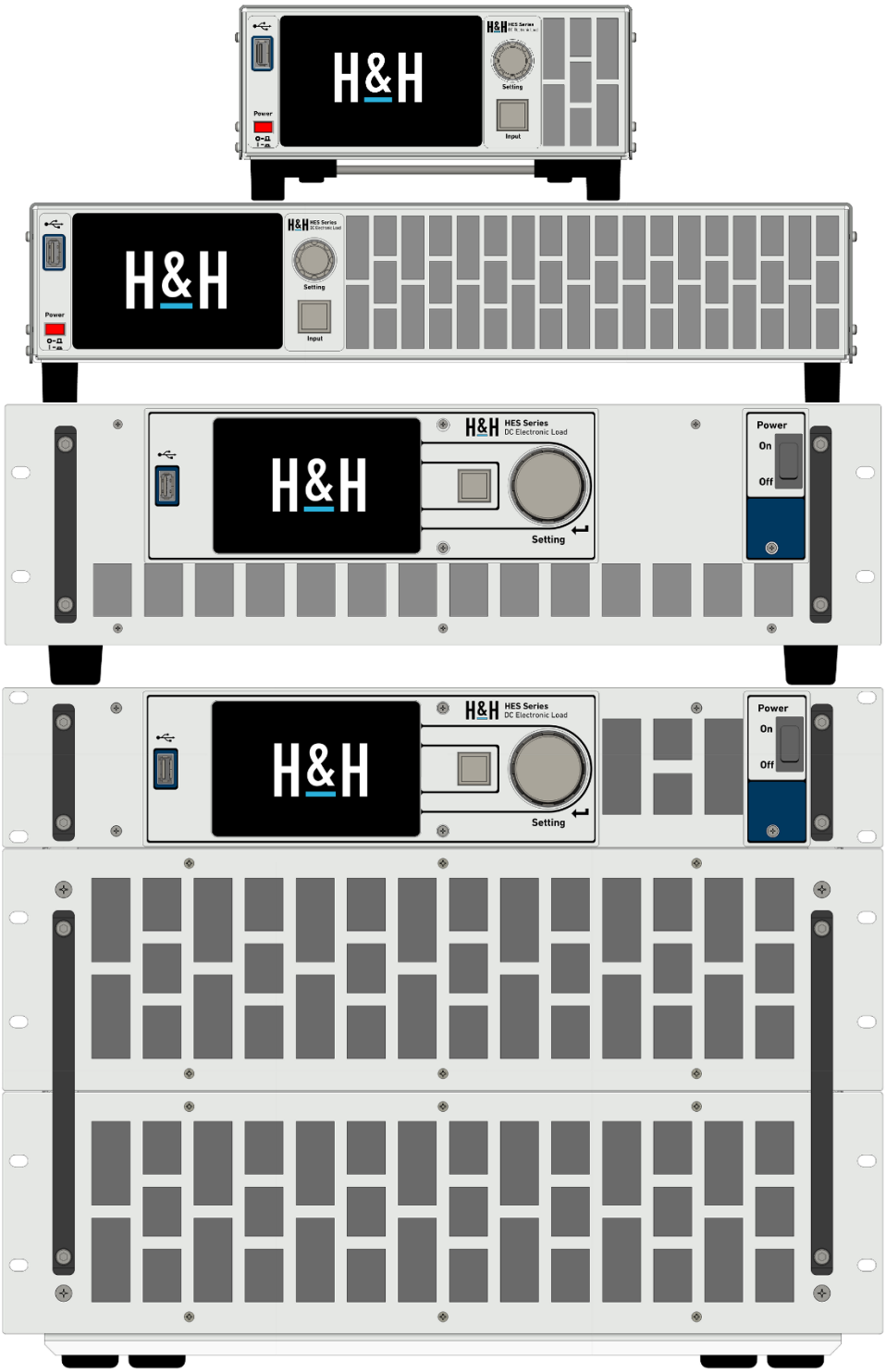

H&H
Power
Setting
Input
HES Series
DC Electronic Load
On
Off

Inhalt

1 Einführung und Sicherheit ... 7
1.1 Über diese Bedienungsanleitung ... 7
1.2 Beschreibung der verwendeten Symbole ... 7
1.3 Begriffsdefinition und bestimmungsgemäßer Gebrauch ... 7
1.4 Allgemeine Hinweise ... 8
1.4.1 Schutzausrüstung ... 8
1.4.2 Beim Auspacken ... 8
1.4.3 Identifikation des Produkts ... 8
1.4.4 Verpackung ... 9
1.5 Anforderungen an den Bediener ... 9
1.6 Pflichten des Betreibers ... 10
1.7 Grundlegende Sicherheitshinweise ... 11
1.8 Mögliche Gefährdungen ... 11
1.8.1 Elektrischer Schlag ... 11
1.8.2 Verbrennungen ... 12
1.8.3 Mechanische Verletzungen ... 12
1.8.4 Verletzung durch Lärm ... 12
1.8.5 Beeinflussung elektro-medizinischer Geräte ... 13
1.9 Messkategorie ... 13
1.10 Betriebsbedingungen und Aufstellen des Gerätes ... 13
1.10.1 Umwelt und Emissionen ... 13
1.10.2 Betriebsbedingungen ... 14
1.10.3 Am Gerät verwendete Symbole ... 15
1.11 Tragen und Verlagern ... 15
1.12 Netzanschluss ... 16
1.12.1 Netzspannungswahlschalter ... 16
1.12.2 Netzsicherung ersetzen ... 17
1.13 Reinigung und Wartung ... 17
1.14 Kalibrierung ... 17
1.15 Energieeffizienz ... 18
1.16 Gewährleistung und Reparatur ... 18
1.17 Entsorgung ... 19
1.18 Abkürzungen in dieser Bedienungsanleitung ... 19
2 Inbetriebnahme ... 21
2.1 Bedienelemente Front ... 21
2.2 Anschlüsse Rückseite ... 22
2.3 Anschluss des Prüflings ... 23
2.3.1 Sicherheitshinweise zum Anschluss des Prüflings ... 23
2.3.2 Last- und Sense-Leitungen ... 25
2.3.3 Anschlussbeispiele ... 25
2.4 Sicherheitsabdeckung montieren ... 26
2.4.1 Geräte mit 2 HE ... 27
2.4.2 Geräte mit 3 HE ... 29
2.4.3 Geräte ab 5 HE ... 30
2.4.4 Lastanschlüsse und Sicherheitsabdeckung entfernen ... 33
2.5 Zulässige Potentiale an den Geräteanschlüssen ... 33
2.6 Betriebsbereich ... 34
2.7 Schutzfunktionen und Meldungen ... 34
2.8 Einschalten des Gerätes ... 36
3 Grundlagen der lokalen Bedienung ... 36
3.1 Bedienelemente ... 36
3.1.1 Netzschalter ... 36
3.1.2 USB-Buchse ... 36
3.1.3 Touchscreen ... 37
3.1.4 Taste „Input“ ... 37
3.1.5 Drehgeber „Setting“ ... 37
3.1.6 Summer ... 37

