DC-Eingang ein- oder ausschalten	32
3.5	Fernsteuerung	33
3.5.1	Allgemeines	33
3.5.2	Fernsteuerung über die hintere USB-Schnittstelle	33
3.5.3	Fernsteuerung über die vordere USB-Schnittstelle	33
3.5.4	Programmierung	34
3.6	Alarmer und Überwachung	35
3.6.1	Begriffsdefinition	35
3.6.2	Gerätealarmer und Events handhaben	35
3.7	Weitere Anwendungen	37
3.7.1	Parallelschaltung als Master-Slave (MS)	37
3.7.2	Reihenschaltung	40
3.7.3	Zwei-Quadranten-Betrieb (2QB)	40

4 INSTANDHALTUNG & WARTUNG

4.1	Wartung / Reinigung	41
4.2	Fehlersuche / Fehlerdiagnose / Reparatur	41
4.2.1	Firmware-Aktualisierungen	41

5 SERVICE & SUPPORT

5.1	Reparaturen	42
5.2	Kontaktmöglichkeiten	42

1. Allgemeines

1.1 Zu diesem Dokument

1.1.1 Aufbewahrung und Verwendung

Dieses Dokument ist für den späteren Gebrauch und stets in der Nähe des Gerätes aufzubewahren und dient zur Erläuterung des Gebrauchs des Gerätes. Bei Standortveränderung und/oder Benutzerwechsel ist dieses Dokument mitzuliefern und bestimmungsgemäß anzubringen bzw. zu lagern.

1.1.2 Urheberrecht (Copyright)

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

1.1.3 Geltungsbereich

Diese Betriebsanleitung gilt für folgende Geräte, sowie für deren Varianten:

Modell	Artikelnr.
ELR 9080-510 HP Slave	33 290 446
ELR 9200-210 HP Slave	33 290 447
ELR 9360-120 HP Slave	33 290 448
ELR 9500-90 HP Slave	33 290 449
ELR 9750-60 HP Slave	33 290 450
ELR 91000-40 HP Slave	33 290 451
ELR 91500-30 HP Slave	33 290 452

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 eine lebensbedrohliche Gefahr
	Hinweissymbol für allgemeine Sicherheitshinweise (Gebote und Verbote zur Schadensverhütung)
	<i>Allgemeiner Hinweis</i>

1.2 Gewährleistung und Garantie

Elektro-Automatik garantiert die Funktionsfähigkeit der Geräte im Rahmen der ausgewiesenen Leistungsparameter. Die Gewährleistungsfrist beginnt mit der mängelfreien Übergabe.

Die Garantiebestimmungen sind den allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der EA Elektro-Automatik GmbH entnehmen.

1.3 Haftungsbeschränkungen

Alle Angaben und Hinweise in dieser Anleitung wurden unter Berücksichtigung geltender Normen und Vorschriften, des Stands der Technik sowie unserer langjährigen Erkenntnisse und Erfahrungen zusammengestellt. Elektro-Automatik übernimmt keine Haftung für Schäden aufgrund:

- Nicht bestimmungsgemäßer Verwendung
- Einsatz von nicht ausgebildetem und nicht unterwiesenem Personal
- Eigenmächtiger Umbauten
- Technischer Veränderungen
- Verwendung nicht zugelassener Ersatzteile

Der tatsächliche Lieferumfang kann bei Sonderausführungen, der Inanspruchnahme zusätzlicher Bestelloptionen oder aufgrund neuester technischer Änderungen von den hier beschriebenen Erläuterungen und Darstellungen abweichen.

1.4 Entsorgung des Gerätes

Ein Gerät, das zur Entsorgung vorgesehen ist, muß laut europaweit geltenden Gesetzen und Verordnungen (ElektroG, WEEE) von Elektro-Automatik zurückgenommen und entsorgt werden, sofern der Betreiber des Gerätes oder ein von ihm Beauftragter das nicht selbst erledigt. Unsere Geräte unterliegen diesen Verordnungen und sind dementsprechend mit diesem Symbol gekennzeichnet:



1.5 Produktschlüssel

Aufschlüsselung der Produktbezeichnung auf dem Typenschild anhand eines Beispiels:

ELR 9 1500 - 30 HP 3U Slave

	Slave = Untergeordnetes Modul für Master-Slave-Betrieb
	3U = 19"-Gehäuse mit 3 Höheneinheiten
	HP = Higher Power (höhere Leistung im Vergleich zu ELR 9000)
	Maximalstrom des Gerätes in Ampere
	Maximalspannung des Gerätes in Volt
	Serienkennzeichnung: 9 = Serie 9000
	Typkennzeichnung: ELR = Electronic Load Recovery (Elektronische Last mit Rückspeisung)

1.6 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Gerät ist, sofern ein Netzgerät bzw. Batterielader, ausschließlich für den Gebrauch als variable Spannungs- oder Stromquelle oder, sofern eine elektronische Last, als variable Stromsenke bestimmt.

Typisches Anwendungsgebiet für ein Netzgerät ist die DC-Stromversorgung von entsprechenden Verbrauchern aller Art, für ein Batterieladegerät die Aufladung von diversen Batterietypen, sowie für elektronische Lasten der Ersatz eines ohmschen Widerstands in Form einer einstellbaren DC-Stromsenke zwecks Belastung von entsprechenden Spannungs- und Stromquellen aller Art.



- Ansprüche jeglicher Art wegen Schäden aus nicht bestimmungsgemäßer Verwendung sind ausgeschlossen
- Für alle Schäden durch nicht bestimmungsgemäße Verwendung haftet allein der Betreiber

1.7 Sicherheit

1.7.1 Sicherheitshinweise

Lebensgefahr - Gefährliche Spannung



- Beim Betrieb elektrischer Geräte stehen zwangsweise bestimmte Teile unter teils gefährlicher Spannung. Daher sind alle spannungsführenden Teile abzudecken!
- Alle Arbeiten an den Anschlussklemmen müssen im spannungslosen Zustand des Gerätes erfolgen (Eingang nicht verbunden mit Spannungsquellen) und dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die mit den Gefahren des elektrischen Stroms vertraut sind oder unterrichtet wurden! Unsachgemäßer Umgang mit diesen Geräten kann zu tödlichen Verletzungen, sowie erheblichen Sachschäden führen.
- Obwohl das Gerät eine Senke ist und einen Eingang hat, kann an diesem im Fehlerfall berührungsgefährliche Spannung anliegen (Zwischenkreis) - es wird daher empfohlen, die Metallkontakte am DC-Eingang niemals mit bloßen Händen zu berühren!
- Es kann gefährliches Potential zwischen DC-Minus und PE bzw. DC-Plus und PE bestehen, aufgrund von geladenen X-Kondensatoren und vor Allem nachdem die Last von der Quelle getrennt wurde! Dieses Potential baut sich nur sehr langsam oder gar nicht ab!
- Beachten Sie stets die fünf Sicherheitsregeln beim An- und Abklemmen von elektrischen Geräten:
 - Freischalten (phys. Trennung aller Spannungsquellen vom Gerät)
 - Gegen Wiedereinschalten sichern
 - Spannungsfreiheit feststellen
 - Erden und kurzschließen
 - Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder räumlich trennen



- Das Gerät ist ausschließlich seiner Bestimmung gemäß zu verwenden!
- Das Gerät ist nur für den Betrieb innerhalb der auf dem Typenschild angegebenen Anschlußwerte und technischen Daten zugelassen.
- Führen Sie keine mechanischen Teile, insbesondere aus Metall, durch die Lüftungsschlitze in das Gerät ein.
- Vermeiden Sie die Verwendung von Flüssigkeiten aller Art in der Nähe des Gerätes, diese könnten in das Gerät gelangen. Schützen Sie das Gerät vor Nässe, Feuchtigkeit und Kondensation.
- Für Netzgeräte und Batterielader: Schließen Sie Verbraucher, vor allem niederohmige, nie bei eingeschaltetem Leistungsausgang an, es können Funken und dadurch Verbrennungen an den Händen, sowie Beschädigungen am Gerät und am Verbraucher entstehen!
- Für elektronische Lasten: Schließen Sie Spannungsquellen nie bei eingeschaltetem Leistungseingang an, es können Funken und dadurch Verbrennungen an den Händen, sowie hohe Spannungsspitzen und Beschädigungen am Gerät und an der Quelle entstehen!
- Um Schnittstellenkarten oder -module in dem dafür vorgesehenen Einschub (Slot) zu bestücken, müssen die einschlägigen ESD –Vorschriften beachtet werden.
- Nur im ausgeschalteten Zustand darf eine Schnittstellenkarte bzw. -modul aus dem Einschub herausgenommen oder bestückt werden. Eine Öffnung des Gerätes ist nicht erforderlich.
- Keine externen Spannungsquellen mit umgekehrter Polarität am DC-Ausgang bzw. DC-Eingang anschließen! Das Gerät wird dadurch beschädigt.
- Für Netzgeräte: Möglichst keine externen Spannungsquellen am DC-Ausgang anschließen, jedoch auf keinen Fall welche, die eine höhere Spannung erzeugen können als die Nennspannung des Gerätes.
- Für elektronische Lasten: keine Spannungsquelle am DC-Eingang anschließen, die eine Spannung erzeugen kann, die höher ist als 120% der Nennspannung der Last. Das Gerät ist gegen Überspannungen nicht geschützt, diese können das Gerät zerstören.
- Niemals Netzwerkkabel, die mit dem Ethernet oder dessen Komponenten verbunden sind, in die Master-Slave-Buchsen auf der Rückseite stecken!
- Konfigurieren Sie Schutzfunktionen gegen Überstrom usw., die das Gerät für die anzuschließende Quelle bietet, stets passend für die jeweilige Anwendung!

1.7.2 Verantwortung des Bedieners

Das Gerät befindet sich im gewerblichen Einsatz. Das Personal unterliegt daher den gesetzlichen Pflichten zur Arbeitssicherheit. Neben den Warn- und Sicherheitshinweisen in dieser Anleitung müssen die für den Einsatzbereich gültigen Sicherheits-, Unfallverhütungs- und Umweltschutzvorschriften eingehalten werden. Insbesondere gilt, daß die das Gerät bedienenden Personen:

- sich über die geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informieren.
- die zugewiesenen Zuständigkeiten für die Bedienung, Wartung und Reinigung des Gerätes ordnungsgemäß wahrnehmen.
- vor Arbeitsbeginn die Betriebsanleitung vollständig gelesen und verstanden haben.
- die vorgeschriebenen und empfohlenen Schutzausrüstungen anwenden.

Weiterhin ist jeder an dem Gerät Beschäftigte in seinem Zuständigkeitsumfang dafür verantwortlich, daß das Gerät stets in technisch einwandfreiem Zustand ist.

1.7.3 Pflichten des Betreibers

Betreiber ist jede natürliche oder juristische Person, die das Gerät nutzt oder Dritten zur Anwendung überläßt und während der Nutzung für die Sicherheit des Benutzers, des Personals oder Dritter verantwortlich ist.

Das Gerät wird im gewerblichen Bereich eingesetzt. Der Betreiber des Gerätes unterliegt daher den gesetzlichen Pflichten zur Arbeitssicherheit. Neben den Warn- und Sicherheitshinweisen in dieser Anleitung müssen die für den Einsatzbereich des Gerätes gültigen Sicherheits-, Unfallverhütungs- und Umweltschutzvorschriften eingehalten werden. Insbesondere muß der Betreiber:

- sich über die geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informieren.
- durch eine Gefährdungsbeurteilung mögliche zusätzliche Gefahren ermitteln, die sich durch die speziellen Anwendungsbedingungen am Einsatzort des Gerätes ergeben.
- in Betriebsanweisungen die notwendigen Verhaltensanforderungen für den Betrieb des Gerätes am Einsatzort umsetzen.
- während der gesamten Einsatzzeit des Gerätes regelmäßig prüfen, ob die von ihm erstellten Betriebsanweisungen dem aktuellen Stand der Regelwerke entsprechen.
- die Betriebsanweisungen, sofern erforderlich, an neue Vorschriften, Standards und Einsatzbedingungen anpassen.
- die Zuständigkeiten für die Installation, Bedienung, Wartung und Reinigung des Gerätes eindeutig und unmißverständlich regeln.
- dafür sorgen, daß alle Mitarbeiter, die an dem Gerät beschäftigt sind, die Betriebsanleitung gelesen und verstanden haben. Darüber hinaus muß er das Personal in regelmäßigen Abständen im Umgang mit dem Gerät schulen und über die möglichen Gefahren informieren.
- dem mit Arbeiten an dem Gerät beauftragten Personal die vorgeschriebenen und empfohlenen Schutzausrüstungen bereitstellen.

Weiterhin ist der Betreiber dafür verantwortlich, daß das Gerät stets in einem technisch einwandfreien Zustand ist.

1.7.4 Anforderungen an das Bedienpersonal

Jegliche Tätigkeiten an Geräten dieser Art dürfen nur Personen ausüben, die ihre Arbeit ordnungsgemäß und zuverlässig ausführen können und den jeweils benannten Anforderungen entsprechen.

- Personen, deren Reaktionsfähigkeit beeinflusst ist, z. B. durch Drogen, Alkohol oder Medikamente, dürfen keine Arbeiten ausführen.
- Beim Personaleinsatz immer die am Einsatzort geltenden alters- und berufsspezifischen Vorschriften beachten.



Verletzungsgefahr bei unzureichender Qualifikation!

Unsachgemäßes Arbeiten kann zu Personen- und Sachschäden führen. Jegliche Tätigkeiten dürfen nur Personen ausführen, welche die erforderliche Ausbildung, das notwendige Wissen und die Erfahrung dafür besitzen.

Als **unterwiesenes Personal** gelten Personen, die vom Betreiber über die ihnen übertragenen Aufgaben und möglichen Gefahren ausführlich und nachweislich unterrichtet wurden.

Als **Fachpersonal** gilt, wer aufgrund seiner beruflichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen in der Lage ist, die übertragenen Arbeiten ordnungsgemäß auszuführen, mögliche Gefahren selbständig zu erkennen und Personen- oder Sachschäden zu vermeiden.

1.7.5 Alarmsignale

Alarmsituationen, jedoch nicht Gefahrensituationen, werden an diesem Slave-Gerät durch eine rote LED „**Error**“ auf der Vorderseite signalisiert. Siehe dazu auch die Vorderansicht in 1.8.4. Da diese Geräte üblicherweise in einem Master-Slave-Verbund arbeiten, übernimmt das Master-Gerät die Signalisierung über seine verschiedenen Signalisierungs-Möglichkeiten. Siehe dazu das Handbuch des Master-Gerätes aus der Serie ELR 9000 HP.

Die LED „Error“ ist eine Sammelfehlermeldung der nachfolgend gelisteten Alarmsignale. Bei Überwachung des Slaves über eine der beiden USB-Schnittstellen können die einzelnen Alarme durch Abfrage eines Statuswertes aufgeschlüsselt werden.

Bedeutung der möglichen Alarmsignale:

Signal OT (OverTemperature)	<ul style="list-style-type: none"> • Überhitzung des Gerätes • DC-Eingang wird abgeschaltet • Unkritisch
Signal OVP (OverVoltage)	<ul style="list-style-type: none"> • Überspannungsabschaltung des DC-Eingangs erfolgt, wenn überhöhte Spannung auf den DC-Eingang des Gerätes gelangt • Kritisch! Gerät und/oder Quelle könnten beschädigt sein
Signal OCP (OverCurrent)	<ul style="list-style-type: none"> • Abschaltung des DC-Eingangs erfolgte wegen Überschreiten einer einstellbaren Schwelle • Unkritisch. Dient zum Schutz der Quelle vor Überbelastung durch zu hohen Strom
Signal OPP (OverPower)	<ul style="list-style-type: none"> • Abschaltung des DC-Eingangs erfolgte wegen Überschreiten einer einstellbaren Schwelle • Unkritisch. Dient zum Schutz der Quelle vor Überbelastung durch zu hohe Leistung
Signal PF (Power Fail)	<ul style="list-style-type: none"> • Abschaltung des DC-Eingangs wegen Netzunterspannung oder Defekt im AC-Kreis • Kritisch bei Überspannung! AC-Netzeingangskreis könnte beschädigt sein

1.8 Technische Daten

1.8.1 Zulässige Betriebsbedingungen

- Verwendung nur in trockenen Innenräumen
- Umgebungstemperaturbereich: 0...50 °C
- Betriebshöhe: max. 2000 m über NN
- Max. 80% relative Luftfeuchtigkeit, nicht kondensierend

1.8.2 Allgemeine technische Daten

Anzeigeart: 6x farbige LEDs

Bedienelemente: 1 Drucktaste

Die Nennwerte des Gerätes bestimmen den maximal einstellbaren Bereich.

1.8.3 Spezifische technische Daten

15 kW	Modell Slave			
	ELR 9080-510 HP	ELR 9200-210 HP	ELR 9360-120 HP	ELR 9500-90 HP
AC-Versorgung				
Netzspannung	342...528 V			
Phasen	3ph, PE			
Netzfrequenz	50/60 Hz ±10%			
Ableitstrom	< 3,5 mA			
Leistungsfaktor	> 0,99			
DC-Eingang				
Eingangsspannung U_{Nenn}	80 V	200 V	360 V	500 V
Eingangsleistung P_{Nenn}	15 kW	15 kW	15 kW	15 kW
Eingangsstrom I_{Nenn}	510 A	210 A	120 A	90 A
Überspannungsschutzbereich	$0...1,1 * U_{Nenn}$	$0...1,1 * U_{Nenn}$	$0...1,1 * U_{Nenn}$	$0...1,1 * U_{Nenn}$
Überstromschutzbereich	$0...1,1 * I_{Nenn}$	$0...1,1 * I_{Nenn}$	$0...1,1 * I_{Nenn}$	$0...1,1 * I_{Nenn}$
Überleistungsschutzbereich	$0...1,1 * P_{Nenn}$	$0...1,1 * P_{Nenn}$	$0...1,1 * P_{Nenn}$	$0...1,1 * P_{Nenn}$
Maximal zulässige Eingangsspg.	$1,2 * U_{Nenn}$	$1,2 * U_{Nenn}$	$1,2 * U_{Nenn}$	$1,2 * U_{Nenn}$
Min. Eingangsspg. für I_{Max}	0,73 V	2,3 V	2,3 V	4,6 V
Eingangskapazität	ca. 2310 µF	ca. 930 µF	ca. 930 µF	ca. 294 µF
Temperaturkoeffizient der Einstellwerte Δ / K	Strom / Spannung: 100 ppm			
Spannungsregelung				
Einstellbereich	0...81,6 V	0...204 V	0...367,2 V	0...510 V
Stabilität bei ΔI	< 0,05% U_{Nenn}	< 0,05% U_{Nenn}	< 0,05% U_{Nenn}	< 0,05% U_{Nenn}
Genauigkeit ⁽¹⁾ (bei 23 ± 5°C)	< 0,1% U_{Nenn}	< 0,1% U_{Nenn}	< 0,1% U_{Nenn}	< 0,1% U_{Nenn}
Kompensation Fernfühlung	max. 5% U_{Nenn}			
Stromregelung				
Einstellbereich	0...520,2 A	0...214,2 A	0...122,4 A	0...91,8 A
Stabilität bei ΔU	< 0,15% I_{Nenn}	< 0,15% I_{Nenn}	< 0,15% I_{Nenn}	< 0,15% I_{Nenn}
Genauigkeit ⁽¹⁾ (bei 23 ± 5°C)	< 0,2% I_{Nenn}	< 0,2% I_{Nenn}	< 0,2% I_{Nenn}	< 0,2% I_{Nenn}
Ausregelung 10-90% ΔU_{DC}	< 0,6 ms	< 0,6 ms	< 0,6 ms	< 0,6 ms
Leistungsregelung				
Einstellbereich	0...15300 W	0...15300 W	0...15300 W	0...15300 W
Stabilität bei $\Delta U / \Delta I$	< 0,75% P_{Nenn}	< 0,75% P_{Nenn}	< 0,75% P_{Nenn}	< 0,75% P_{Nenn}
Genauigkeit ⁽¹⁾ (bei 23 ± 5°C)	< 1% P_{Nenn}	< 1% P_{Nenn}	< 1% P_{Nenn}	< 1% P_{Nenn}
Wirkungsgrad ⁽²⁾	≤ 92,5%	≤ 93,5%	≤ 93,5%	≤ 94,5%
Widerstandsregelung				
Einstellbereich	0,006...10 Ω	0,033...50 Ω	0,1...180 Ω	0,16...340 Ω
Genauigkeit (bei 23 ± 5°C)	≤1% vom Widerstands-Endwert ± 0,3% vom Stromnennwert			
Isolation				
Zulässige Potentialverschiebung am DC-Eingang:				
Eingang (DC) zum Gehäuse	±400 V DC	±725 V DC	±725 V DC	±1500 V DC
Eingang (AC) to Eingang (DC)	±400 V DC	±1000 V DC	±1000 V DC	±1800 V DC
Eingang (AC) <-> Gehäuse	2,5 kV DC			
Eingang (AC) <-> Eingang (DC)	2,5 kV DC			

(1 Bezogen auf den Nennwert definiert die Genauigkeit die maximale Abweichung zwischen Sollwert und tatsächlichem Istwert am DC-Eingang.

Beispiel: ein 510 A-Gerät hat min. 0,2% Stromgenauigkeit, das entspricht 1,2 A. Bei einem Sollwert von 500 A dürfte der Ist-Strom am DC-Eingang also max. 1,2 A abweichen, sprich er dürfte also 498,8 A...501,2 A betragen.

(2 Typischer Wert bei 100% Eingangsspannung und 100% Leistung

15 kW	Modell Slave			
	ELR 9080-510 HP	ELR 9200-210 HP	ELR 9360-120 HP	ELR 9500-90 HP
Klima				
Kühlungsart	Temperaturgeregelte Lüfter, Lufteinlaß vorn, Luftauslaß hinten			
Umgebungstemperatur	0...50 °C			
Lagertemperatur	-20...70 °C			
Luftfeuchtigkeit	< 80%, nicht kondensierend			
Verschiedenes				
Überspannungskategorie	2			
Schutzklasse	1			
Verschmutzungsgrad	2			
Betriebshöhe	< 2000 m			
Normen	EN 61010-1:2011-07, EN 50160:2011-02 (Netzklasse 2), EN 61000-6-2:2016-05, EN 61000-6-3:2011-09 (Störaussendung Klasse B)			
Digitale Schnittstellen				
Eingebaut	1x USB (Vorderseite) für Werteeinstellung 1x USB (Rückseite) für Kommunikation und Service			
Galvanische Trennung zum Gerät	max. 1500 V DC			
Anschlüsse				
Rückseite	Share-Bus, DC-Eingang, AC-Eingang, Sense, USB, Master-Slave-Bus			
Vorderseite	USB			
Maße				
Gehäuse (BxHxT)	19" x 3 HE x 668 mm			
Total (BxHxT)	483 mm x 133 mm x 775 mm			
Gewicht	~32 kg	~32 kg	~32 kg	~32 kg
Artikelnummer	33290446	33290447	33290448	33290449

15 kW	<i>Modell Slave</i>		
	<i>ELR 9750-60 HP</i>	<i>ELR 91000-40 HP</i>	<i>ELR 91500-30 HP</i>
AC-Versorgung			
Netzspannung	342...528 V		
Phasen	3ph, PE		
Netzfrequenz	50/60 Hz ±10%		
Ableitstrom	< 3,5 mA		
Leistungsfaktor	> 0,99		
DC-Eingang			
Eingangsspannung U_{Nenn}	750 V	1080 V	1500 V
Eingangsleistung P_{Nenn}	15 kW	15 kW	15 kW
Eingangsstrom I_{Nenn}	60 A	40 A	30 A
Überspannungsschutzbereich	$0...1,1 * U_{Nenn}$	$0...1,1 * U_{Nenn}$	$0...1,1 * U_{Nenn}$
Überstromschutzbereich	$0...1,1 * I_{Nenn}$	$0...1,1 * I_{Nenn}$	$0...1,1 * I_{Nenn}$
Überleistungsschutzbereich	$0...1,1 * P_{Nenn}$	$0...1,1 * P_{Nenn}$	$0...1,1 * P_{Nenn}$
Maximal zulässige Eingangsspg.	$1,2 * U_{Nenn}$	$1,2 * U_{Nenn}$	$1,2 * U_{Nenn}$
Min. Eingangsspg. für I_{Max}	6,9 V	6,9 V	9,2 V
Eingangskapazität	ca. 180 µF	ca. 310 µF	ca. 33 µF
Temperaturkoeffizient der Einstellwerte Δ / K	Strom / Spannung: 100 ppm		
Spannungsregelung			
Einstellbereich	0...765 V	0...1101,6 V	0...1530 V
Stabilität bei ΔI	< 0,05% U_{Nenn}	< 0,05% U_{Nenn}	< 0,05% U_{Nenn}
Genauigkeit ⁽¹⁾ (bei 23 ± 5°C)	< 0,1% U_{Nenn}	< 0,1% U_{Nenn}	< 0,1% U_{Nenn}
Kompensation Fernfühlung	max. 5% U_{Nenn}		
Stromregelung			
Einstellbereich	0...61,2 A	0...40,8 A	0...30,6 A
Stabilität bei ΔU	< 0,15% I_{Nenn}	< 0,15% I_{Nenn}	< 0,15% I_{Nenn}
Genauigkeit ⁽¹⁾ (bei 23 ± 5°C)	< 0,2% I_{Nenn}	< 0,2% I_{Nenn}	< 0,2% I_{Nenn}
Ausregelung 10-90% ΔU_{DC}	< 0,6 ms	< 0,6 ms	< 0,6 ms
Leistungsregelung			
Einstellbereich	0...15300 W	0...15300 W	0...15300 W
Stabilität bei $\Delta U / \Delta I$	< 0,75% P_{Nenn}	< 0,75% P_{Nenn}	< 0,75% P_{Nenn}
Genauigkeit ⁽¹⁾ (bei 23 ± 5°C)	< 1% P_{Nenn}	< 1% P_{Nenn}	< 1% P_{Nenn}
Wirkungsgrad ⁽²⁾	≤ 94,5%	≤ 93,5%	≤ 94,5%
Widerstandsregelung			
Einstellbereich	0,4...740 Ω	0,8...1300 Ω	2,5...3000 Ω
Genauigkeit (bei 23 ± 5°C)	≤1% vom Widerstands-Endwert ± 0,3% vom Stromnennwert		
Isolation			
Zulässige Potentialverschiebung am DC-Eingang:			
Eingang (DC) zum Gehäuse	±1500 V DC	±1500 V DC	±1500 V DC
Eingang (AC) to Eingang (DC)	±1800 V DC	±1800 V DC	±1800 V DC
AC-Eingang <-> Gehäuse	2,5 kV DC		
AC-Eingang <-> DC-Eingang	2,5 kV DC		

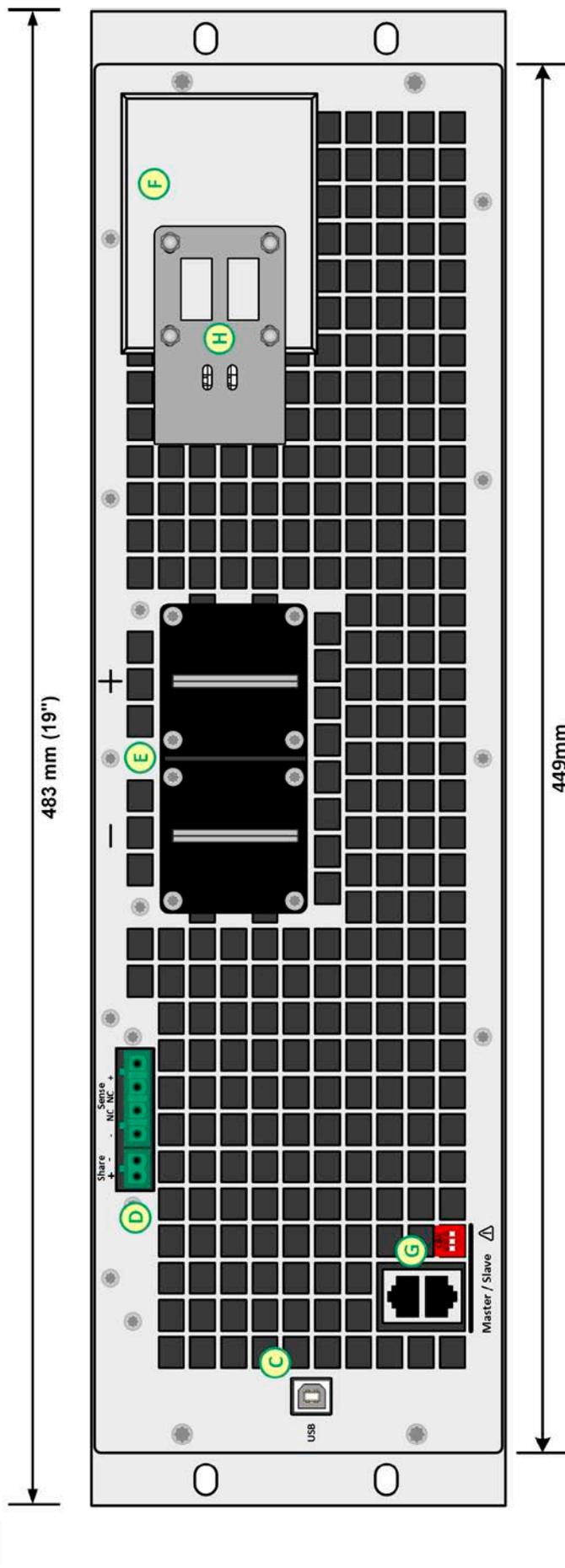
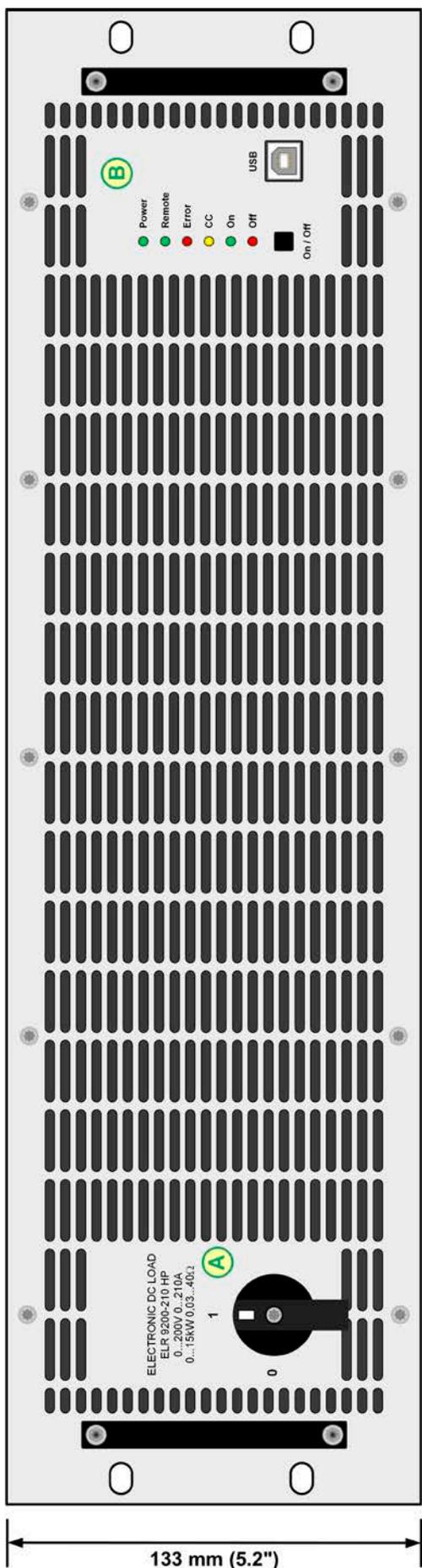
(1 Bezogen auf den Nennwert definiert die Genauigkeit die maximale Abweichung zwischen Sollwert und tatsächlichem Istwert am DC-Eingang.

Beispiel: ein 510 A-Gerät hat min. 0,2% Stromgenauigkeit, das entspricht 1,2 A. Bei einem Sollwert von 500 A dürfte der Ist-Strom am DC-Eingang also max. 1,2 A abweichen, sprich er dürfte also 498,8 A...501,2 A betragen.

(2 Typischer Wert bei 100% Eingangsspannung und 100% Leistung

15 kW	Modell Slave		
	ELR 9750-60 HP	ELR 91000-40 HP	ELR 91500-30 HP
Klima			
Kühlungsart	Temperaturgeregelte Lüfter, Lufteinlaß vorn, Luftauslaß hinten		
Umgebungstemperatur	0...50 °C		
Lagertemperatur	-20...70 °C		
Luftfeuchtigkeit	< 80%, nicht kondensierend		
Verschiedenes			
Überspannungskategorie	2		
Schutzklasse	1		
Verschmutzungsgrad	2		
Betriebshöhe	< 2000 m		
Normen	EN 61010-1:2011-07, EN 50160:2011-02 (Netzklasse 2), EN 61000-6-2:2016-05, EN 61000-6-3:2011-09 (Störaussendung Klasse B)		
Digitale Schnittstellen			
Eingebaut	1x USB (Vorderseite) für Werteeinstellung 1x USB (Rückseite) für Kommunikation und Service		
Galvanische Trennung zum Gerät	max. 1500 V DC		
Anschlüsse			
Rückseite	Share-Bus, DC-Eingang, AC-Eingang, Sense, USB, Master-Slave-Bus		
Vorderseite	USB		
Maße			
Gehäuse (BxHxT)	19" x 3 HE x 668 mm		
Total (BxHxT)	483 mm x 133 mm x 775 mm		
Gewicht	~32 kg	~32 kg	~32 kg
Artikelnummer	33290450	33290451	33290452

1.8.4 Ansichten



- A - Netzschalter
- B - Bedienteil
- C - Steuerungsschnittstelle (digital)
- D - Share-Bus- und Fernfühlungsanschlüsse
- E - DC-Eingang (Abb. zeigt Anschlußstyp 1)
- F - Netzanschluß
- G - Master-Slave-Anschlüsse
- H - Stecker-Sperre & Zugentlastung

Bild 1 - Vorderseite

Bild 2 - Rückseite



Bild 3 - Seitenansicht von links

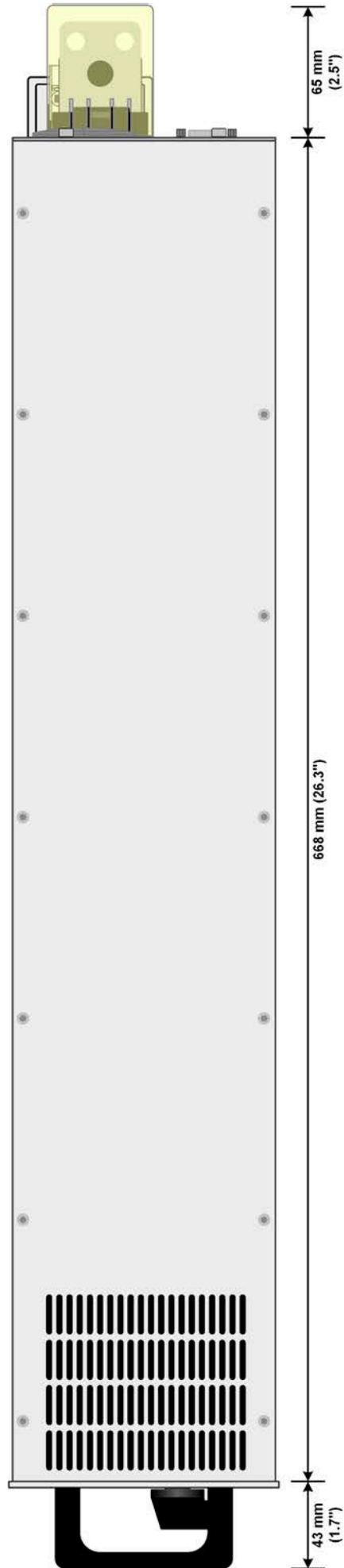


Bild 4 - Seitenansicht von rechts



Bild 5 - Ansicht von oben

1.8.5 Bedienelemente

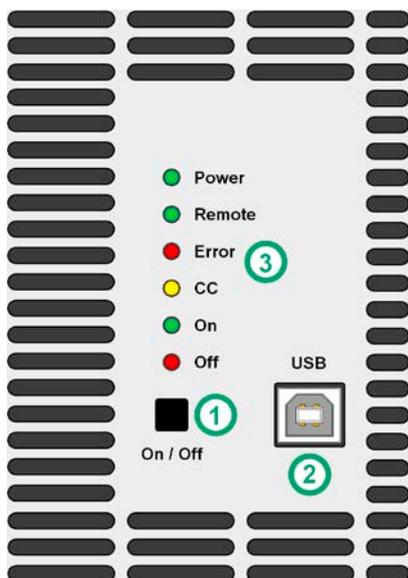


Bild 6 - Bedienfeld

Übersicht der Bedienelemente am Bedienfeld

Für eine genaue Erläuterung siehe Abschnitte „1.9.4. Die Bedieneinheit (HMI)“.