3.2 Aufbau des Touchscreens ... 38
3.2.1 Hauptbereich ... 38
3.2.2 Rechte Seitenleiste ... 39
3.2.3 Statusleiste ... 40
3.2.4 Linke Seitenleiste ... 40
3.3 Hauptansichten ... 40
3.3.1 Hauptansicht mit numerischen Messwerten ... 41
3.3.2 Hauptansicht Yt-Graph ... 41
3.3.3 Funktionsspezifische Hauptansichten ... 41
3.4 Grafische Bedienelemente für die Navigation ... 42
3.4.1 Symbol für Hauptmenü ... 42
3.4.2 Symbol für Hauptfenster ... 42
3.4.3 Symbol für Hauptansicht ... 42
3.4.4 Symbol für virtuelle Tastatur ... 42
3.4.5 OK Symbol ... 42
3.4.6 Esc Symbol ... 43
3.4.7 Symbol für Shortcut-Auswahl ... 43
3.5 Grafische Bedienelemente für Ein- und Ausgabe ... 43
3.5.1 Messwertanzeige ... 43
3.5.2 Graphanzeige ... 44
3.5.3 Eingabefeld ... 44
3.5.4 Schaltfläche ... 44
3.5.5 Markierungsfeld ... 45
3.5.6 Auswahlfeld ... 45
3.5.7 Schieberegler ... 45
3.5.8 Listenansicht ... 45
3.5.9 Vereinfachte Listenansicht ... 46
3.5.10 Fortschrittsbalken ... 46
3.6 Pop-up-Fenster ... 46
3.6.1 Fehlerfenster ... 46
3.6.2 Benachrichtigungsfenster ... 47
3.6.3 Benachrichtigungsfenster im Fernsteuerbetrieb ... 47
3.6.4 Warnfenster ... 47
3.6.5 Hilfefenster ... 48
3.6.6 Bestätigungsfenster ... 48
3.6.7 Statusübersicht ... 48
3.7 Menüstrukturplan ... 49
3.8 Hilfe zu Dialog- und Menüfenster ... 49
4 Funktionen ... 50
4.1 Wahl der Steuerquelle ... 50
4.2 Grundbetriebsarten und Sollwerte ... 50
4.2.1 Strombetrieb (CC) ... 51
4.2.2 Leistungsbetrieb (CP) ... 52
4.2.3 Widerstandsbetrieb (CR) ... 53
4.2.4 Spannungsbetrieb (CV) ... 54
4.2.5 Immediate Sollwerte ... 54
4.2.6 Getriggerte Sollwerte ... 55
4.2.7 Sollwertumschaltung ... 55
4.3 Grenzwerte und kombinierte Betriebsarten ... 56
4.3.1 Überstrombegrenzung ... 56
4.3.2 Unterspannungsschutz ... 56
4.4 Einstell- und Messbereiche (HES MR) ... 57
4.5 Regelgeschwindigkeit ... 58
4.6 Lasteingang ... 58
4.6.1 Sollwert für den Lasteingangszustand ... 58
4.6.2 Getriggerter Sollwert für den Lasteingangszustand ... 59
4.7 Rechteck-Funktion ... 59
4.8 PWM-Funktion ... 60