(1)	<p>Ein/Aus-Taster</p> <p>Dient zum Ein- bzw. Ausschalten des DC-Eingangs bei manueller Bedienung (LED „Remote“ = aus)</p>
(2)	<p>USB-Anschluß</p> <p>Dient zum schnellen und einfacheren Zugriff auf die Einstellwerte des DC-Eingangs bei Betrieb außerhalb von Master-Slave. Der frontseitige Port hat einen reduzierten Funktionsumfang gegenüber dem rückseitigen.</p>
(3)	<p>Statusanzeigen (LEDs)</p> <p>Diese sechs farbigen LEDs zeigen jederzeit den Gerätestatus an. Für mehr siehe 1.9.4.</p>

1.9 Aufbau und Funktion

1.9.1 Allgemeine Beschreibung

Die elektronischen Lasten der Serie ELR 9000 HP Slave dienen zur Leistungserweiterung kompatibler Modelle der Serie ELR 9000 HP. Die Geräte sind auf grundlegende Funktionen reduziert und werden üblicherweise im Master-Slave-Betrieb ferngesteuert. Sie können zu vorhandenen ELR 9000 HP bzw. auch ELR 9000 HP 15/24U hinzugefügt und verbunden werden.

Jede Einheit verfügt über einen rückseitigen USB-Anschluß zu Servicezwecken (Firmware-Aktualisierungen), sowie Überwachung während des Master-Slave-Betriebs, als auch Fernsteuerung bei Einzelbetrieb.

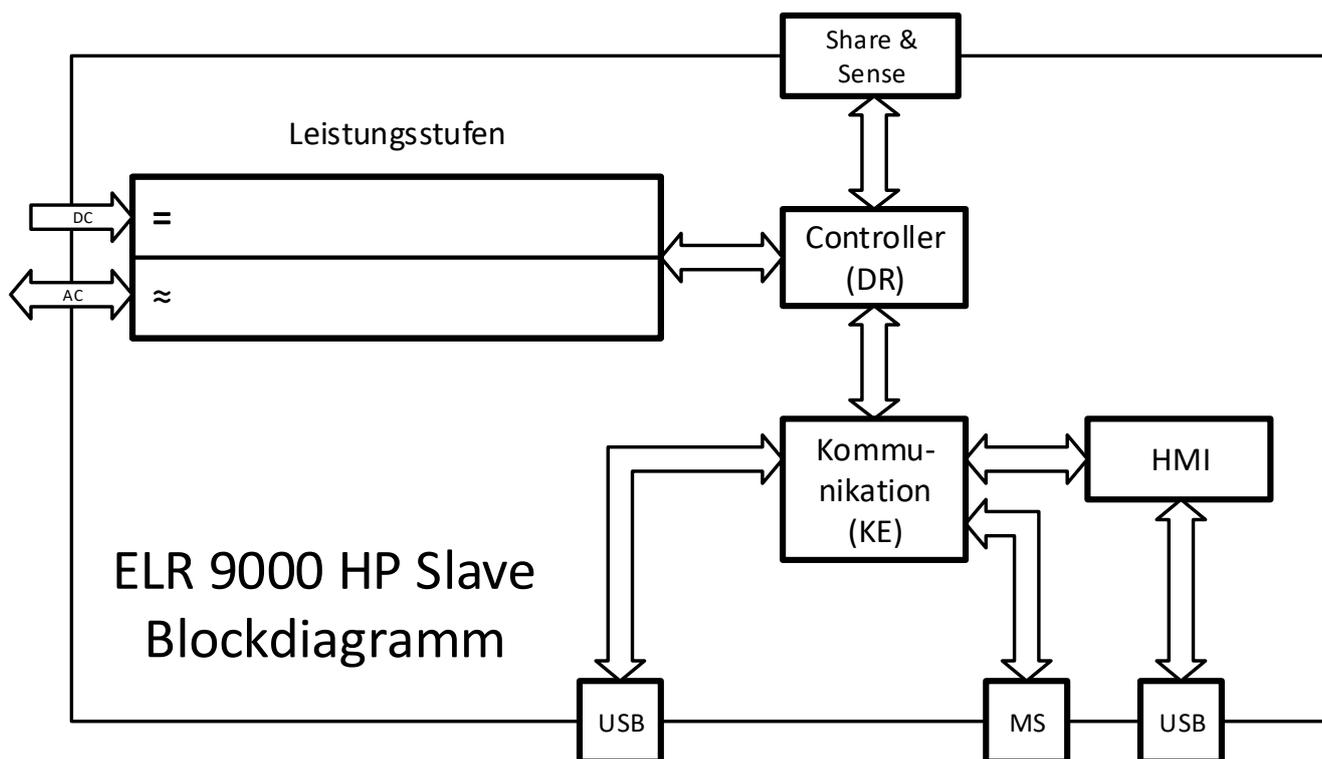
Der zusätzliche vordere USB-Anschluß dient zur Einstellung aller wichtigen auf den DC-Eingang bezogenen Parameter. Zur Konfiguration des Gerätes und aller Einstellwerte über den USB-Port dient die auf USB-Stick mitgelieferte Software **EA Power Control** oder eine durch den Anwender erstellte Steuerungs-Applikation.

Die Geräte bieten standardmäßig die Möglichkeit der Parallelschaltung im Share-Bus-Betrieb zur gleichmäßigen Stromaufteilung, sowie eine echte Master-Slave-Verbindung mit Aufsummierung der Slave-Geräte am Master-Gerät. Über diese Betriebsart lassen sich bis zu 16 Geräte zu einem System verbinden, das eine erhöhte Gesamtleistung von bis zu 240 kW bietet.

Alle Modelle sind mikroprozessorgesteuert. Dies erlaubt eine genaue und schnelle Erfassung und Übermittlung von Istwerten.

1.9.2 Blockdiagramm

Das Blockdiagramm soll die einzelnen Hauptkomponenten und deren Zusammenspiel verdeutlichen. Es gibt drei digitale, microcontrollergesteuerte Elemente (KE, DR, HMI), die von Firmwareaktualisierungen betroffen sein können.



1.9.3 Lieferumfang

- 1 x Elektronische Last
- 1 x Stecker für Share-Bus
- 1 x Stecker für Fernföhlung
- 1 x USB-Kabel 1,8 m
- 1 x Set DC-Klemmenabdeckung
- 1 x Share/Sense-Klemmenabdeckung (nur Modelle ab 750 V)
- 1 x USB-Stick mit Dokumentation und Software
- 1 x AC-Anschlußstecker (Klemmtyp)
- 1 x Set für Zugentlastung (bereits vormontiert)

1.9.4 Die Bedieneinheit (HMI)

HMI steht für **H**uman **M**achine **I**nterface, auf Deutsch Mensch-Maschine-Schnittstelle, und besteht hier aus 6 farbigen LEDs, einem Taster und einem USB-Port.

1.9.4.1 Statusanzeigen

Die sechs farbigen LEDs zeigen diverse Zustände des Gerätes wie folgt an:

LED	Farbe	Zeigt was an, wenn leuchtend?
Power	orange / grün	Orange = Startphase des Gerätes aktiv oder interner Fehler aufgetreten Grün = Gerät ist betriebsbereit
Remote	grün	Fernsteuerung durch den Master oder einen der beiden USB-Ports ist aktiv. Die manuelle Bedienung über Taste On/Off ist dann gesperrt.
Error	rot	Mindestens ein nicht bestätigter Gerätealarm liegt an. Die LED kann alle in „3.6. <i>Alar-me und Überwachung</i> “ genannten Gerätealarme signalisieren.
CC	gelb	Strombegrenzung (CC) ist aktiv. Das heißt, wenn die LED nicht leuchtet, ist das Gerät entweder in CV, CP oder CR. Siehe auch „3.2. <i>Regelungsarten</i> “
On	grün	DC-Eingang ist eingeschaltet
Off	rot	DC-Eingang ist ausgeschaltet

1.9.4.2 USB-Port

Der frontseitige USB-Port dient zwecks einfacherem Zugang, verglichen mit dem hinten am Gerät befindlichen, zum häufigen Einstellen aller auf den DC-Eingang bezogenen Einstellwerte und Parameter. Das ist nur in zwei Situationen nötig und auch nur dann zugänglich:

1. Die ELR 9000 HP Slave soll als einzelnes Gerät arbeiten, das nicht von einem Master-Gerät ferngesteuert wird.
2. Die ELR 9000 HP Slave soll zwecks Mangel einer ELR 9000 HP der Master von anderen ELR 9000 HP Slave sein.

Beide Situation sind untergeordnet, weil die ELR 9000 HP Slave in der normalen Funktion als Slave in einem Master-Slave-System alle eingangsrelevanten Werte vom Master zugewiesen bekommt.

Für den Betrieb in einer der oben genannten Situationen gilt folgendes für den Gebrauch des USB-Ports:



- Reduzierter Befehlssatz für Master-Slave-Konfiguration, DC-Eingangswerte (U, I, P, R) und Schutzwerte (OVP, OCP, OPP). Für den Befehlssatz siehe „3.5. *Fernsteuerung*“.
- Übernahme der Fernsteuerung zwecks Änderung der Konfiguration nur möglich, wenn nicht online mit dem Master. Das bedeutet, Master-Slave muß dann ggf. am Master zeitweise deaktiviert oder das Master-Gerät ausgeschaltet werden

1.9.4.3 Taster „On / Off“



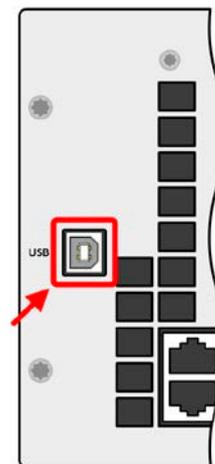
Dieser Taster dient zum manuellen Ein- oder Ausschalten des DC-Eingangs, aber nur wenn sich das Gerät nicht in Fernsteuerung befindet (LED „Remote“ leuchtet), also nicht vom Master als Slave eingebunden wurde. Das Netzgerät würde bei Betätigung zum Einschalten des DC-Eingangs die zuletzt gesetzten Werte ausregeln. Da diese nicht angezeigt werden ist bei Verwendung dieser Taste Vorsicht geboten.

1.9.5 USB-Port Typ B (Rückseite)

Der USB-Port Typ B auf der Rückseite des Gerätes dient zur Kommunikation mit dem Gerät zwecks Überwachung (während Master-Slave-Betrieb) oder Fernsteuerung (während Einzelbetrieb), sowie zur Firmware-Aktualisierung. Über das mitgelieferte USB-Kabel kann das Gerät mit einem PC verbunden werden (USB 2.0, USB 3.0). Der Treiber wird mitgeliefert und installiert einen virtuellen COM-Port. Details zur Fernsteuerung sind in weiterer Dokumentation auf der Webseite des Geräteherstellers bzw. auf dem mitgelieferten USB-Stick zu finden.

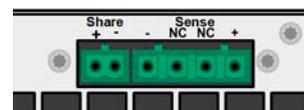
Das Gerät kann über diesen Port wahlweise über das international standardisierte ModBus-Protokoll oder per SCPI-Sprache angesprochen werden. Es erkennt das in einer Nachricht verwendete Protokoll automatisch.

Die USB-Schnittstelle hat, wenn Fernsteuerung aktiviert werden soll, keinen Vorrang vor der anderen USB-Schnittstelle auf der Vorderseite oder der Fernsteuerung durch ein Master-Gerät und kann daher nur abwechselnd zu diesen zur Fernsteuerung benutzt werden. Jedoch ist Überwachung (Monitoring) immer möglich.



1.9.6 Share-Bus-Anschluß

Die auf der Rückseite des Gerätes befindliche, 2-polige Buchse („Share“) dient zur Verbindung mit der gleichnamigen Buchse an kompatiblen elektronischen Lasten zwecks Parallelschaltung und Stromsymmetrierung, sowie an kompatiblen Netzgeräten zwecks Herstellung eines Zwei-Quadranten-Betriebs. Mehr dazu siehe „3.7.3. Zwei-Quadranten-Betrieb (2QB)“. Folgende Netzgeräte- und elektronische Lastserien sind kompatibel:

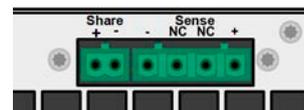


- PSI 9000 2U - 24U / PSI 9000 3U Slave
- ELR 9000 / ELR 9000 HP / ELR 9000 HP Slave
- EL 9000 B 3U - 24U / EL 9000 B HP / EL 9000 B 2Q
- PSE 9000
- PS 9000 1U / 2U / 3U *

* Ab Hardware-Revision 2, siehe Typenschild (falls dort keine Angabe der Revision zu finden ist, dann ist es 1)

1.9.7 Sense-Anschluß (Fernfühlung)

Die Geräte der Serie ELR 9000 HP Slave werden in erster Linie als Slaves in einem Master-Slave-System betrieben wo die Fernfühlung immer nur am Master angebunden wird. Für Einzelbetrieb des Slave-Gerätes außerhalb des Master-Slave-System kann die Fernfühlungsfunktion jedoch verwendet werden.



Um Spannungsabfall über die Lastzuleitungen zu kompensieren, kann bei Bedarf der Eingang Sense polrichtig mit der Spannungsquelle verbunden werden. Die max. Kompensation ist in den technischen Daten aufgeführt.

1.9.7.1 Einschränkungen

Fernfühlung eignet sich nur für Konstantspannungsbetrieb (CV). Der Eingang „Sense“ sollte auch nur dann mit der Quelle verbunden sein, wenn CV genutzt wird. Hauptsächlich in anderen Regelungsarten, aber auch in CV, können die Fernfühlungs-Leitungen durch ihre Länge und Induktivität störende Nebeneffekte, z. B. Oszillation, hervorrufen. Siehe auch 3.2.5.

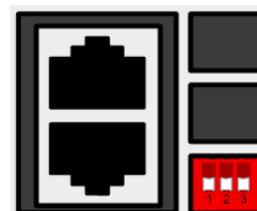


Aus Isolationsgründen (Luft- und Kriechstrecke) werden bei Hochvolt-Modellen (Nennspannung ≥ 500 V) nur die beiden äußeren Pins der vierpoligen Klemme verwendet. Deswegen müssen die mittleren beiden Pins, gekennzeichnet mit NC, unbedingt freibleiben.

1.9.8 Master-Slave-Bus

Auf der Rückseite des Gerätes ist eine weitere Schnittstelle vorhanden, die über zwei RJ45-Buchsen mehrere identische Geräte über einen digitalen Bus (RS485) zu einem Master-Slave-System verbinden kann. Für den Betrieb eines ELR 9000 HP Slave Gerätes ist diese Schnittstelle essentiell, da es darüber vom Master konfiguriert, sowie werte- und zustandsmäßig gesteuert wird.

Die Verbindung erfolgt mit handelsüblichen CAT5-Kabeln. Durch den verwendeten Standard RS485 sind theoretisch Kabellängen bis 1200 m verwendbar. Es wird jedoch empfohlen, immer möglichst kurze Kabel zu verwenden.



2. Installation & Inbetriebnahme

2.1 Transport und Lagerung

2.1.1 Transport



- Die Griffe an der Vorderseite des Gerätes dienen **nicht** zum Tragen!
- Das Gerät sollte aufgrund seines hohen Gewichts, je nach Modell, möglichst nicht per Hand transportiert werden bzw. darf, falls Transport per Hand nicht vermeidbar ist, nur am Gehäuse und nicht an den Aufbauten (Griffe, DC-Eingangsklemme, Drehknöpfe) gehalten werden
- Transport des Gerätes nicht im eingeschalteten oder angeschlossenen Zustand!
- Bei Verlagerung des Gerätes an einen anderen Standort wird die Verwendung der originalen Transportverpackung empfohlen
- Das Gerät sollte stets waagrecht aufgestellt oder getragen werden
- Benutzen Sie möglichst geeignete Schutzkleidung, vor allem Sicherheitsschuhe, beim Tragen des Gerätes, da durch das teils hohe Gewicht bei einem Sturz erhebliche Verletzungen entstehen können

2.1.2 Verpackung

Es wird empfohlen, die komplette Transportverpackung (Lieferverpackung) für die Lebensdauer des Gerätes aufzubewahren, um sie für den späteren Transport des Gerätes an einen anderen Standort oder Einsendung des Gerätes an Elektro-Automatik zwecks Reparatur wiederverwenden zu können. Im anderen Fall ist die Verpackung umweltgerecht zu entsorgen.

2.1.3 Lagerung

Für eine längere Lagerung des Gerätes bei Nichtgebrauch wird die Benutzung der Transportverpackung oder einer ähnlichen Verpackung empfohlen. Die Lagerung muß in trockenen Räumen und möglichst luftdicht verpackt erfolgen, um Korrosion durch Luftfeuchtigkeit, vor Allem im Inneren des Gerätes, zu vermeiden.

2.2 Auspacken und Sichtkontrolle

Nach jedem Transport mit oder ohne Transportverpackung oder vor der Erstinbetriebnahme ist das Gerät auf sichtbare Beschädigungen und Vollständigkeit der Lieferung hin zu untersuchen. Vergleichen Sie hierzu auch mit dem Lieferschein und dem Lieferumfang (siehe Abschnitt 1.9.3). Ein offensichtlich beschädigtes Gerät (z. B. lose Teile im Inneren, äußerer Schaden) darf unter keinen Umständen in Betrieb genommen werden.

2.3 Installation

2.3.1 Sicherheitsmaßnahmen vor Installation und Gebrauch



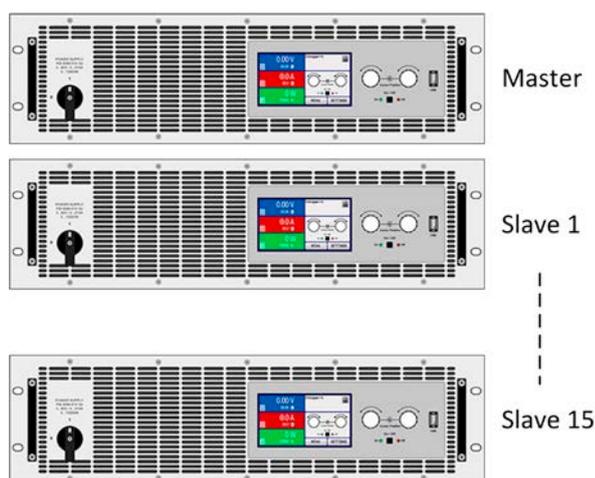
- Das Gerät kann, je nach Modell, ein beträchtliches Gewicht haben. Stellen Sie daher vor der Aufstellung sicher, daß der Aufstellungsort (Tisch, Schrank, Regal, 19"-Rack) das Gewicht des Gerätes ohne Einschränkungen tragen kann.
- Bei Installation in einem 19"-Schrank sind Halteschienen zu montieren, die für die Gehäusebreite und das Gewicht (siehe „1.8.3. Spezifische technische Daten“) geeignet sind.
- Stellen Sie vor dem Anschluß des Gerätes an die AC-Stromzufuhr sicher, daß die auf dem Typenschild des Gerätes angegebenen Anschlußdaten eingehalten werden. Eine Überspannung am AC-Anschluß kann das Gerät beschädigen.
- Für alle elektronische Lasten: Stellen Sie vor Anschluß einer Spannungsquelle sicher, daß diese keine höhere DC-Spannung erzeugt als die elektronische Last am Eingang vertragen kann bzw. treffen Sie geeignete Maßnahmen, die verhindern, daß die Spannungsquelle die Last durch zu hohe Spannung beschädigen kann.
- Für rückspeisende elektronische Lasten: vor dem Anschluß an ein öffentliches Stromversorgungsnetz ist zu prüfen, ob ein NA-Schutz (früher: ENS) installiert werden muß, der die NetZRückspeisung des Gerätes überwacht und ggf. unterbricht. Die Stromnetzbetreiber können hierzu Auskunft und Richtlinien herausgeben.

2.3.2 Vorbereitung

2.3.2.1 Planung des Master-Slave-Systems

Vor allen anderen Vorbereitungen zur Installation und Verkabelung sollte entschieden werden, wie das Master-Slave-System aufgebaut sein soll. Die kleinste Variante wäre ein System aus zwei Geräten, und zwar 1x ELR 9000 HP und 1x ELR 9000 HP Slave. Beide müssen jeweils dasselbe Modell hinsichtlich Strom, Spannung und Leistung sein. Da es die ELR 9000 HP Slave-Modelle nur als 15 kW-Versionen gibt passen sie auch nur zu den entsprechenden 15 kW-Modellen der Serie ELR 9000 HP. Das „passen“ bezieht sich dabei auf den Master-Slave-Bus, der andere Modelle nicht akzeptiert. So wäre eine Parallelschaltung einer ELR 9080-170 HP mit einer ELR 9080-510 HP Slave zwar technisch möglich, weil zumindest die Ausgangsspannungen zueinander passen, würde aber vom Master-Gerät nicht unterstützt.

Es gibt mehrere mögliche Kombinationen aus Geräten der beiden Serien:



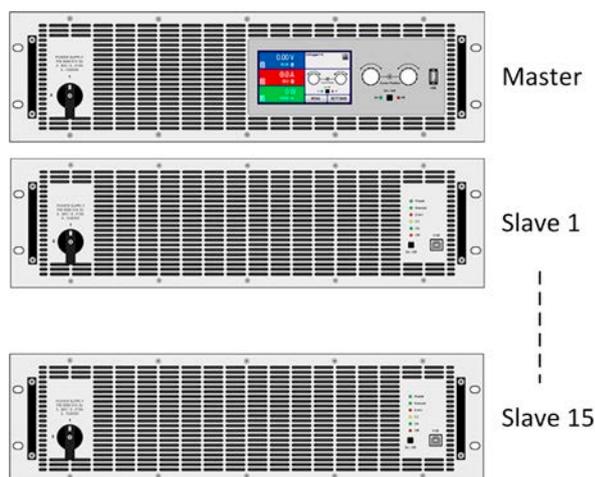
Kombination 1:

Mehrere ELR 9000 HP (mit Anzeige)

Alle diese Modelle können unter sich zu einem Master-Slave-System kombiniert werden (bis zu 16 Geräte pro Master-Slave-Bus).

Vorteil dieser Kombination: jede Einheit kann Master oder Slave sein, die Slaves zeigen Istwerte an, das System kann auch komplett per Hand bedient werden

Nachteil dieser Kombination: höhere Kosten als wenn ELR 9000 HP Slave-Modelle als Slaves verwendet würden.



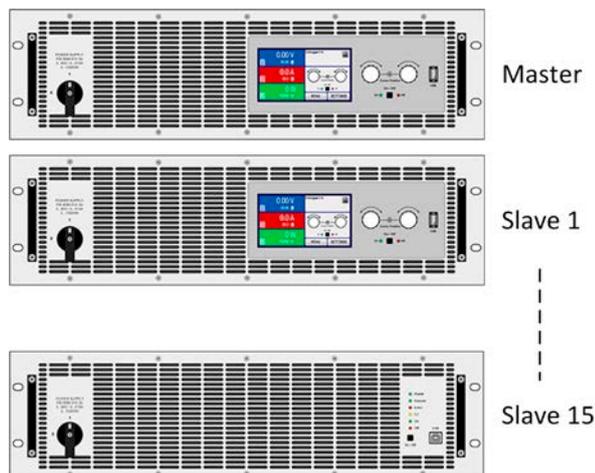
Kombination 2:

Eine ELR 9000 HP mit ein oder mehreren ELR 9000 HP Slave

Das ist die für die Serie ELR 9000 HP Slave vorgesehene Normalkonfiguration, wie vorzufinden in den Serien ELR 9000 HP 15U und ELR 9000 HP 24U.

Vorteil dieser Kombination: geringere Kosten

Nachteil dieser Kombination: sollte der Master ausfallen, ist zunächst das ganze System nicht funktionsfähig. Nach Umkonfiguration eines Slaves zum Master kann das System mit reduzierter Leistung weiterarbeiten, hat aber keinerlei Anzeige von Werten, ist aber per Fernsteuerung und Software bedienbar. Es können nur die 15 kW-Modelle verwendet werden.



Kombination 3:

Mehrere ELR 9000 HP mit ein oder mehreren ELR 9000 HP Slave

Ein bereits bestehendes MS-System aus ELR 9000 HP wird durch ein oder mehrere ELR 9000 HP Slave-Modelle ergänzt.

Vorteil dieser Kombination: fällt der Master aus, kann eine andere ELR 9000 HP schnell als dessen Ersatz konfiguriert werden

Nachteil dieser Kombination: höherer Kostenaufwand, weil auch Slaves hier eine Anzeige haben, die eigentlich nicht benötigt wird. Es können nur die 15 kW-Modelle verwendet werden.

2.3.2.2 Netzanschluß

Für den netzseitigen Anschluß einer rückspeisenden elektronischen Last der Serie ELR 9000 HP Slave ist ein 5-poliger Anschlußstecker auf der Rückseite vorgesehen (im Lieferumfang enthalten). Für die Verkabelung des Steckers ist eine mindestens 3-polige, je nach Modell auch 4-polige Zuleitung mit entsprechendem Querschnitt und Länge vorzusehen. Volle Belegung mit 3 Phasen, N und PE-Leiter stört in keinsten Weise und wird sogar empfohlen, weil das Netzanschlußkabel dann auch für andere Gerätemodelle und -serien direkt verwendet werden kann.

Für Empfehlungen zum Querschnitt siehe „2.3.4. Anschließen an das Stromnetz (AC)“.

2.3.2.3 DC-Eingang

Bei der Dimensionierung der DC-Leitungen zur Spannungsquelle sind mehrere Dinge zu betrachten:



- Der Querschnitt der Leitungen sollte immer mindestens für den Maximalstrom des Gerätes ausgelegt sein
- Bei dauerhafter Strombelastung der Leitungen am zulässigen Limit entsteht Wärme, die ggf. abgeführt werden muß, sowie ein Spannungsabfall, der von der Leitungslänge und der Erwärmung der Leitung abhängig ist. Um das zu kompensieren, muß der Querschnitt erhöht bzw. die Leitungslänge verringert werden.

2.3.3 Aufstellung des Gerätes

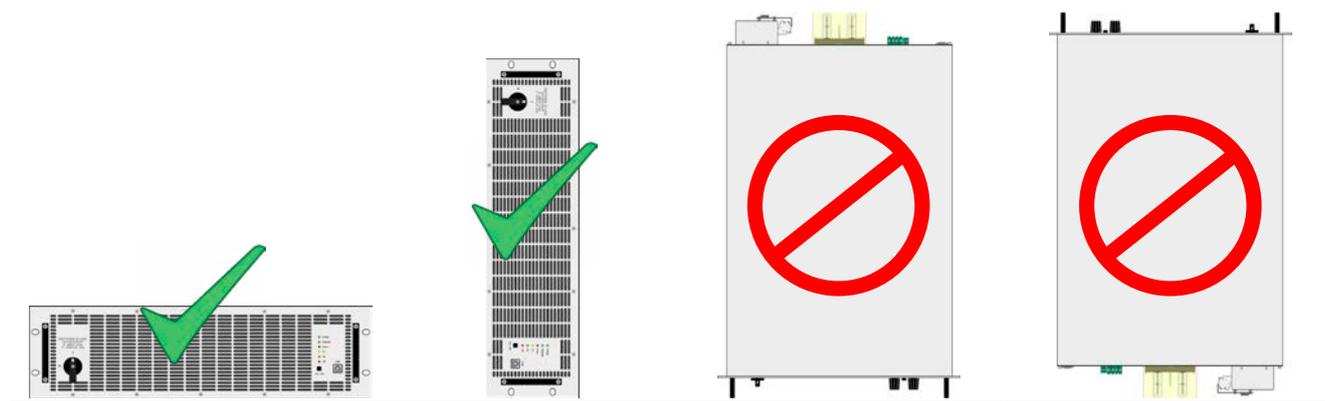


- Wählen Sie den Ort der Aufstellung so, daß die Zuleitungen zum Gerät so kurz wie möglich gehalten werden können
- Lassen Sie hinter dem Gerät ausreichend Platz, jedoch mindestens 30 cm, für die hinten austretende, warme Abluft, die trotz einer ca. 90%igen Rückspeisung der aufgenommenen Energie ins Stromnetz entsteht.

Ein Gerät in 19" Bauform wird üblicherweise auf entsprechenden Halteschienen und in 19" Einschüben oder -Schränken installiert. Dabei muß auf die Einbautiefe des Gerätes geachtet werden, sowie auf das Gewicht. Die Griffe an der Front dienen dabei zum Hineinschieben und Herausziehen aus dem Schrank. An der Frontplatte befindliche Langloch-Bohrungen dienen zur Befestigung im 19"-Schränk (Befestigungsschrauben im Lieferumfang nicht enthalten).

Bei manchen 19"-Modellen können die sogenannten Haltewinkel, die zur Befestigung in 19"-Schränken dienen, abmontiert werden, so daß das Gerät auch auf jeglicher horizontaler Fläche als Tischgerät betrieben werden kann.

Zulässige und unzulässige Aufstellpositionen:



Aufstellfläche

2.3.4 Anschließen an das Stromnetz (AC)



- Das Anschließen an eine AC-Stromversorgung darf nur durch entsprechend geschultes Personal erfolgen!
- Dimensionieren Sie den Querschnitt von Anschlußleitungen entsprechend des maximalen Eingangs- bzw. Ausgangsstromes des Gerätes (siehe Tabelle)!
- Stellen Sie vor dem Anstecken des Netzanschlußsteckers sicher, daß das Gerät am Netzschalter ausgeschaltet ist!
- Stellen Sie sicher, daß alle Vorschriften für den Betrieb und den Anschluß eines in das öffentliche Stromnetz rückspeisenden Gerätes beachtet und alle erforderlichen Maßnahmen getroffen wurden!
- Werden mehrere ELR-Geräte parallel am gleichen Netz betrieben, ist der Querschnitt der Zuleitungen gesondert zu bewerten, um dem Strom der Rückspeisung gerecht zu werden

Das Gerät wird mit einem 5-poligen Netzanschlußstecker geliefert. Je nach Nennleistung des Gerätes wird dieser mit einem zwei- oder dreiphasigen Hauptanschluß verbunden, gemäß der Beschriftung am Stecker und der Tabelle unten. Benötigt werden folgende Phasen, je nachdem ob ein Netz- und Anlagenschutz (NA) installiert ist:

	Ohne NA-Schutz	Mit NA-Schutz	
Nennleistung	Anschlüsse Netzstecker	Anschlüsse Netzstecker	Anschlußtyp
≥15 kW	L1, L2, L3, PE	L1, L2, L3, PE	Drehstrom



Der PE-Leiter ist zwingend erforderlich und muß immer angeschlossen sein!

2.3.4.1 Querschnitte

Für die Dimensionierung des Querschnittes der Anschlußleitungen sind der max. AC-Strom und die vorgesehene Länge der Anschlußleitung bestimmend. Ausgehend vom Anschluß eines **einzelnen Gerätes** gibt die Tabelle den maximalen Eingangsstrom des Gerätes auf jeder Phase an, sowie den empfohlenen Mindestquerschnitt pro Leiter vor:

Nennleistung	L1		L2		L3		PE
	∅	I _{max}	∅	I _{max}	∅	I _{max}	∅
15 kW	2,5 mm ²	23 A	2,5 mm ²	23 A	2,5 mm ²	23 A	wie Phase

2.3.4.2 Anschlußleitung

Der mitgelieferte Anschlußstecker kann Kabelenden mit Aderendhülse bis 6 mm² aufnehmen. Je länger die Anschlußleitung, desto höher der Spannungsabfall aufgrund des Leitungswiderstandes. Daher sollte die Netzzuleitung immer so kurz wie möglich gehalten werden.