4.9 Modulator 61
4.10 Frequenz-Sweep 61
4.11 List-Funktion 62
4.11.1 Begriffsdefinitionen 62
4.11.2 Listensatz definieren 64
4.11.3 Listendatei importieren 65
4.11.4 Liste ausführen 67
4.11.5 Liste per Trigger ausführen 67
4.11.6 Messdatenerfassung durch die Listenfunktion 68
4.11.7 Beispiel für eine Liste mit Messdatenerfassung 68
4.11.8 Allgemeine Hinweise für die LIST-Funktion 69
4.12 Messdatenerfassung 69
4.12.1 Interne Messdatenerfassung (ACQ) 69
4.12.2 Daten-Logging auf USB-Stick 70
4.13 Datenübertragung nach IEEE 488.2 – Binäre Blockdaten 70
4.14 Daten aus dem internen Speicher lesen 71
4.15 Ordnerstruktur auf USB-Stick 71
4.16 Spannungs-Sweep-Funktion 72
4.17 Entladefunktion 73
4.18 Innenwiderstandsmessung 76
4.19 MPP Tracking 77
4.19.1 Begriffsdefinitionen 78
4.19.2 MPPT-Funktion 79
4.20 Master-Slave-Betrieb im Systemverbund 80
4.20.1 Funktionen und Begriffe 80
4.20.2 Voraussetzungen für einen Systemverbund 80
4.20.3 Einschränkungen im Master-Slave-Betrieb 81
4.20.4 Systemverbund herstellen 81
4.20.5 Systemverbund auflösen 82
4.20.6 Steckerbelegung des K-MS-HES-Kabels 83
4.20.7 Buchsenbelegung des K-MS-CAN-Kabels 83
4.21 Messdaten anzeigen 83
4.22 Lüftersteuerung 84
4.23 Null-Volt-Funktion 84
4.24 Triggermodell 86
4.24.1 Zustände im Triggermodell 86
4.24.2 Trigger-Verzögerungs- und Freihaltezeit 86
4.24.3 Triggerquellen 87
4.25 SyncroLink 88
4.25.1 Funktionsprinzip 88
4.25.2 Pinbelegung SyncroLink-Kabel 91
4.26 Spannungsaufschaltung und PWM-Betrieb 91
4.27 Watchdog 91
4.28 Tastensperre 92
4.29 Remote-Benachrichtigung 92
4.29.1 Piepser 92
4.29.2 Benachrichtigungs-Fenster 92
4.30 Alarm konfigurieren 93
4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden 94
4.31.1 Interner Speicher 94
4.31.2 USB-Speicher 95
4.32 Geräteeinstellungen rücksetzen 96
4.33 Werkseinstellungen setzen (Preset) 97
4.34 Firmware- und Bedienungsanleitungs-Update 97
4.35 Handbuch-Download 98
5 Digitale Fernsteuerung 99
5.1 Standards 99
5.2 Schnittstelle selektieren und deselektieren 99

5.3 CAN-Schnittstelle ... 100
5.3.1 CAN-Stecker ... 100
5.3.2 Terminierung ... 100
5.3.3 CAN-Kabel ... 101
5.3.4 Übertragungsrate ... 101
5.3.5 CAN-Adresse ... 101
5.3.6 CAN-Nachrichten ... 101
5.4 LAN-Schnittstelle ... 102
5.4.1 Ethernet ... 102
5.4.2 Ethernet-Stecker ... 102
5.4.3 Ethernet-Kabel ... 103
5.4.4 Übertragungsrate ... 103
5.4.5 Identifikation ... 103
5.4.6 TCP/IP ... 103
5.4.7 TCP-Socket ... 104
5.5 RS-232-Schnittstelle ... 104
5.5.1 RS-232-Kabel ... 104
5.5.2 RS-232-Schnittstellenparameter ... 105
5.5.3 Datenformat bei RS-232-Kommunikation ... 105
5.6 USB-Schnittstelle ... 105
5.6.1 USB-Kabel ... 106
5.6.2 Treiber und Datenformat ... 106
5.7 GPIB-Schnittstelle (Option HES02) ... 106
5.7.1 GPIB-Kabel ... 106
5.7.2 GPIB-Adresse ... 107
5.7.3 Datenformat bei GPIB-Kommunikation ... 107
5.8 SCPI-Befehlssyntax ... 107
5.8.1 Aufbau des Headers ... 107
5.8.2 Einrückungen ... 108
5.8.3 Auswahl ... 108
5.8.4 White Space ... 108
5.8.5 Lang- und Kurzform, Groß- und Kleinschreibung ... 108
5.8.6 Optionale Schlüsselwörter ... 109
5.8.7 Parameter ... 109
5.8.8 Zahlenwerte ... 109
5.8.9 Einheiten und Multiplizierer ... 109
5.8.10 Zahlen- und Extremwerte <NRf>|MIN|MAX ... 110
5.8.11 Boolesche Parameter <boolean> ... 110
5.8.12 Text-Parameter ... 111
5.8.13 Benutzung des Semikolons ... 111
5.8.14 Abfragebefehle (Queries) ... 112
5.9 Fehlerwarteschlange ... 112
5.10 Befehlsbeschreibung Common Commands ... 112
5.10.1 *CLS ... 112
5.10.2 *ESE <NRf>, *ESE? ... 112
5.10.3 *ESR? ... 113
5.10.4 *IDN? ... 113
5.10.5 *OPC, *OPC? ... 113
5.10.6 *OPT? ... 113
5.10.7 *RCL <NRf> ... 114
5.10.8 *RST ... 114
5.10.9 *SAV ... 115
5.10.10 *SRE <NRf>, *SRE? ... 115
5.10.11 *STB? ... 116
5.10.12 *TRG ... 116
5.10.13 *TST? ... 116
5.10.14 *WAI ... 116
5.11 Befehlsbeschreibung Gerätespezifische Befehle ... 116