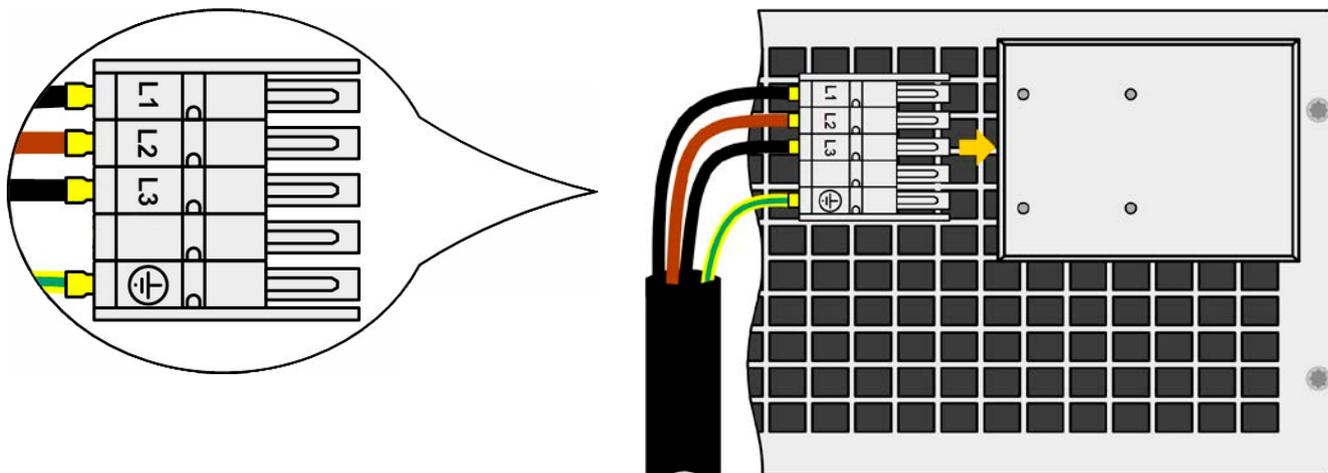
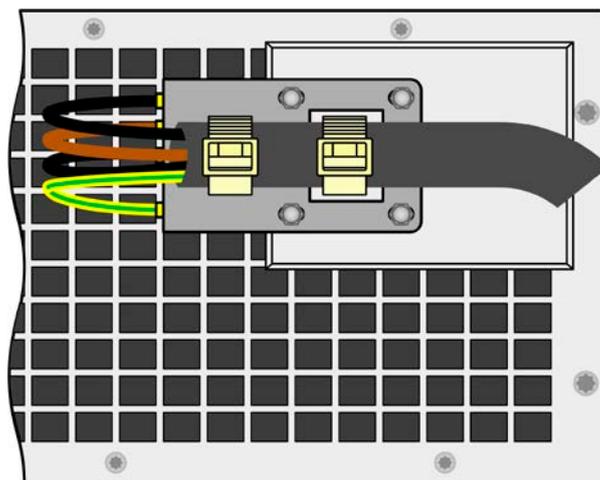


Bild 7 - Beispiel für ein Netzanschlußkabel (Kabel nicht im Lieferumfang enthalten)

2.3.4.3 Zugentlastung und Steckersicherung

Eine mechanische Sicherung des AC-Anschlußsteckers, die gleichzeitig auch zur Befestigung bzw. Zugentlastung des Anschlußkabels dienen soll wird bereits montiert auf dem AC-Anschlußblock geliefert.

Sie wird mit 4x Hutmutter M3 an der Abdeckung des Anschlußblocks befestigt. Nachdem der Anschlußstecker richtig sitzt, sollte der Sicherungswinkel wieder angebracht und das Anschlußkabel mit zwei Kabelbindern (nicht im Lieferumfang enthalten) fixiert werden, wie im Bild gezeigt, um eine Zugentlastung zu erhalten.

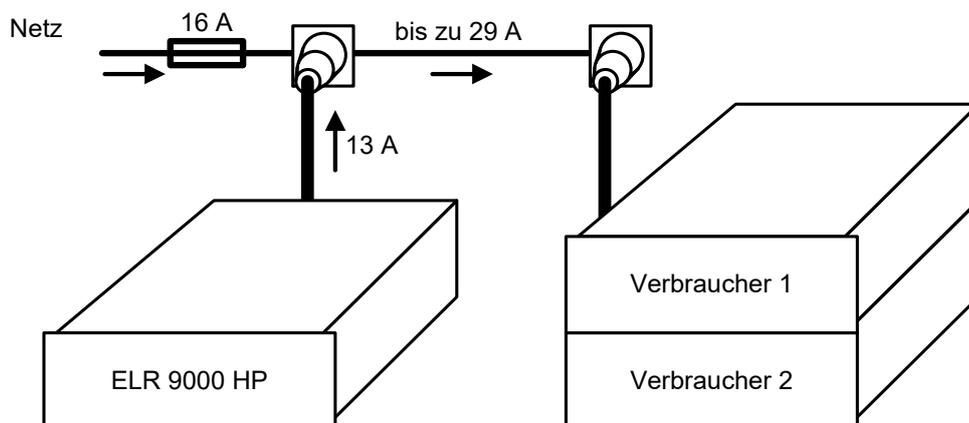


2.3.4.4 Anlagenschutz bei Rückspeisung

Die Grafik unten verdeutlicht ein häufig nicht beachtetes Problem: die Strombelastung der lokalen Leitungsinstallation. Der von den ELR 9000 HP Geräten zurückgespeiste Strom addiert sich zu dem aus dem Stromversorgungsnetz eingespeisten und kann das eventuell die vorhandene Installation überlasten. Zwischen zwei Anschlüssen für Geräte gleich welcher Art gibt es üblicherweise keine extra Absicherung. Im Falle eines Fehlers im AC-Eingang irgendeines verbrauchenden Gerätes, der zu einem Kurzschluß führt, oder mehreren Verbrauchern mit entsprechender Leistung kann der Gesamtstrom über dafür oft nicht ausgelegte Leitungen und Anschlüsse fließen und diese zerstören bzw. sogar zu Bränden führen. Das gilt für alle Leistungsklassen der rückspeisenden Last.

Das Anschlußkonzept vor Ort muß daher zur Vermeidung von Schäden und Unfällen unbedingt entsprechend bedacht werden.

Verdeutlichung mit 1 rückspeisenden Last:



Bei einer größeren Anzahl rückspeisender Geräte am selben Strang der Installation erhöht sich der Gesamtstrom pro Phase entsprechend.

2.3.5 Anschließen von DC-Quellen



- Bei Modellen mit hohem Nennstrom und entsprechend dicken und schweren DC-Anschlußleitungen sind das Gewicht der Leitungen und die Belastung des DC-Anschlusses am Gerät zu beachten und besonders bei Installation des Gerätes in einem 19"-Schrank oder ähnlich, wo die Leitungen am DC-Eingang hängen, Zugentlastungen anzubringen.
- Das Gerät entnimmt, sofern eingeschaltet, immer einen Strom von mind. 0,1% Nennstrom aus der Quelle, auch wenn der DC-Eingang ausgeschaltet ist. Ist der DC-Eingang eingeschaltet bestimmt der gesetzte Stromsollwert das Verhalten.

Der DC-Lasteingang befindet sich auf der Rückseite des Gerätes und ist **nicht** über eine Sicherung abgesichert. Der Querschnitt der Zuleitungen richtet sich nach der Stromaufnahme, der Leitungslänge und der Umgebungstemperatur.

Bei Zuleitungen **bis 1,5 m** und durchschnittlichen Umgebungstemperaturen bis 50 °C empfehlen wir:

bis **30 A**: 6 mm² bis **70 A**: 16 mm²
 bis **90 A**: 25 mm² bis **140 A**: 50 mm²
 bis **170 A**: 70 mm² bis **210 A**: 95 mm²
 bis **340 A**: 2x70 mm² bis **510 A**: 2x120 mm²

pro Anschlußpol (mehradrig, isoliert, frei verlegt) mindestens zu verwenden. Einzelleitungen, wie z. B. 70 mm², können durch 2x35 mm² ersetzt werden usw. Bei längeren Lastleitungen ist der Querschnitt entsprechend zu erhöhen, um Spannungsabfall über die Leitungen und unnötige Erhitzung zu vermeiden.

2.3.5.1 Anschlußklemmentypen

Die Tabelle unten enthält eine Übersicht über die unterschiedlichen DC-Anschlußklemmentypen. Zum Anschluß von Lastleitungen werden grundsätzlich flexible Leitungen mit Ringkabelschuhen empfohlen.

Typ 1: Modelle bis 360 V Nennspannung	Typ 2: Modelle ab 500 V Nennspannung
Schraubverbindung M8 an Metallschiene Empfehlung: Ringkabelschuhe mit 8er Loch	Schraubverbindung M6 an Metallschiene Empfehlung: Ringkabelschuhe mit 6er Loch

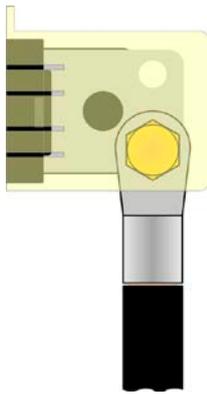
2.3.5.2 Kabelzuführung und Plastikabdeckung

Für die DC-Anschlußklemme wird eine Plastikabdeckung als Berührungsschutz mitgeliefert. Diese sollte immer installiert sein. Die Abdeckung beim Typ 2 (siehe Abbildungen oben) wird an der Anschlußklemme selbst arretiert, die vom Typ 1 an der Rückwand des Gerätes. Weiterhin sind in der Abdeckung Typ 1 Ausbrüche (oben, unten, vorn) vorhanden, die nach Bedarf ausgebrochen werden können, um Zuleitungen aus verschiedenen Richtungen zu verlegen.

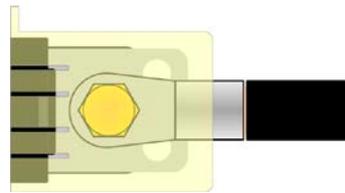


Der Anschlußwinkel und der erforderliche Knickradius für die DC-Zuleitungen sind zu berücksichtigen, wenn die Gesamttiefe des Gerätes geplant werden soll, besonders beim Einbau in 19"-Schränke o.ä. Bei Anschlußklemme Typ 2 ist z. B. nur das horizontale Zuführen der DC-Leitungen möglich, damit die Abdeckung installiert werden kann.

Beispiele anhand des Anschlußklemmentyps 1:



- 90 ° nach oben oder unten
- platzsparend in der Tiefe
- kein Knickradius



- Horizontale Zuführung
- platzsparend in der Höhe
- großer Knickradius

2.3.6 Erdung des DC-Eingangs

Die Erdung von einem der beiden DC-Eingangspole ist grundsätzlich zulässig. Dadurch entsteht u. U. eine Potentialverschiebung des geerdeten Pols gegenüber PE.

Aus Isolationsgründen sind nur jedoch bestimmte, modellabhängige Potentialverschiebungen am DC-Minuspol bzw. DC-Pluspol zulässig. Siehe „1.8.3. Spezifische technische Daten“, Punkt „Isolation“.

2.3.7 Anschließen der Fernfühlung

Wichtig, unbedingt zur Kenntnis nehmen: Fernfühlung soll nur in Situationen verwendet werden, wo das Gerät außerhalb vom Master-Slave arbeitet oder ausnahmsweise selbst Master ist, weil im Master-Slave-Betrieb nur der Master das Signal der Fernfühlung empfängt und die Slaves über den Share-Bus entsprechend ausregelt.



Die beiden Pins „NC“ am Sense-Anschluß dürfen nicht verbunden werden!



- Die Fernfühlung ist nur im Konstantspannungsbetrieb (CV) wirksam und der Fernfühlungsanschluß sollte möglichst nur solange angeschlossen bleiben, wie CV benutzt wird, weil die Schwingneigung des Systems durch Verbinden der Fernfühlung generell erhöht wird.
- Der Querschnitt von Fühlerleitungen ist unkritisch. Empfehlung für Leitungslängen bis 5 m: 0,5 mm². Es sind jedoch besonders bei den Hochvoltmodellen entsprechend spannungsfeste Leitungen zu verwenden
- Fühlerleitungen sollten verdreht sein und dicht an den DC-Leitungen verlegt werden, um Schwingneigung zu unterdrücken. Gegebenenfalls ist zur Unterdrückung der Schwingneigung noch ein zusätzlicher Kondensator an der Quelle anzubringen
- (+) Sense darf nur am (+) der Quelle und (-) Sense nur am (-) der Quelle angeschlossen werden. Ansonsten könnte die elektronische Last beschädigt werden. Siehe auch Bild 8.

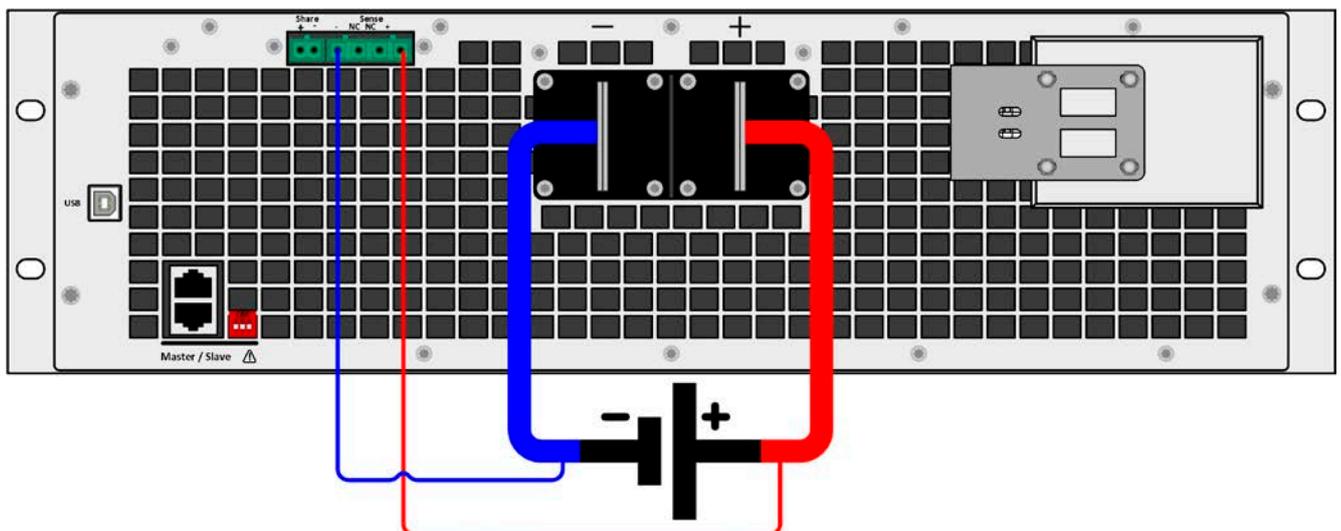


Bild 8 - Beispiel Fernfühlungsverdrahtung

2.3.8 Anschließen des „Share-Bus“

Die rückseitig am Gerät befindliche Klemme „Share-Bus“ dient bei der elektronischen Last entweder zur Verbindung mit dem Share-Bus eines kompatiblen Netzgerätes, um Zwei-Quadranten-Betrieb zu fahren, oder bei Parallelbetrieb mehrerer Lasten zur Stromsymmetrierung und Ausregelung bei Funktionsgeneratorbetrieb (Sinus usw.). Der Share-Bus sollte für solche Anwendungsfälle verbunden werden. Weitere Information siehe auch „3.7.3 Zwei-Quadranten-Betrieb (2QB)“ auf Seite 40. Für die Verschaltung des Share-Bus‘ gilt es folgendes zu beachten:



- Verbindung nur zwischen kompatiblen Geräten (siehe „1.9.6. Share-Bus-Anschluß“) und bis max. 16 Einheiten
- Werden für Zwei-Quadranten-Betrieb mehrere Netzgeräte parallelgeschaltet und dann mit einer elektronischen Last bzw. einem Lastenblock verbunden, sollten alle Einheiten über den Share-Bus verbunden werden.
- Sollten in einem konfigurierten System ein oder mehrere Einheiten nicht betrieben werden, weil weniger Leistung benötigt wird, dann sollte deren Share-Bus-Anschluß vom Share-Bus getrennt werden, weil sie aufgrund ihrer Impedanz auch im ausgeschalteten Zustand negativ auf den Share-Bus und dessen Regelsignal einwirken können. Die Trennung kann durch Abziehen der Stecker oder durch Schalter erfolgen.
- Der Share-Bus ist auf den DC-Minus bezogen. Bei Erdung des Pluspols und die dadurch folgende Potentialverschiebung am Minuspol verschiebt sich auch das Potential des Share-Bus

2.3.9 Anschließen des USB-Ports (Rückseite)

Um das Gerät über diesen Anschluß fernsteuern zu können, verbinden Sie Gerät und PC über das mitgelieferte USB-Kabel und schalten Sie das Gerät ein, falls noch ausgeschaltet.

2.3.9.1 Treiberinstallation (Windows)

Bei der allerersten Verbindung mit dem PC sollte das Betriebssystem das Gerät als neu erkennen und einen Treiber installieren wollen. Der Treiber ist vom Typ Communications Device Class (CDC) und ist bei aktuellen Betriebssystemen wie Windows 7 oder 10 normalerweise integriert. Es wird aber empfohlen, den auf USB-Stick mitgelieferten Treiber zu installieren, um bestmögliche Kompatibilität des Gerätes zu unserer Software zu erhalten.

2.3.9.2 Treiberinstallation (Linux, MacOS)

Für diese Betriebssysteme können wir keinen Treiber und keine Installationsbeschreibung zur Verfügung stellen. Ob und wie ein passender Treiber zur Verfügung steht, kann der Anwender durch Suche im Internet selbst herausfinden.

2.3.9.3 Treiberalternativen

Falls der oben beschriebene CDC-Treiber auf Ihrem System nicht vorhanden ist oder aus irgendeinem Grund nicht richtig funktionieren sollte, können kommerzielle Anbieter Abhilfe schaffen. Suchen und finden Sie dazu im Internet diverse Anbieter mit den Schlüsselwörtern „cdc driver windows“ oder „cdc driver linux“ oder „cdc driver macos“.

2.3.10 Erstinbetriebnahme

Bei der allerersten Inbetriebnahme des Gerätes und der Erstinstallation sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen:

- Überprüfen Sie die von Ihnen verwendeten Anschlußkabel für AC und DC auf ausreichenden Querschnitt!
- Überprüfen Sie die werkseitigen Einstellungen bezüglich Sollwerte, Sicherheits- und Überwachungsfunktionen sowie Kommunikation daraufhin, daß Sie für Ihre Anwendung passen und stellen Sie sie ggf. nach Anleitung ein!
- Lesen Sie, bei Fernsteuerung des Gerätes per PC, zusätzlich vorhandene Dokumentation zu Schnittstellen und Software!
- Lesen Sie, bei Fernsteuerung des Gerätes über die analoge Schnittstelle, unbedingt den Abschnitt zur analogen Schnittstelle in diesem Dokument!

Bei Bedarf kann die Sprache der Anzeige (Touchscreen) bei jedem Starts eines Gerätes auf **Deutsch** oder eine andere umgestellt werden. Das Gerät speichert die Wahl, so daß nicht jedesmal erneut getroffen werden muß.

2.3.11 Erneute Inbetriebnahme nach Firmwareupdates bzw. längerer Nichtbenutzung

Bei der erneuten Inbetriebnahme nach einer Firmwareaktualisierung, Rückerhalt des Gerätes nach einer Reparatur oder nach Positions- bzw. Konfigurationsveränderungen der Umgebung des Gerätes sind ähnliche Maßnahmen zu ergreifen wie bei einer Erstinbetriebnahme. Siehe daher auch „2.3.10. Erstinbetriebnahme“.

Erst nach erfolgreicher Überprüfung des Gerätes nach den gelisteten Punkten darf es wie gewohnt in Betrieb genommen werden.

3. Bedienung und Verwendung

3.1 Personenschutz



- Um Sicherheit bei der Benutzung des Gerätes zu gewährleisten, darf das Gerät nur von Personen bedient werden, die über die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit gefährlichen elektrischen Spannungen unterrichtet worden sind
- Bei Geräten, die eine berührungsgefährliche Spannung erzeugen können oder an diese angebunden werden, ist stets die mitgelieferte DC-Anschluß-Abdeckung oder eine ähnliche, ausreichend sichere Abdeckung zu montieren
- Schalten Sie das Gerät bei Umkonfiguration des DC-Anschlusses immer mit dem Netzschalter aus und nicht nur mit der Funktion „Eingang aus“! Schalten Sie auch die Quelle ab oder trennen Sie von der elektronischen Last!

3.2 Regelungsarten

Eine elektronische Last 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.

3.2.1 Spannungsregelung / Konstantspannung

Konstantspannungsbetrieb (kurz: CV) oder Spannungsregelung ist eine untergeordnete Betriebsart. Am Eingang der elektronischen Last wird im Normalfall eine Spannungsquelle angeschlossen, die eine gewisse Eingangsspannung für die Last darstellt. Wird im Konstantspannungsbetrieb der Sollwert der Spannung höher eingestellt als die tatsächliche Spannung der Quelle, dann kann die Vorgabe nicht erreicht werden. Die Last entnimmt der Quelle dann keinen Strom. Wird der Spannungssollwert geringer als die Eingangsspannung eingestellt, wird die Last versuchen, die Spannungsquelle so sehr zu belasten (Spannungsabfall über den Innenwiderstand der Quelle), daß deren Spannung auf den gewünschten Wert gelangt. Übersteigt der dazu notwendige Strom den an der Last eingestellten Strommaximalwert oder die aufgenommene Leistung nach $P = U_{\text{EIN}} \cdot I_{\text{EIN}}$ den eingestellten Leistungsmaximalwert, wechselt die Last automatisch in Konstantstrom- oder Konstantleistungsbetrieb, je nachdem was zuerst auftritt. Dabei kann die Eingangsspannung nicht mehr auf dem gewünschten Wert gehalten werden.

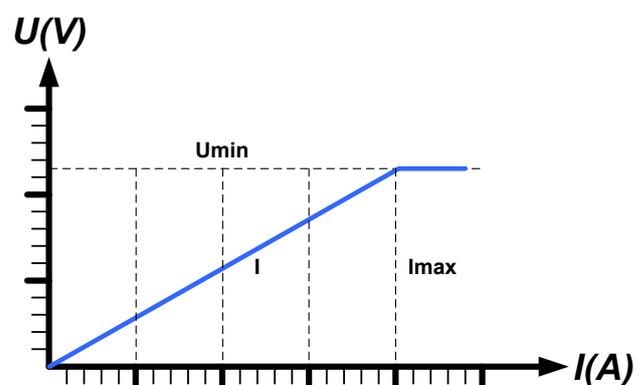
3.2.1.1 Geschwindigkeit des Spannungsreglers

Der interne Spannungsregler kann zwischen „Langsam“ und „Schnell“ umgeschaltet werden, in der Konfiguration über Fernsteuerung. Werkseitig ist diese Einstellung auf „Langsam“ gesetzt. Welche gewählt werden sollte, hängt von der Anwendung der Last ab, aber in erster Linie von der Art der Spannungsquelle. Eine aktive, geregelte Quelle wie ein Schaltnetzteil besitzt einen eigenen Spannungsregler, der gleichzeitig mit dem der Last arbeitet. Beide können im ungünstigen Fall gegeneinander arbeiten und zu Schwingungen im Ausregelverhalten führen. Tritt so eine Situation auf, wird empfohlen, den Spannungsregler auf „Langsam“ zu stellen.

In anderen Situationen hingegen, wie z. B. bei Betrieb des Funktionsgenerators und Anwendung einer Funktion auf die DC-Eingangsspannung der Last und Einstellung kleiner Zeiten, kann es erforderlich sein, den Spannungsregler auf „Schnell“ zu stellen, weil sonst die Ergebnisse der Funktion nicht wie erwartet resultieren.

3.2.1.2 Mindesteingangsspannung für maximalen Strom

Aufgrund technischer Gegebenheiten hat jedes Modell der Serie einen anderen minimalen Innenwiderstand (R_{MIN}), der bedingt, daß man eine bestimmte Eingangsspannung (U_{MIN}) mindestens anlegen muß, damit die Last den für Sie definierten max. Strom (I_{MAX}) aufnehmen kann. Diese U_{MIN} ist in den technischen Daten für jedes Modell angegeben. Wird weniger Spannung an den Eingang angelegt, kann das Gerät entsprechend weniger Strom aufnehmen, dabei sogar weniger als einstellbar. Der Verlauf ist linear, der maximal aufnehmbare Strom bei einer Eingangsspannung unterhalb U_{MIN} kann daher einfach berechnet werden. Rechts ist eine Prinzipdarstellung zu sehen.



3.2.2 Stromregelung / Konstantstrom / Strombegrenzung

Stromregelung wird auch Strombegrenzung oder Konstantstrombetrieb (kurz: CC) genannt und spielt eine wichtige Rolle im Normalbetrieb einer elektronischen Last. Der DC-Eingangstrom wird durch die elektronische Last auf dem eingestellten Wert gehalten, indem die Last ihren Innenwiderstand so verändert, daß sich nach dem Ohmschen Gesetz $R = U / I$ aus der DC-Eingangsspannung und dem gewünschten Strom ein Innenwiderstand ergibt, der einen entsprechenden Strom aus der Spannungsquelle fließen läßt. Erreicht der Strom den eingestellten Wert, wechselt das Gerät automatisch in Konstantstrombetrieb. Wenn jedoch die aus der Spannungsquelle entnommene Leistung den eingestellten Leistungsmaximalwert erreicht, wechselt das Gerät automatisch in Leistungsbegrenzung und stellt den Eingangsstrom nach $I_{MAX} = P_{SOLL} / U_{EIN}$ ein, auch wenn der eingestellte Strommaximalwert höher ist. Der vom Anwender eingestellte und auf dem Display angezeigte Strommaximalwert ist stets nur eine obere Grenze.

Solange der DC-Eingang eingeschaltet und Konstantstrombetrieb aktiv ist, wird der Zustand „CC-Betrieb aktiv“ am Bedienteil des Gerätes über die LED „CC“ signalisiert, kann aber auch als Status über die digitale Schnittstelle ausgelesen werden.

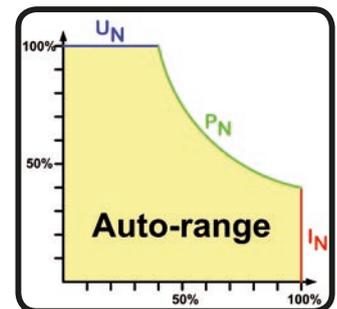
3.2.3 Widerstandsregelung/Konstantwiderstand

Bei einer elektronischen Last, deren Wirkungsprinzip auf einem variablen Innenwiderstand beruht, ist Widerstandsregelung bzw. Konstantwiderstandsbetrieb (kurz: CR) ein fast natürlicher Vorgang. Die Last versucht dabei, ihren eigenen tatsächlichen Innenwiderstand auf den vom Anwender eingestellten Wert zu bringen und den Eingangsstrom nach dem ohmschen Gesetz $I_{EIN} = U_{EIN} / R_{SOLL}$ und in Abhängigkeit von der Eingangsspannung einzustellen.

Dem Innenwiderstand sind gegen Null hin (Strombegrenzung oder Leistungsbegrenzung werden aktiv), sowie nach oben hin (Auflösung der Stromregelung zu ungenau) natürliche Grenzen gesetzt. Da der Innenwiderstand nicht 0 sein kann, ist der einstellbare Anfangswert auf das machbare Minimum begrenzt. Das soll auch sicherstellen, daß die elektronische Last bei einer sehr geringen Eingangsspannung, aus der sich bei einem geringen eingestellten Widerstand dann wiederum ein sehr hoher Eingangsstrom errechnet, diesen auch aus der Quelle entnehmen kann bis hin zum Maximalstrom der Last.

3.2.4 Leistungsregelung / Konstantleistung / Leistungsbegrenzung

Leistungsregelung, auch Leistungsbegrenzung oder Konstantleistung (kurz: CP) genannt, hält die DC-Eingangsleistung des Gerätes konstant auf dem eingestellten Wert, damit der aus der Quelle fließende Strom in Zusammenhang mit der Spannung der Quelle nach $P = U * I$ den gestellten Leistungswert erreicht. Die Leistungsbegrenzung begrenzt dann den Eingangsstrom nach $I_{EIN} = P_{SOLL} / U_{EIN}$, sofern die Spannungsquelle/Stromquelle den Strom bzw. die Leistung überhaupt liefern kann. Die Leistungsstufen arbeiten nach dem Auto-range-Prinzip, so daß bei geringer Eingangsspannung hoher Strom oder bei hoher Eingangsspannung 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 Leistungswert nach $I = P / U$ einen geringeren Strom ergibt und auf diesen begrenzt. Der vom Anwender eingestellte und auf dem Display angezeigte Stromsollwert ist stets nur eine obere Grenze.

3.2.5 Regelverhalten und Stabilitätskriterium

Die elektronische Last zeichnet sich durch schnelle Stromanstiegs- und abfallzeiten aus, die durch eine hohe Bandbreite der internen Regelung erreicht werden.

Werden Quellen mit eigener Regelung, wie zum Beispiel Netzgeräte, mit der elektronischen Last getestet, so kann unter bestimmten Bedingungen eine Regelschwingung auftreten. Diese Instabilität tritt auf, wenn das Gesamtsystem (speisende Quelle und elektronische Last) bei bestimmten Frequenzen zu wenig Phasen- und Amplitudenreserve aufweist. 180 ° Phasenverschiebung bei >0dB Verstärkung erfüllt die Schwingungsbedingung und führt zur Instabilität. Das Gleiche kann auch bei Quellen ohne eigene Regelung (z. B. Batterie) auftreten, wenn die Lastzuleitung stark induktiv oder induktiv-kapazitiv ist.

Tritt eine Regelungsschwingung auf, ist das nicht durch einen Mangel der elektronischen Last verursacht, sondern durch das Verhalten des gesamten Systems. Eine Verbesserung der Phasen- und Amplitudenreserve kann das wieder beheben. In der Praxis wird hierfür ein Kondensator direkt am DC-Eingang an der elektronischen Last angebracht. Welcher Wert den gewünschten Effekt bringt, ist nicht festlegbar. Wir empfehlen:

80 V-Modelle: 1000uF...4700uF

200 V-Modelle: 100uF...470uF

360 V & 500 V-Modelle: 47uF...150uF

750 V-Modelle: 22uF...100uF

1500 V-Modelle: 4,7uF...22uF

3.3 Alarmzustände



Dieser Abschnitt gibt nur eine Übersicht über mögliche Alarmzustände. Was zu tun ist im Fall, daß Ihr Gerät Ihnen einen Alarm anzeigt, wird in Abschnitt „3.6. Alarmer und Überwachung“ erläutert.

Grundsätzlich werden alle Alarmzustände optisch, als Sammelfehler-Meldung über LED „Error“ auf der Vorderseite, und über digitale Schnittstelle signalisiert. Zwecks nachträglicher Erfassung der Alarmer kann ein Alarmzähler per digitaler Schnittstelle ausgelesen werden.

Manche Alarmer müssen bestätigt werden, bevor der DC-Eingang nach einer durch einen Alarm verursachten Abschaltung wieder eingeschaltet werden kann. Im normalen Master-Slave-Betrieb erfolgt die Bestätigung am Master. In anderen Situationen, wie manueller Betrieb, erfolgt die Bestätigung durch den Taster „On / Off“ auf der Vorderseite des Gerätes oder über digitale Schnittstelle durch Senden eines bestimmten Befehls.

3.3.1 Power Fail

Power Fail (kurz: PF) kennzeichnet einen Alarmzustand des Gerätes, der mehrere Ursachen haben kann:

- AC-Eingangsspannung zu niedrig (Netzunterspannung, Netzausfall)
- Defekt im Eingangskreis (PFC)

Bei einem Power Fail stoppt das Gerät die Leistungsaufnahme und schaltet den DC-Eingang aus. War der PF-Alarm nur eine zeitweilige Netzunterspannung, wird der Alarm nicht mehr angezeigt, sobald die Unterspannung weg ist.



Das Ausschalten des Gerätes am Netzschalter oder einer externen Trenneinheit ist wie ein Netzausfall und wird auch so interpretiert. Daher tritt beim Ausschalten jedesmal ein „Alarm: PF“ auf, der in dem Fall ignoriert werden kann.

3.3.2 Übertemperatur (Overtemperature)

Ein Übertemperaturalarm (kurz: OT) tritt auf, wenn ein Gerät durch zu hohe Innentemperatur selbständig die Leistungsstufen abschaltet. Nach dem Abkühlen startet das Gerät die Leistungsabgabe automatisch wieder, der Alarm braucht nicht bestätigt zu werden.

3.3.3 Überspannung (Overvoltage)

Ein Überspannungsalarm (kurz: OVP) führt zur Abschaltung des DC-Eingangs und kann auftreten, wenn

- die angeschlossene Spannungsquelle eine höhere Spannung auf den DC-Eingang bringt, als mit der einstellbaren Überspannungsalarmschwelle (OVP, 0...110% U_{Nenn}) festgelegt

Diese Funktion dient dazu, dem Betreiber der elektronischen Last optisch mitzuteilen, daß die angeschlossene Spannungsquelle eine überhöhte Spannung erzeugt hat und damit sehr wahrscheinlich den Eingangskreis und weitere Teile des Gerätes beschädigen oder sogar zerstören könnte.



Die elektronische Last ist nicht mit Schutzmaßnahmen gegen Überspannung von außen ausgestattet.

3.3.4 Überstrom (Overcurrent)

Ein Überstromalarm (kurz: OCP) führt zur Abschaltung des DC-Eingangs und kann auftreten, wenn

- der in den DC-Eingang fließende Eingangsstrom die eingestellte OCP-Schwelle überschreitet

Diese Schutzfunktion dient nicht dem Schutz des Gerätes, sondern dem Schutz der speisenden Spannungs- bzw. Stromquelle, damit diese nicht durch zu hohen Strom belastet und möglicherweise beschädigt wird.

3.3.5 Überleistung (Overpower)

Ein Überleistungsalarm (kurz: OPP) führt zur Abschaltung des DC-Eingangs und kann auftreten, wenn

- das Produkt aus der am DC-Eingang anliegenden Eingangsspannung und dem Eingangsstrom die eingestellte OPP-Schwelle überschreitet

Diese Schutzfunktion dient nicht dem Schutz des Gerätes, sondern dem Schutz der speisenden Spannungs- bzw. Stromquelle, falls diese durch zu hohe Belastung beschädigt werden könnte.

3.4 Manuelle Bedienung

Die Bedienung per Hand ist eine untergeordnete Funktion dieser Geräte. Im Normalfall ist vorgesehen, daß die Modelle dieser Serie ständig in Fernsteuerung durch ein Master-Gerät bedient werden. Daher ist die Anzahl der bei Handbedienung verfügbaren Funktion stark reduziert, verglichen mit einer „normalen“ ELR 9000 HP.

3.4.1 Einschalten des Gerätes

Das Gerät sollte möglichst immer am Netzschalter (Drehschalter, Vorderseite) eingeschaltet werden. Alternativ kann es über eine externe Trennvorrichtung (Hauptschalter, Schütz) mit entsprechender Strombelastbarkeit netzseitig geschaltet werden.

Bei einem Master-Slave-System werden nicht alle Geräte gleichzeitig bzw. manchmal auf einige gar nicht eingeschaltet. Der Master kann die Slaves jedoch nur dann korrekt initialisieren, wenn diese fertig gestartet sind. Dazu wartet er nach dem Hochfahren eine gewisse Zeit. Sollten trotzdem nicht alle Slaves initialisiert worden sein, kann die Initialisierung am Master direkt bzw. über das MENU wiederholt werden, bei Master-Geräten mit einer Anzeigeeinheit wie ELR 9000 HP. Alternativ geht das auch über die Fernsteuerung.