5.11.1 ACQuisition Subsystem ... 117
5.11.2 CURRent Subsystem ... 118
5.11.3 DATA Subsystem ... 119
5.11.4 DISPlay Subsystem ... 120
5.11.5 FORMat Subsystem ... 120
5.11.6 FUNCtion Subsystem ... 121
5.11.7 INPut Subsystem ... 130
5.11.8 LIST Subsystem ... 131
5.11.9 MEASure Subsystem ... 136
5.11.10 PORT Subsystem ... 137
5.11.11 POWer Subsystem ... 138
5.11.12 RANGe Subsystem ... 139
5.11.13 RECTangle Subsystem ... 139
5.11.14 RESistance Subsystem ... 141
5.11.15 SERVice Subsystem ... 142
5.11.16 SETTing Subsystem ... 143
5.11.17 STATus Subsystem ... 144
5.11.18 SYSTem Subsystem ... 150
5.11.19 TRIGger Subsystem, ABORt Subsystem, INITiate Subsystem ... 158
5.11.20 VOLTage Subsystem ... 160
5.12 Befehlsübersicht Common Commands ... 161
5.13 Befehlsübersicht Gerätespezifische Befehle ... 162
6 Externe Steuerung über I/O-Port ... 173
6.1 Standard I/O-Port ... 173
6.2 Isolierter I/O-Port (Option HES06) ... 173
6.3 Steckerbelegung I/O-Port ... 174
6.4 Steuerbare Funktionen ... 174
6.5 Logikpegel und Remote-Shut-Down ... 176
6.6 Logikein- und -ausgänge ... 177
6.6.1 Steuereingänge ... 177
6.6.2 Statusausgänge ... 178
6.7 Analoge Ein- und Ausgänge ... 179
6.7.1 Analoge Eingänge ... 179
6.7.2 Analoge Ausgänge ... 179
7 Optionen ... 180
7.1 GPIB-Datenschnittstelle (Option HES02) ... 180
7.2 Isolierter I/O-Port (Option HES06) ... 180
8 Problembehandlung ... 180
8.1 Regelschwingungen ... 180
8.2 Elektromagnetische Einkopplungen ... 180
8.3 Verzerrter Stromanstieg im dynamischen Betrieb ... 181
8.3.1 Ursachen ... 181
8.3.2 Messen der Stromanstiegsgeschwindigkeit ... 181
8.4 Verzerrte Monitorsignale ... 182
8.5 Auswirkungen der Eingangskapazität ... 182
9 Anhang ... 183
9.1 Fehlercodes ... 183
9.1.1 Command Errors ... 183
9.1.2 Execution Errors ... 184
9.1.3 Device-specific Errors ... 185
9.1.4 Query Errors ... 185
9.1.5 Nicht standardisierte Errors ... 186
9.2 Geräteparameter ... 187
9.3 Informationen zu Sonderausführungen ... 187
9.4 Mitgeliefertes Zubehör ... 187
9.5 Technische Daten ... 188
9.6 Konformitätserklärung ... 188
10 Stichwortverzeichnis ... 189

1 Einführung und Sicherheit

1.1 Über diese Bedienungsanleitung

Diese Bedienungsanleitung beschreibt die Funktionsweise und Bedienung der elektronischen Lasten der Serie HES von der Höcherl & Hackl GmbH (im Folgenden auch H&H genannt). Diese Anleitung beinhaltet die Beschreibung der Hardware sowie der Firmwarefunktionen.

Vor der Inbetriebnahme der elektronischen Last müssen Sie diese Bedienungsanleitung sorgfältig gelesen und verstanden haben. Beachten Sie bei der Bedienung der elektronischen Last die Anweisungen in dieser Anleitung.

Diese Bedienungsanleitung muss jederzeit in der Nähe des zugehörigen Gerätes verfügbar sein. Wird der Ort des Gerätes verändert, muss auch die Bedienungsanleitung mitgeführt werden bzw. elektronisch lesbar zur Verfügung stehen.
H&H behält sich vor, Änderungen oder Aktualisierungen an Bedienungsanleitungen jederzeit durchzuführen. Aktuellste Revisionen werden auf der Homepage www.hoecherl-hackl.de bereitgestellt. Die auf der Homepage zur Verfügung gestellten Bedienungsanleitungen sind nur für Geräte mit aktuellem Hardware- und Firmware-Stand gültig. Wenn Sie eine Bedienungsanleitung für ein Gebrauchtgerät benötigen, fragen Sie den H&H-Support support@hoecherl-hackl.com nach einer gültigen Fassung, die Ihrem Gerät entspricht (Seriennummer angeben).

1.2 Beschreibung der verwendeten Symbole

Dieses Symbol weist auf Informationen in der Bedienungsanleitung hin, die der Anwender befolgen muss, um Verletzungen von Personen oder Schäden am Gerät zu vermeiden.

Dieses Symbol weist auf ein Verbot hin.

Dieses Symbol zeigt einen Hinweis des Herstellers an, der für die Benutzung des Gerätes von Vorteil ist.

1.3 Begriffsdefinition und bestimmungsgemäßer Gebrauch

Die elektronische Last aus der Serie HES ist ein Gerät, das als Ersatz für einen (ohmschen) Lastwiderstand eingesetzt wird. Die von der elektronischen Last aufgenommene elektrische Energie wird von Leistungshalbleitern in Wärme umgewandelt. Für Kühlung und Abführung der Abwärme sorgen Lüfter. Eine elektronische Last ist ein elektrischer Verbraucher. Es handelt sich also nicht um eine Strom- oder Spannungsquelle, sondern um eine Stromsenke.
Die elektronischen Lasten der Serie HES eignen sich zur Belastung von Gleichspannungsquellen wie Batterien, Brennstoff- und Solarzellen, Generatoren, Stromversorgungen und Steuereinheiten. Die elektronische Last der Serie HES ist für Gleichstrom konzipiert und darf mit den Gleichstromeingängen nicht an Wechselspannungen oder an das Wechselstromnetz angeschlossen werden.

Die elektronische Last ist nicht geeignet, um durch die abgegebene warme Luft Gegenstände, Tiere oder menschliches Haar zu trocknen.
Lüftungsschlitze freihalten.
Nicht auf das Gerät steigen.
Nicht als Unterlage für andere Teile verwenden.