Nach dem Einschalten zeigt das Slave-Gerät den Startvorgang mit der LED „Power“ in **Orange** an. Nach dem Erreichen der Betriebsbereitschaft wechselt die LED „Power“ auf **Grün**.

Es gibt eine über Software konfigurierbare Option mit welcher der Anwender bestimmen kann, wie der Zustand des DC-Eingangs nach dem Einschalten des Gerätes sein soll. Werkseitig ist diese Option auf „**Aus**“ gesetzt. Die Änderung auf „**Wiederherstellen**“ bewirkt, daß der Zustand des DC-Eingangs vor dem letzten Ausschalten wiederhergestellt wird, also entweder ein oder aus.

Wird das Gerät als Slave im Master-Slave betrieben, so wie für Geräte dieser Serie standardmäßig vorgesehen, dann speichert das Master-Gerät Werte und Zustände und stellt diese wieder her bzw. überschreibt die von den Slaves gespeicherten.

3.4.2 Ausschalten des Gerätes

Beim Ausschalten des Gerätes werden der Zustand des DC-Einganges und die zuletzt eingestellten Sollwerte gespeichert, sowie Master-Slave-Betrieb, falls momentan aktiviert. Weiterhin wird ein „Alarm: PF“ gemeldet. Dieser kann ignoriert werden. Der DC-Eingang wird sofort ausgeschaltet und nach kurzer Zeit die Lüfter, das Gerät ist nach ein paar Sekunden dann komplett aus.

3.4.3 DC-Eingang ein- oder ausschalten

Solange sich das Slave-Gerät nicht durch ein Master-Gerät oder über digitale Schnittstelle in Fernsteuerung befindet, kann die Taste „**On / Off**“ an der Vorderseite benutzt werden, um den DC-Eingang ein- oder auszuschalten, sowie Gerätealarme zu bestätigen. Das ermöglicht gleichzeitig den Zugriff auf alle auf den DC-Eingang bezogenen Stellwerte über den vorderen USB-Port.

Die Konfiguration von Parametern über einen USB-Port gehört zur Fernsteuerung und ist daher in 3.5 beschrieben.

3.5 Fernsteuerung

3.5.1 Allgemeines

Fernsteuerung ist bei Geräten dieser Serie essentiell, z. B. bei Master-Slave. Grundsätzlich ist Fernsteuerung aber auch über die beiden eingebauten USB-Schnittstellen möglich. Wichtig ist dabei, daß entweder nur eine der beiden USB-Ports 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.

3.5.2 Fernsteuerung über die hintere USB-Schnittstelle

Die hintere USB-Schnittstelle bietet dieselben Steuerungsmöglichkeiten wie bei einem „normalen“ ELR 9000 HP, allerdings auch nur dann, wenn sich das Slave-Gerät nicht in Fernsteuerung über einen Master befindet. Daher gilt für diese Schnittstelle dieselbe Programmierdokumentation „Programming ModBus & SCPI“, sowie die ModBus-Registerliste „Modbus_Register_EL9000_KEx.xx+_DE.pdf“.

Die Bedienung über die Software EA Power Control ist ebenso möglich und uneingeschränkt über diesen Port.

3.5.3 Fernsteuerung über die vordere USB-Schnittstelle

Die vordere USB-Schnittstelle dient in erster Linie der Einstellung von auf den DC-Eingang bezogenen Sollwerten und Schutzfunktionen, wenn das Slave-Gerät einmal einzeln oder als Master betrieben werden soll. Anderenfalls wäre Fernsteuerung über den USB-Port nicht möglich, sondern nur lesender Zugriff zwecks Überwachung (Monitoring).

Die Steuerung über diesen Port kann 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 diesen 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, **eine separate ModBus-Registerliste** (Modbus_Register_Slave_Front_HMI.xx+_DE.pdf) für den vorderen USB-Port.

Für **SCPI** gibt es in der Dokumentation einen extra Abschnitt, da dieser aber alle verfügbaren Befehle behandelt, wie nutzbar über den rückseitigen Port, hier eine **Übersicht**, welche SCPI-Befehle konkret am vorderen USB-Port unterstützt werden. Die Erläuterung der Befehle finden Sie in der **Programmieranleitung**.

*IDN?	[SOURce:]POWer
*CLS	[SOURce:]POWer?
*RST	[SOURce:]POWer:LIMit:HIGH?
*ESE	[SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]
*ESE?	[SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]?
*ESR	[SOURce:]RESistance
*STB?	[SOURce:]RESistance?
MEASure:[SCALar:]CURRent[:DC]?	[SOURce:]RESistance:LIMit:HIGH?
MEASure:[SCALar:]POWer[:DC]?	[SOURce:]VOLTage
MEASure:[SCALar:]VOLTage[:DC]?	[SOURce:]VOLTage?
INPut[::STATe]	[SOURce:]VOLTage:LIMit:HIGH?
INPut[::STATe]?	[SOURce:]VOLTage:LIMit:LOW?
[SOURce:]CURRent	[SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]
[SOURce:]CURRent?	[SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]?
[SOURce:]CURRent:LIMit:HIGH?	STATus:OPERation?
[SOURce:]CURRent:LIMit:LOW?	STATus:QUEStionable?
[SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]	SYSTem:ALARm:ACTion:PFail
[SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]?	SYSTem:ALARm:ACTion:PFail?
[SOURce:]IRRAdiation	SYSTem:ALARm:COUNT:OCURrent?
[SOURce:]IRRAdiation?	SYSTem:ALARm:COUNT:OPOWer?

SYSTem:ALARm:COUNT:OTEMperature?	SYSTem:CONFIg:UCD?
SYSTem:ALARm:COUNT:OVOLTage?	SYSTem:CONFIg:UCD:ACTIon
SYSTem:ALARm:COUNT:PFAl?	SYSTem:CONFIg:UCD:ACTIon?
SYSTem:COMMUnicate:TIMEout?	SYSTem:CONFIg:USER:TEXT
SYSTem:CONFIg:MODE	SYSTem:CONFIg:USER:TEXT?
SYSTem:CONFIg:MODE?	SYSTem:CONFIg:UVD
SYSTem:CONFIg:OCD	SYSTem:CONFIg:UVD?
SYSTem:CONFIg:OCD?	SYSTem:CONFIg:UVD:ACTIon
SYSTem:CONFIg:OCD:ACTIon	SYSTem:CONFIg:UVD:ACTIon?
SYSTem:CONFIg:OCD:ACTIon?	SYSTem:DEVIce:CLAss?
SYSTem:CONFIg:OPD	SYSTem:ERRor:ALL?
SYSTem:CONFIg:OPD?	SYSTem:ERRor:NEXt?
SYSTem:CONFIg:OPD:ACTIon	SYSTem:ERRor?
SYSTem:CONFIg:OPD:ACTIon?	SYSTem:LOCK
SYSTem:CONFIg:OUTPut:REStore	SYSTem:LOCK?
SYSTem:CONFIg:OUTPut:REStore?	SYSTem:LOCK:OWNer?
SYSTem:CONFIg:OVD	SYSTem:NOMInal:CURRent?
SYSTem:CONFIg:OVD?	SYSTem:NOMInal:POWer?
SYSTem:CONFIg:OVD:ACTIon	SYSTem:NOMInal:RESistance:MAXimum?
SYSTem:CONFIg:OVD:ACTIon?	SYSTem:NOMInal:RESistance:MINimum?
SYSTem:CONFIg:UCD	SYSTem:NOMInal:VOLTage?

3.5.4 Programmierung

Details zur Programmierung mit den Kommunikationsprotokollen usw. 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.

3.6 Alarme und Überwachung

3.6.1 Begriffsdefinition

Das Gerät signalisiert Gerätealarme (siehe „3.3. Alarmzustände“) wie Überspannung oder Übertemperatur über die LED „Error“ (Vorderseite) oder als auslesbaren Status über digitale Schnittstelle. Bei Betrieb als Slave in einem Master-Slave-System werden Gerätealarme außerdem an dem Master gemeldet und, sofern dieser eine Anzeige hat, dort ausgegeben. Generell wird bei einem Alarm der DC-Eingang zunächst ausgeschaltet, in erster Linie zum Schutz der angeschlossenen Quelle und in zweiter Linie zum Schutz des Gerätes.

Überwachung in Form von sogenannten benutzerdefinierbaren Ereignissen („Events“) ist außerdem verfügbar.

Konfiguration von Alarmen und Events, sowie Auslesen des Status kann nur über die USB-Ports erfolgen.

3.6.2 Gerätealarme und Events handhaben

Wichtig zu wissen:



- Der aus einem Schaltnetzteil oder ähnlichen Quellen entnommene Strom kann selbst bei einer strombegrenzten Quelle durch Kapazitäten am Ausgang viel höher sein als erwartet und an der elektronischen Last die Überstromabschaltung OCP oder das Stromüberwachungs-Event OCD auslösen, wenn diese entsprechend knapp eingestellt sind
- Beim Abschalten des DC-Eingangs der elektronischen Last an einer strombegrenzten Quelle wird deren Ausgangsspannung schlagartig ansteigen und durch Regelverzögerungen kurzzeitig einen Spannungsüberschwinger mit Dauer x haben, welcher an der Last die Überspannungsabschaltung OVP oder das Spannungs-Event OVD auslösen kann, wenn diese entsprechend knapp eingestellt sind

Bei Auftreten eines Gerätealarms wird üblicherweise zunächst der DC-Eingang ausgeschaltet und die LED „Error“ auf der Front geht an, um den Anwender auf den Alarm aufmerksam zu machen. Manche Alarme müssen zwecks Kenntnisnahme bestätigt werden. Solange sich das Slave-Gerät als Teil eines Master-Slave-System in Fernsteuerung durch einen Master befindet, werden Alarme immer am Master bestätigt und die LED „Error“ des alarmverursachenden Slaves sollte erlöschen.

In allen anderen Situation erfolgt die Bestätigung der Kenntnisnahme entweder am Gerät mit dem Taster „On / Off“ oder mit einem bestimmten Befehl über eine digitale Schnittstelle in Fernsteuerung.

► So bestätigen Sie einen Alarm (während manueller Bedienung)

1. Wenn der DC-Eingang ausgeschaltet ist und LED „Error“ leuchtet, betätigen Sie einmal die Taste „On / Off“.
2. Die LED sollte ausgehen und mit einer weiteren Betätigung der Taste kann der DC-Eingang wieder eingeschaltet werden. Sollte das nicht möglich sein, könnte der Alarm noch anliegen.

Manche Gerätealarme, konkret deren Auslöseschwellen, können über die USB-Ports per Software **EA Power Control** oder eigene Software konfiguriert werden:

Alarm	Bedeutung	Beschreibung	Einstellbereich
OVP	OverVoltage Protection	Überspannungsschutz. Löst einen Alarm aus, wenn die Eingangsspannung am DC-Eingang die eingestellte Schwelle erreicht. Außerdem wird der DC-Eingang ausgeschaltet.	$0 V \dots 1,1 * U_{Nenn}$
OCP	OverCurrent Protection	Überstromschutz. Löst einen Alarm aus, wenn der Eingangsstrom am DC-Eingang die eingestellte Schwelle erreicht. Außerdem wird der DC-Eingang ausgeschaltet.	$0 A \dots 1,1 * I_{Nenn}$
OPP	OverPower Protection	Überleistungsschutz. Löst einen Alarm aus, wenn die Eingangsleistung am DC-Eingang die eingestellte Schwelle erreicht. Außerdem wird der DC-Eingang ausgeschaltet.	$0 W \dots 1,1 * P_{Nenn}$

Diese Gerätealarme können nicht konfiguriert werden, da hardwaremäßig bedingt:

Alarm	Bedeutung	Beschreibung
PF	Power Fail	Meldet Probleme am AC-Anschluß. Ein Alarm wird ausgelöst, wenn die AC-Versorgung außerhalb der Spezifikationen des Gerätes arbeiten sollte (Spannung/Frequenz) oder wenn das Gerät von der AC-Versorgung getrennt wird, z. B. durch Ausschalten am Netz-drehschalter. Außerdem wird der DC-Eingang ausgeschaltet.
OT	OverTempe- rature	Übertemperatur. Löst einen Alarm aus, wenn die Innentemperatur des Gerätes eine be- stimmte Schwelle überschreitet. Außerdem wird der DC-Eingang ausgeschaltet.
MSS	Master-Slave Sicherheits- modus	Wird ausgelöst, wenn der Master in einem initialisierten Master-Slave-Verbund den Kon- takt zu einem oder mehreren Slaves verliert bzw. ein Slave noch nicht initialisiert wurde. Außerdem wird der DC-Eingang aller Geräte ausgeschaltet. Der Alarm kann durch erneute Initialisierung des MS-System oder Deaktivierung von MS gelöscht werden.

3.6.2.1 Benutzerdefinierbare Ereignisse (Events)

Die Überwachungsfunktion des Gerätes kann über benutzerdefinierbare Ereignisse, nachfolgend Events genannt, konfiguriert werden. Standardmäßig sind die Events deaktiviert (Aktion: KEINE) und funktionieren im Gegensatz zu Gerätealarmen nur solange der DC-Eingang eingeschaltet ist. Das bedeutet, zum Beispiel, daß kein Unterstrom mehr erfaßt würde, nachdem der Eingang ausgeschaltet wurde und kein Strom mehr fließt.

Folgende Events können unabhängig voneinander und jeweils mit Aktion KEINE, SIGNAL, WARNUNG oder ALARM konfiguriert werden:

Aktion	Verhalten
KEINE	Benutzerereignis ist deaktiviert
SIGNAL/WARNUNG	Bei Erreichen der Bedingung, die ein Ereignis mit Aktion Signal oder Warnung auslöst, wird ein Bit im Statusregister des Gerätes gesetzt, das ausgelesen werden kann. Bei dieser Serie sind Signal und Warnung gleichbedeutend.
ALARM	Bei Erreichen der Bedingung, die ein Ereignis mit Aktion Alarm auslöst, wird ein Bit im Statusregister des Gerätes gesetzt und der DC-Eingang ausgeschaltet. Beide Zustände können über digitale Schnittstelle ausgelesen werden.

Ereignis	Bedeutung	Beschreibung	Einstellbereich
UVD	UnderVoltage Detection	Unterspannungserkennung. Löst das Ereignis aus, wenn die Spannung am DC-Eingang die eingestellte Schwelle unterschreitet.	0 V...U _{Nenn}
OVD	OverVoltage Detection	Überspannungserkennung. Löst das Ereignis aus, wenn die Spannung am DC-Eingang die eingestellte Schwelle überschreitet.	0 V...U _{Nenn}
UCD	UnderCurrent Detection	Unterstromerkennung. Löst das Ereignis aus, wenn der Strom am DC-Eingang die eingestellte Schwelle unter-schreitet.	0 A...I _{Nenn}
OCD	OverCurrent Detection	Überstromerkennung. Löst das Ereignis aus, wenn der Strom am DC-Eingang die eingestellte Schwelle über-schreitet.	0 A...I _{Nenn}
OPD	OverPower Detection	Überleistungserkennung. Löst das Ereignis aus, wenn die Leistung am DC-Eingang die eingestellte Schwelle überschreitet.	0 W...P _{Nenn}

Sobald ein Event durch Setzen der Aktion auf eine Einstellung anders als KEINE konfiguriert wurde, könnte es ausgelöst werden, wenn der DC-Eingang momentan eingeschaltet ist. Es wird daher empfohlen, Events nur bei ausgeschaltetem DC-Eingang zu konfigurieren.

3.7 Weitere Anwendungen

3.7.1 Parallelschaltung als Master-Slave (MS)

Für ein Slave-Modell der Serie ELR 9000 HP Slave ist Master-Slave-Betrieb die Standard-Betriebsart. Es arbeitet üblicherweise als Slave und wird vom Master-Gerät eingebunden und konfiguriert. Die Konfiguration des Master-Gerätes ist in dessen Handbuch zu finden, für ein Modell aus der Serie ELR 9000 HP.

Dieser Abschnitt behandelt eine andere Situation, nämlich wenn das Slave-Gerät mangels eines passenden Master-Gerätes selbst zum Master werden soll. Das ist grundsätzlich möglich, jedoch können Konfiguration und Bedienung des Master-Slave-Betriebs ausschließlich über die USB-Ports stattfinden. Dabei unterstützt der frontseitige Port keine Konfiguration. Es wird daher empfohlen, die komplette Bedienung über den hinteren USB-Port zu erledigen.