Bei Benutzung der Geräte in einer anderen als der angegebenen Weise kann der vom Gerät unterstützte Schutz beeinträchtigt werden!

1.4 Allgemeine Hinweise

1.4.1 Schutzausrüstung

Sicherheitsschuhe
Beim Auspacken, Tragen und Verlagern
Handschuhe
Beim Auspacken, Tragen und Verlagern
Haarnetz
Für langhaarige Bediener in der Nähe der Lüftungsschlitze

1.4.2 Beim Auspacken

Zubehör

Das zu Ihrer elektronischen Last gehörende Zubehör wie Netzkabel, Schrauben etc. ist in der separaten Datei TechDat_HES_*dn*.PDF (*dn* = Gerätenummer, s. 1.4.3 Identifikation des Produkts) auf einem mitgelieferten USB-Stick aufgeführt. Es ist abhängig vom Modell und von eingebauten Optionen. Überprüfen Sie beim Auspacken, ob alle angegebenen Teile in der Lieferung enthalten sind und informieren Sie ggf. den Lieferanten des Gerätes.

Mechanische Überprüfung

Überprüfen Sie das Gerät nach dem Auspacken umgehend auf mechanische Beschädigung und lose Teile im Gerät.

Sollten irgendwelche äußerlichen Mängel feststellbar sein, dürfen Sie die elektronische Last nicht in Betrieb nehmen!

Handelt es sich um einen Transportschaden, müssen Sie das unverzüglich dem Spediteur mitteilen, auf dem Frachtbrief vermerken und vom Spediteur gegenzeichnen lassen. Beachten Sie, dass eine Reklamation, die später als drei Tage nach dem Empfang der Sendung gemacht wird, vom Spediteur meist nicht mehr anerkannt wird. Informieren Sie auch unverzüglich den Lieferanten der elektronischen Last.

1.4.3 Identifikation des Produkts

Das Typenschild ist am hinteren Bereich des rechten Geräte-Seitenteils (von vorn gesehen) angebracht.

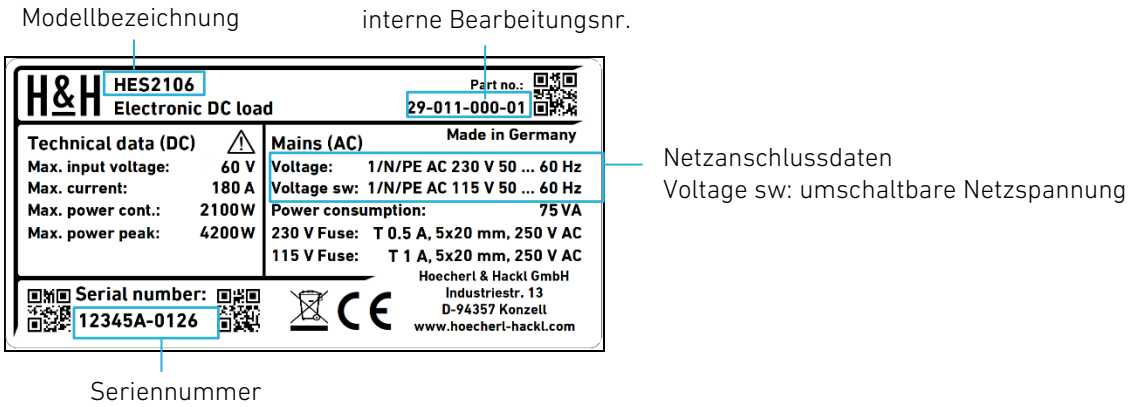


Abbildung 1.1: Typenschild

Seriennummer:

12345A-0126

Gerätenummer Baureihe Datecode (Monat, Jahr)

1.4.4 Verpackung

H&H empfiehlt, die Originalverpackung aufzubewahren und für den Weiter- bzw. Rücktransport der Geräte zu verwenden.

Recyceln Sie Materialien, die mit dem nebenstehenden Symbol gekennzeichnet sind. Entsorgen Sie die Verpackung in Übereinstimmung mit den geltenden nationalen Rechtsvorschriften in den entsprechenden Recyclingbehälter.

Sie können die Verpackung zur Entsorgung an H&H zurücksenden. Wir nehmen nur kostenfreie Rücksendungen an.

1.5 Anforderungen an den Bediener

Das Personal zur Bedienung einer elektronischen Last ist den gesetzlichen Bestimmungen zur Arbeitssicherheit verpflichtet und muss neben den Sicherheits- und Warnhinweisen in der Bedienungsanleitung auch die für den Einsatzbereich gültigen Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften einhalten.

Personen, die eine elektronische Last bedienen,

- müssen Fachkräfte sein, die mit den beim Messen elektrischer Größen verbundenen Gefahren vertraut sind und die entsprechende Ausbildung haben
- dürfen in ihrer Reaktionsfähigkeit nicht eingeschränkt sein, z. B. durch Medikamente, Alkohol oder Drogen
- müssen über die geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informiert sein
- müssen über die Zuständigkeiten für Wartung und Reinigung des Gerätes informiert sein
- müssen vor der Bedienung die Allgemeinen Sicherheitshinweise und die Bedienungsanleitung vollständig gelesen und verstanden haben
- müssen die vorgeschriebenen Schutzausrüstungen anwenden.

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

Jede Person, die eine elektronische Last bedient, muss den technisch einwandfreien Zustand des Gerätes kontrollieren.

1.6 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.