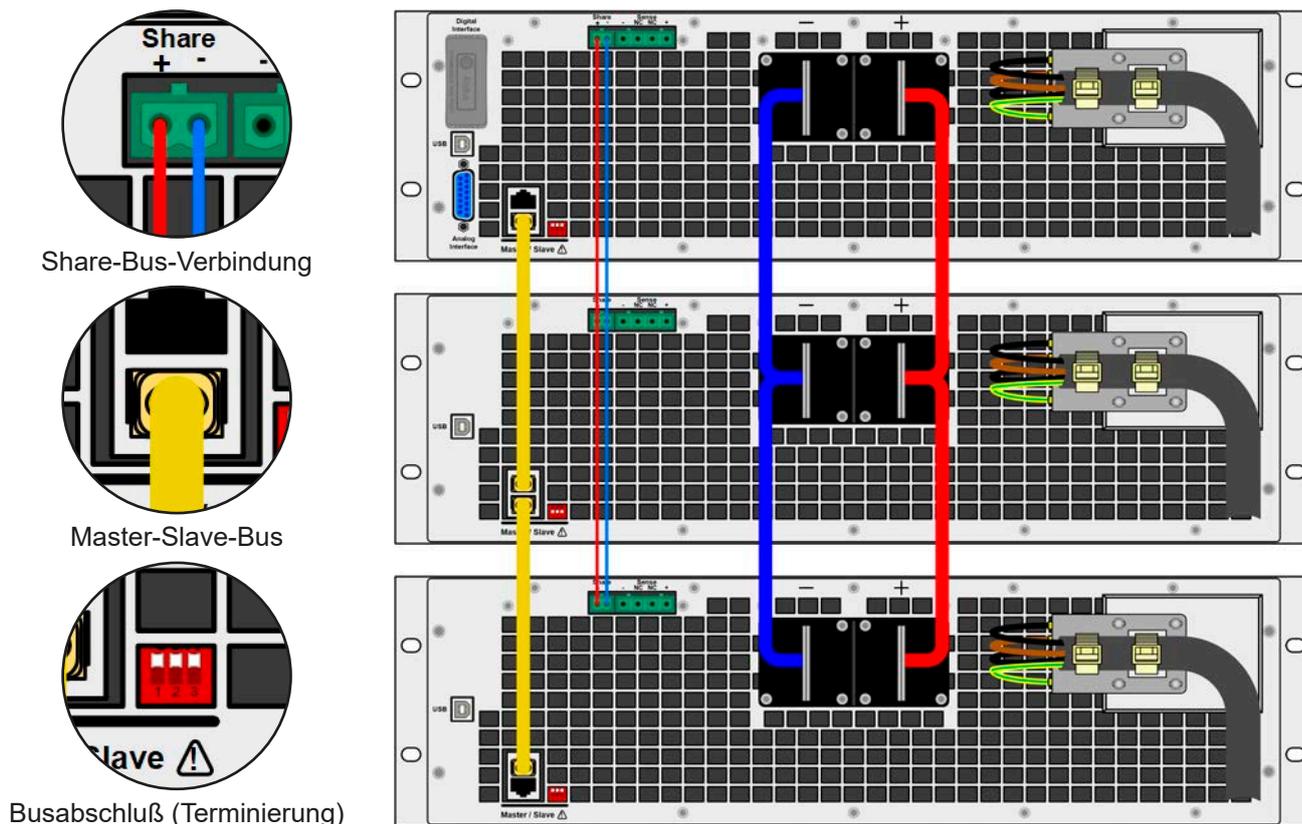
3.7.1.1 Einleitung

Mehrere Geräte mit identischen Nennwerten können zu einer Parallelschaltung verbunden werden, um eine höhere Gesamtleistung zu erzielen. Dabei können sowohl die Standardmodelle mit Anzeige- und Bedieneinheit, als auch die ab Mitte 2018 erhältlichen „ELR 9000 HP Slave“-Modelle verwendet werden. Einziger Nachteil: die Slave-Modelle gibt es nur als 15 kW-Varianten, die nur zu den 15 kW-Standardmodellen passen.

Für die Parallelschaltung werden üblicherweise alle Netzgeräte an ihren DC-Eingängen verbunden, sowie zusätzlich der Share-Bus und der digitale Master-Slave-Bus aller Einheiten. Letzterer dient zur Aufsummierung der Istwerte am Mastergerät, sowie zur zentralen Erfassung des Gerätestatus. 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 Geräte untereinander und ist besonders hilfreich, wenn am Mastergerät der Funktionsgenerator genutzt werden soll. Er sollte immer verbunden werden, weil ohne ihn kann eine ungleichmäßige Lastverteilung entstehen. Dazu kommt, daß zumindest die DC-Minus-Pole aller über Share-Bus verschalteten Geräte verbunden sein müssen, damit das Referenzpotential vorhanden ist und der Share-Bus sauber regeln kann.

Prinzipdarstellung (ohne angeschlossene Quelle):



3.7.1.2 Einschränkungen

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

- Das MS-System reagiert zum Teil anders auf Alarmsituationen (siehe unten bei 3.7.1.7)
- Die Share-Bus-Verbindung hilft dem System, den Strom aller beteiligter Geräte so schnell wie möglich auszuregeln, trotzdem ist eine Parallelschaltung nicht so dynamisch wie ein Einzelgerät

3.7.1.3 Verkabelung der DC-Eingänge

Der DC-Eingang jedes beteiligten Gerätes wird hier einfach mit dem des nächsten Gerätes verbunden usw. Dabei sind möglichst kurze Kabel mit ausreichendem Querschnitt zu benutzen. Der Querschnitt richtet sich nach dem Gesamtstrom der Parallelschaltung.

3.7.1.4 Verkabelung des Share-Bus'

Der Share-Bus wird mittels einer zweipoligen, möglichst verdrehten Leitung von Gerät zu Gerät verbunden. Der Querschnitt ist dabei unkritisch. Wir empfehlen, 0.5 mm² bis 1 mm² zu verwenden.



- Der Share-Bus ist gepolt. Achten Sie auf polrichtige Verkabelung!
- Die Verwendung des Share-Bus' bedingt die Verbindung (zumindest) der DC-Minus-Eingänge der Geräte als Bezugspunkt



Es können max. 16 Geräte über den Share-Bus verbunden werden.

3.7.1.5 Verkabelung und Einrichtung des Master-Slaves-Busses

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

- Maximal 16 Geräte können über den Bus zusammengeschaltet werden: 1 Master, bis zu 15 Slaves
- Nur Verbindung zu Geräten gleicher Art und gleichen Modells, also elektronische Last zu elektronischer Last wie z. B. ELR 9080-170 HP Slave mit ELR 9080-170 HP Slave oder auch ELR 9080-170 HP
- Geräte an den Enden des Busses sollten terminiert werden (siehe unten)



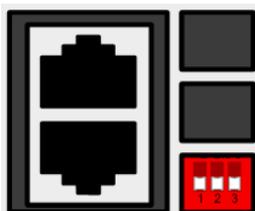
Der Master-Slave-Bus darf nicht über Crossover-Kabel verbunden werden!

Für den späteren Betrieb des MS-Systems gilt dann:

- Am Master werden die Istwerte aller Geräte aufsummiert und sind per digitaler Schnittstelle auslesbar
- Die Einstellbereiche der Sollwerte, Einstellgrenzen (Limits), Schutzgrenzen (OVP usw.), sowie von Benutzerereignissen werden beim Master an die Anzahl der initialisierten Slaves angepaßt. Wenn also z. B. fünf Einheiten mit je 15 kW Leistung zu einem 75 kW-System zusammengeschaltet werden, kann am Master 0...75 kW als Leistungssollwert eingestellt werden (manuell oder bei Fernsteuerung)
- Slaves melden den Alarm „MSS“ über die LED „Error“ am Bedienteil, solange sie noch nicht durch den Master initialisiert wurden. Derselbe Alarm wird ausgegeben, wenn Verbindungsverlust zum Master auftritt
- Soll der Funktionsgenerator am Master verwendet werden, muß zusätzlich der Share-Bus verbunden werden

► So stellen Sie die Master-Slave-Verbindung her

1. Alle zu verbindenden Geräte ausschalten und mittels Netzkabel (CAT3 oder besser, nicht im Lieferumfang des Gerätes enthalten) untereinander verbinden. Dabei ist es egal, welche der beiden Master-Slave-Anschlußbuchsen (RJ45, Rückseite) zum jeweils nächsten Gerät verbunden wird.
2. Je nach gewünschter Konfiguration nun auch die Geräte DC-seitig verbinden. Die beiden Geräte am Anfang und am Ende der Kette sollten bei langen Verbindungsleitungen terminiert werden. Dies erfolgt mittels eines dreipoligen DIP-Schalters, der auf der Rückseite des Gerätes zugänglich ist (neben den Master-Slave-Anschlüssen).



Stellung: nicht terminiert (Standard)



Stellung: vollständig terminiert

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.

Die Konfiguration an sich kann mittels der Software **EA Power Control** oder eigenen Applikationen erfolgen. Für letztere erläutert die mitgelieferte Programmieranleitung die Master-Slave-Einstellung über Fernsteuerung.

3.7.1.6 Bedienung des Master-Slave-Systems

Nach der Konfiguration und ersten Initialisierung des MS-System kann der Master ganz normal ferngesteuert bedient werden. Die Software **EA Power Control** erkennt den Systemzustand und paßt sich entsprechend der geänderten Nennwerte automatisch an. In eigenen Applikationen muß berücksichtigt werden, daß der Master die Nennwerte, die sich nach jeder Initialisierung neu ergeben können - je nach Anzahl der initialisierten Slaves -, über separate Register bzw. SCPI-Befehle auslesbar zur Verfügung stellt.

Es gilt dann:

- Der Master ist bedienbar wie ein Einzelgerät
- Der Master teilt den eingestellten Sollwert auf die Slaves auf und steuert diese
- Der Master ist über analoge oder digitale Schnittstelle fernsteuerbar, sofern vorhanden
- Sämtliche Einstellungen zu den Sollwerten U, I und P (Überwachung, Einstellungsgrenzen usw.) werden an die neuen Gesamtwerte angepaßt
- Bei allen initialisierten Slaves werden Einstellungsgrenzen (U_{\min} , I_{\max} etc.), Überwachungsgrenzen (OVP, OPP ect.) und Event-Einstellungen (UCD, OVD) 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 Betrieb später können daher Slaves - durch ungleichmäßige Lastverteilung und unterschiedlich schnelle Reaktion - anstelle des Masters Alarme wie OCP, OVP oder Events usw. auslösen
- Wenn ein oder mehrere Slaves einen Gerätealarm melden, so wird dies am Master angezeigt und muß auch dort bestätigt werden, damit das System weiterarbeiten kann. Da die meisten Alarme alle DC-Eingänge des Systems abschalten und der Master diese nur nach einem Alarm PF oder OVP wieder einschalten kann, ist unter Umständen der Eingriff des Betreibers des Gerätes oder einer Fernsteuerungssoftware erforderlich.
- Verbindungsabbruch zu einem oder mehreren Slaves führt aus Sicherheitsgründen zur Abschaltung aller DC-Eingänge und der Master meldet diesen Zustand als Master-Slave-Sicherheitsmodus. Dann muß das MS-System durch Betätigung des Bedienfeldes „Initialisieren“ neu initialisiert werden, mit oder ohne den/die Slaves, die den Verbindungsabbruch verursachten.

3.7.1.7 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 können. Es wurden für solche Fälle folgende Festlegungen getroffen:

- Falls ein oder mehrere Slave-Geräte DC-seitig ausfallen (Defekt, Überhitzung) schaltet der Master die Leistungseingänge des Systems aus. Dann ist Interaktion durch Bedienpersonal am Master oder per Software erforderlich.
- Falls ein oder mehrere Slave-Geräte AC-seitig ausfallen (ausgeschaltet am Netzschalter, auch bei Netzunterspannung) und der Master noch läuft werden sie nach der Wiederanlauf nicht automatisch wieder als Slaves eingebunden. Die Initialisierung des MS-System muß dann wiederholt werden.
- Falls das Master-Gerät ausfällt oder wegen eines Defekts bzw. Überhitzung den DC-Eingang abschaltet, bringt das gesamte Master-Slave-System keine Leistung mehr und die DC-Eingänge aller Slaves schalten sich automatisch aus.
- Falls das Master-Gerät AC-seitig ausfällt (ausgeschaltet am Netzschalter, Stromausfall) und später wiederkommt, initialisiert es automatisch das MS-System neu und bindet alle erkannten Slaves ein. In diesem Fall kann 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.

In Situationen, wo ein oder mehrere Geräte einen Gerätealarm wie OV oder PF erzeugen, gilt Folgendes:

- Jeder Gerätealarm eines Slaves wird auf dem Bedienteil 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 erfaßt selbst werden. Über eine Software kann die Alarmhistorie ausgelesen werden.
- Alle Geräte im MS-System überwachen ihre eigenen Werte hinsichtlich Überstrom (OC) 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 OC meldet auch wenn die globale OCP-Schwelle des MS-System noch gar nicht erreicht wurde. Das Gleiche gilt für OP.

3.7.1.8 Allgemeine Hinweise



Sollten ein oder mehrere Geräte im Parallelsystem nicht genutzt werden und deshalb ausgeschaltet bleiben, so kann es abhängig von der Anzahl der aktiven Einheiten und wie dynamisch das System arbeiten soll erforderlich sein, bei den inaktiven Einheiten den Share-Bus-Stecker abzuziehen, weil sie auch im ausgeschaltetem Zustand durch ihre Impedanz auf den Share Bus wirken und ihn negativ beeinflussen könnten.

3.7.2 Reihenschaltung



Reihenschaltung ist keine zulässige Betriebsart von elektronischen Lasten und darf daher unter keinen Umständen hergestellt und betrieben werden!

3.7.3 Zwei-Quadranten-Betrieb (2QB)

3.7.3.1 Übersicht

Der sogenannte Zwei-Quadrantenbetrieb, auch Quelle-Senke-Prinzip genannt, wo Netzgeräte und elektronische Lasten über ein Regelsignal gekoppelt werden, das den automatischen Wechsel zwischen aktivem Betrieb der Quelle und der Senke möglich macht, ist auch für Geräte im Master-Slave-Verbund zulässig. Dabei wird das Master-Slave-System aus elektronischen Lasten als eine einzelne große Senke betrachtet und auch so bedient bzw. gesteuert. Bei den Netzgeräten ist derselbe Aufbau als Quelle machbar. Mehr Information zur Einrichtung und Verwendung des 2QB sind im Handbuch zu den Master-Lasten der Serie ELR 9000 HP, sowie auch in Handbüchern kompatibler Netzgeräteserien wie PSI 9000 WR zu finden.

Für den Betrieb von zwei Master-Slave-Systemen aus jeweils Netzgeräten und Lasten im 2QB, wo zwischen den Systemen der Share-Bus verbunden wird, gilt genauso die Einschränkung, daß nur max. 16 Einheiten am Share-Bus zulässig sind.

4. Instandhaltung & Wartung

4.1 Wartung / Reinigung

Die Geräte erfordern keine Wartung. Reinigung kann, je nachdem in welcher Umgebung sie betrieben werden, früher oder später für die internen Lüfter nötig sein. Diese dienen zur Kühlung der internen Komponenten, die durch die zwangsweise entstehende, jedoch geringe Verlustleistung erhitzt werden. Stark verdreckte Lüfter können zu unzureichender Luftzufuhr führen und damit zu vorzeitiger Abschaltung des DC-Eingangs wegen Überhitzung bzw. zu vorzeitigen Defekten.

Die Reinigung der internen Lüfter kann mit einem Staubsauger oder ähnlichem Gerät erfolgen. Dazu ist das Gerät zu öffnen.

4.2 Fehlersuche / Fehlerdiagnose / Reparatur

Im Fall, daß sich das Gerät plötzlich unerwartet verhält, was auf einen möglichen Defekt hinweist, oder es einen offensichtlichen Defekt hat, kann und darf es nicht durch den Anwender repariert werden. Konsultieren Sie bitte im Verdachtsfall den Lieferanten und klären Sie mit ihm weitere Schritte ab.

Üblicherweise wird es dann nötig werden, das Gerät an Elektro-Automatik zwecks Reparatur (mit Garantie oder ohne) einzuschicken. Im Fall, daß eine Einsendung zur Überprüfung bzw. Reparatur ansteht, stellen Sie sicher, daß...

- Sie vorher Ihren Lieferanten kontaktiert und mit ihm abgeklärt haben, wie und wohin das Gerät geschickt werden soll
- es in zusammengebautem Zustand sicher für den Transport verpackt wird, idealerweise in der Originalverpackung.
- mit dem Gerät zusammen betriebene Optionen, wie z. B. ein digitales Schnittstellenmodul, mit dem Gerät mit eingeschickt werden, wenn sie mit dem Problemfall in Zusammenhang stehen.
- eine möglichst detaillierte Fehlerbeschreibung beiliegt.
- bei Einsendung zum Hersteller in ein anderes Land alle für den Zoll benötigten Papiere beiliegen.

4.2.1 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 Problembhebung vorgeschlagen wurde.
- neue Funktionen in der Firmware-Historie aufgelistet sind, die genutzt werden möchte. 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

5. Service & Support

5.1 Reparaturen

Reparaturen, falls nicht anders zwischen Anwender und Lieferant ausgemacht, werden durch Elektro-Automatik durchgeführt. Dazu muß das Gerät im Allgemeinen an den Hersteller eingeschickt werden. Es wird keine RMA-Nummer benötigt. Es genügt, das Gerät ausreichend zu verpacken, eine ausführliche Fehlerbeschreibung und, bei noch bestehender Garantie, die Kopie des Kaufbelegs beizulegen und an die unten genannte Adresse einzuschicken.

5.2 Kontaktmöglichkeiten

Bei Fragen und Problemen mit dem Betrieb des Gerätes, Verwendung von optionalen Komponenten, mit der Dokumentation oder Software kann der technische Support telefonisch oder per E-Mail kontaktiert werden.

Adressen	E-Mailadressen	Telefonnummern
EA Elektro-Automatik GmbH Helmholtzstr. 31-37 41747 Viersen Deutschland	Technische Unterstützung: support@elektroautomatik.de Alle anderen Themen: ea1974@elektroautomatik.de	Zentrale: 02162 / 37850 Support: 02162 / 378566



Elektro-Automatik

EA Elektro-Automatik GmbH & Co. KG
Entwicklung - Produktion - Vertrieb

Helmholtzstraße 31-37
41747 Viersen

Telefon: 02162 / 37 85-0
Telefax: 02162 / 16 230
Mail: ea1974@elektroautomatik.de
Web: www.elektroautomatik.de