Der Betreiber muss

- sich über die geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informieren
- durch eine Gefährdungsbeurteilung mögliche zusätzliche Gefahren ermitteln, die sich durch die speziellen Anwendungsbedingungen am Einsatzort des Gerätes ergeben, und diese durch geeignete Maßnahmen minimieren
- 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 Bedienungsanleitung und die Allgemeinen Sicherheitshinweise gelesen und verstanden haben
- dem mit Arbeiten an dem Gerät beauftragten Personal die vorgeschriebenen und empfohlenen Schutzausrüstungen bereitstellen
- das Personal in regelmäßigen Abständen im Umgang mit dem Gerät schulen und über die möglichen Gefahren informieren.
- Siehe auch Kap. 1.10.1 Umwelt und Emissionen.

Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass die elektronische Last stets in einem technisch einwandfreien Zustand ist.

1.7 Grundlegende Sicherheitshinweise

Die elektronische Last nur unter Aufsicht betreiben!

Stellen Sie den Betrieb der elektronischen Last sofort ein, wenn sie nicht mehr ordentlich funktioniert. Versuchen Sie nicht, das Gerät selbst zu reparieren. Kontaktieren Sie unverzüglich den Hersteller.

Entsprechend der Schutzklasse 1 sind alle berührbaren Gehäuseteile mit dem Schutzleiter verbunden. Der Betrieb der Geräte darf nur an vorschriftsmäßig funktionierenden Schutzkontaktsystemen erfolgen.

NICHT die Schutzleiterverbindung am Netzkabel oder innerhalb des Gerätes auftrennen!

Keine Gegenstände in die Lüftungsschlitze einführen!

Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, müssen Sie das Gerät außer Betrieb setzen und gegen unbeabsichtigtes Einschalten sichern.

Dieser Fall kann eintreten, wenn:

- sichtbare mechanische Beschädigungen vorhanden sind
- sich im Gerät lose Teile befinden
- Rauchentwicklung feststellbar ist
- das Gerät überhitzt wurde
- Flüssigkeiten in das Gerät eingetreten sind
- das Gerät nicht funktioniert

Wenn Sie die Gerätefüße abschrauben, z.B. weil ein Schrankeinbau vorgenommen werden soll, bewahren Sie die Füße zusammen mit den Schrauben auf und verwenden Sie ausschließlich die Original-Füße und -Schrauben, wenn Sie sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder anschrauben wollen.
Nicht die Schrauben ohne zugehörigen Fuß in die Bodenplatte drehen!

Wenn Sie das Gehäuse öffnen wollen, trennen Sie das Gerät zuerst von allen Spannungsquellen.

Überprüfung bei geöffnetem Gehäuse, Reparaturen oder Abgleicharbeiten dürfen nur von einer Fachkraft durchgeführt werden, die mit den Sicherheitsvorschriften vertraut ist.

Die Sicherheit eines Systems, in welches das Gerät integriert wird, liegt in der Verantwortung des Errichters des Systems.

Befolgen Sie außerdem die Sicherheitshinweise zum Anschluss des Prüflings in Kapitel 2.3.

1.8 Mögliche Gefährdungen

Bei der Benutzung des Gerätes können Gefährdungen für Personen und Sachen auftreten.

1.8.1 Elektrischer Schlag

Warnung vor elektrischem Schlag durch berührungsgefährliche Potentiale, falsche Anschluss-leitungen oder unzureichend abgedeckte Eingangsklemmen!

Elektrischer Schlag kann zu schweren Verletzungen mit Todesfolge führen: Verbrennungen, Muskelreizungen wie Muskelverkrampfungen, Muskellähmungen, Herzrhythmusstörungen wie Herzkammerflimmern, Herzstillstand, Atemlähmung, neurologische Verletzungen, indirekt verursachte Unfälle wie Stürze.

- Bei berührungsgefährlichen Potentialen H&H-Sicherheitsabdeckung an Last- und Sense-Eingängen anbringen!
- Querschnitt der Lastanschlussleitungen ausreichend dimensionieren!

1.8.2 Verbrennungen

Warnung vor Verbrennung durch Abwärme, ungeeignete Anschlussleitungen oder schlechte Verbindung, Verpolung oder Überspannung!

Elektronische Lasten erzeugen Abwärme, die durch die Rückwand abgeführt wird. Dadurch können sich berührbare Teile am Gerät oder Teile, die im heißen Abluftstrom stehen, erhitzen und Verbrennungen bei Berührung hervorrufen. Leicht brennbare Stoffe und Flüssigkeiten, die im heißen Luftaustritt stehen, können sich entzünden.
Verbrennungsgefahr besteht auch, wenn zum Anschluss des Prüflings ungeeignete Leitungen verwendet werden oder wenn die verwendeten Kabelschuhe oder Stecker an den Eingangsklemmen nicht ausreichend fest angeschraubt sind. Dadurch können sich die Anschlussklemmen erhitzen und Verbrennungen bei Berührung hervorrufen. In der Hand gehaltene Kabel können Verbrennungen verursachen. Lockere Anschlüsse können Lichtbögen erzeugen, die in der Umgebung befindliche Materialien entzünden können.
Verbrennungsgefahr besteht außerdem bei Verpolung des Prüflings oder bei Überspannung. Verpolung oder Überspannung erzeugt einen Kurzschluss und damit unkontrollierten Stromfluss! Der Lastkreis der elektronischen Last ist nicht abgesichert!

- Keine berührbaren Teile oder entzündlichen Stoffe in den heißen Abluftstrom stellen!
- Querschnitt der Lastanschlussleitungen ausreichend dimensionieren!
- Kabelschuhe und Stecker fest verschrauben!
- Auf richtige Polarität des angeschlossenen Prüflings achten!
- Maximale Eingangsspannung NIE überschreiten!
- Externe Sicherung in den Lastkreis schalten!

1.8.3 Mechanische Verletzungen

Warnung vor Verletzungen durch Herunterfallen, Einklemmen, Haareinzug!

Die elektronische Last kann herunterfallen und durch ihr Gewicht Verletzungen wie Quetschungen, Knochenbrüche, Hautabschürfungen verursachen. Beim Tragen und Abstellen des Gerätes können Finger an den Griffen oder zwischen Gehäuseboden und Abstellfläche einklemmen. Lange Haare können in die rotierenden Lüfter eingesaugt werden.

- Beim Auspacken, Transportieren, Tragen und Verlagern Hinweise unter 1.11 Tragen und Verlagern befolgen!
- Sicherheitsschuhe und Handschuhe tragen!
- Nicht mit den Händen zwischen Geräteboden und Abstellfläche greifen!
- Ggf. Haarnetz tragen!

1.8.4 Verletzung durch Lärm

Warnung vor Gehörschäden durch Lärm!

Leistungsstarke Modelle erzeugen hohe Schalldruckpegel (siehe technische Daten), die eine Gefährdung für den Bediener darstellen.

- Ab einem Pegel von 80 dB(A) Gehörschutz tragen!
- Siehe auch 1.6 Pflichten des Betreibers!

1.8.5 Beeinflussung elektro-medizinischer Geräte

Warnung vor Verletzungen durch Beeinflussung elektro-medizinischer Geräte!

Elektronische Lasten können beim Betrieb mit sehr hohen Stromstärken arbeiten. Hohe Ströme erzeugen starke magnetische Felder, die elektro-medizinische Geräte wie z. B. Herzschrittmacher beeinflussen können.

- Menschen mit elektro-medizinischen Geräten dürfen sich nicht in der Nähe von inbetrieb-gesetzten elektronischen Lasten aufhalten!

1.9 Messkategorie

Die Messkategorien beziehen sich auf Transienten auf dem Netz. Transienten sind kurze, sehr schnelle Spannungs- und Stromänderungen, die periodisch und nicht periodisch auftreten können. Die Höhe möglicher Transienten nimmt zu, je kürzer die Entfernung zur Quelle der Niederspannungsinstallation ist.

Für elektronische Gleichstromlasten gilt:
Die elektronische Gleichstromlast ist für den Betrieb der Lasteingänge an Stromkreisen bestimmt, die entweder gar nicht oder nicht direkt mit dem Netz verbunden sind.

Bei Gleichstromlasten dürfen keine transienten Überspannungen auftreten. Direkter Betrieb (ohne galvanische Trennung) an Prüfobjekten der Messkategorie II, III oder IV ist unzulässig!

Die Stromkreise eines Prüfobjekts sind nicht direkt mit dem Netz verbunden, wenn das Prüfobjekt über einen Trenntransformator der Schutzklasse 2 betrieben wird.

Messkategoriennach IEC 61010-2-30:

Kategorie	Definition
0	Messungen an Stromkreisen, die nicht direkt mit dem Netz verbunden sind: *z. B. Bordnetze in KFZ oder Flugzeugen, Batterien*
CAT II	Messungen an Stromkreisen, die elektrisch direkt mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind: *z. B. Haushaltsgeräte, tragbare Werkzeuge*
CAT III	Messungen in der Gebäudeinstallation: *z. B. Verteiler, Leistungsschalter, Steckdosen der festen Installation*
CAT IV	Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation: *z. B. Zähler, Rundsteuergeräte, primäre Überstromschutzeinrichtungen*

1.10 Betriebsbedingungen und Aufstellen des Gerätes

1.10.1 Umwelt und Emissionen

Die Geräuschentwicklung der elektronischen Lasten hängt von deren Bauart, Leistung und Betriebsweise ab. Unter Berücksichtigung sonstiger am Arbeitsplatz herrschenden Geräuschpegel ist

vom Betreiber ein geeigneter Standort für das Gerät auszuwählen, der den Forderungen der Arbeitsstättenverordnung entspricht. Der Schalldruck ist zu messen sowohl am Standort des Bedieners, an dem dieser sich beim Betrieb des Gerätes befindet, als auch an einer Stelle 1 m entfernt vom Gehäuse. Ist ein zu hoher Pegel nicht durch andere Maßnahmen wie z.B. geräuschreduzierende Wände zu beheben, ist der Bediener mit einem entsprechenden Gehörschutz auszurüsten.

Elektronische Lasten erzeugen Wärme und heizen die Umgebungsluft auf. Sorgen Sie beim Betrieb mit gesonderten Maßnahmen für die Einhaltung der Umgebungsbedingungen laut Arbeitsstättenverordnung.

1.10.2 Betriebsbedingungen

Die Betriebsbedingungen sind in den technischen Daten TechDat_HES_*gn*.PDF (*gn* = Gerätenummer, s. 1.4.3 Identifikation des Produkts) auf einem mitgelieferten USB-Stick aufgeführt.

Warnung vor Spannungsüberschlägen aufgrund von Betauung!
Wird das Gerät trotz Betauung betrieben, kann es zu Fehlfunktionen oder zum totalen Defekt des Gerätes kommen.

- Bei Lagerung unter der Mindest-Betriebstemperatur muss das Gerät erst auf die Mindest-Betriebstemperatur gebracht werden, bevor es eingeschaltet wird!
- Es darf keine Betauung stattfinden!

Das Gerät ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staubgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden. Das Gerät darf nur stehend betrieben werden. Stellen Sie das Gerät so auf, dass der Netzspannungsanschluss leicht zu erreichen ist.

Halten Sie den Lufteintritt über die Frontplatte und den Luftaustritt auf der Rückwand frei, um eine ausreichende Kühlung zu gewährleisten.

Sorgen Sie beim Schrankeinbau für einen ungestörten Luftaustritt.

Betreiben Sie das Gerät keinesfalls bei geschlossener Rücktür ohne Luftgitter! Betreiben Sie das Gerät nicht unbeaufsichtigt!

Bei geschlossenen Rücktüren mit eingesetztem Luftgitter müssen Sie eine Leistungsminderung des Gerätes in Kauf nehmen.

Berücksichtigen Sie bei erhöhten Umgebungstemperaturen das Leistungs-Derating (siehe technische Daten).

Wenn das Gerät in einer vom Hersteller nicht festgelegten Weise benutzt wird, kann der vom Gerät unterstützte Schutz beeinträchtigt sein.

1.10.3 Am Gerät verwendete Symbole

Gleichstrom

Wechselstrom

Gleich- oder Wechselstrom

Erdungs-Anschluss

Schutzleiteranschluss

Warnung vor einer Gefahrenstelle; Bedienungsanleitung lesen!

Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung

Warnung vor heißer Oberfläche

1.11 Tragen und Verlagern

Wenn Sie die elektronische Last verlagern wollen, stellen Sie sicher, dass sie ausgeschaltet und von allen Kabeln getrennt ist.

Sollten am Gerät Einbausätze mit Frontplattengriffen angebracht sein, dürfen diese nicht zum Tragen benutzt werden!

Schwere Geräte haben versenkbare Tragegriffe an der Oberseite des Gehäuses integriert. Diese dürfen nur zum Tragen von Personen benutzt werden!

Keinesfalls dürfen Tragegriffe als Kranösen missbraucht werden!

Sehr schwere Geräte, die mithilfe eines Kranes angehoben werden müssen, sind mit entsprechenden Schwerlastgurten zu umschließen und an diesen anzuheben.

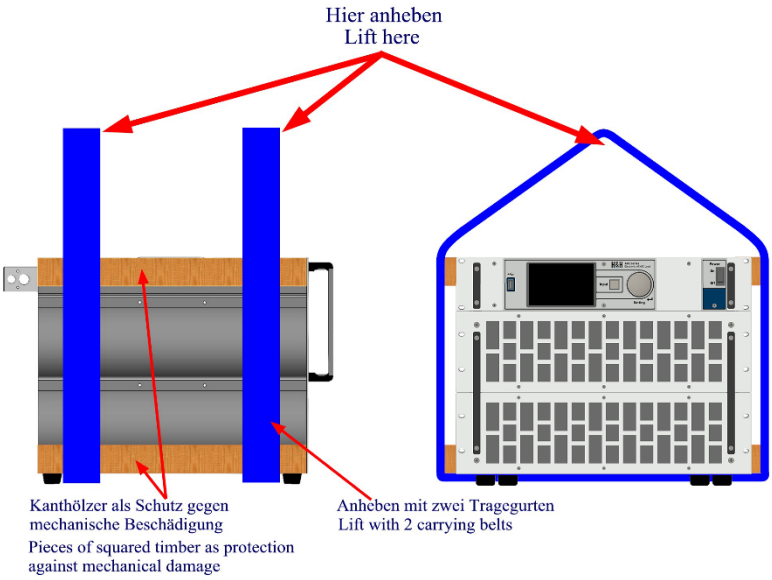


Abbildung 1.2: Heben mit Kran

Nehmen Sie die Bedienungsanleitung der elektronischen Last bei einer Ortsveränderung mit und bewahren Sie diese in der Nähe des Gerätes auf bzw. stellen Sie die Bedienungsanleitung elektronisch lesbar zur Verfügung.

1.12 Netzanschluss

Entsprechend der Schutzklasse 1 sind alle berührbaren Gehäuseteile mit dem Schutzleiter verbunden. Der Betrieb der Geräte darf nur an vorschriftsmäßigen, funktionierenden Schutzkontaktsystemen erfolgen.

Schutzkontaktverbindung am Netzkabel oder innerhalb des Gerätes NICHT auftrennen!

Verwenden Sie nur Netzkabel mit ausreichendem Querschnitt.
Abnehmbare Netzanschlussleitungen mit Netzkupplungen gemäß IEC 60320 müssen entweder den Anforderungen von IEC 60799 entsprechen, oder sie müssen mindestens für einen Strom entsprechend den Bemessungsdaten der an der Netzanschlussleitung befestigten Netzkupplung bemessen sein.

Geräte mit dreiphasigem Netzanschluss müssen mit einem Leistungsschalter als Netztrennein-richtung in der Gebäudeinstallation abgesichert werden. Die Netztrenneinrichtung muss als solche gekennzeichnet, geeignet angeordnet und für den Bediener leicht zu erreichen sein.
FI- und Leitungsschutzschalter müssen ebenfalls in der Gebäudeinstallation vorgesehen werden.

Wenn 2 oder mehr Perioden der Netzspannung ausbleiben, führt das Gerät einen Neustart durch, sofern die Netzspannung anschließend wieder stabil ist. Danach sind entweder Reset-Einstellungen aktiv oder die Einstellungen auf Speicherplatz 0. Siehe Kap. 4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden.

1.12.1 Netzspannungswahlschalter

Vergewissern Sie sich vor Anschluss der elektronischen Last an die Netzversorgung, dass die am Gerät eingestellte bzw. geforderte Netzspannung mit der Spannung der Netzversorgung übereinstimmt.

Bei 2 HE- und 3 HE-Geräten befindet sich der Netzspannungswahlschalter an der Unterseite des Gerätes, ab 5 HE auf der Rückseite. Siehe dazu die Angabe in den technischen Daten!

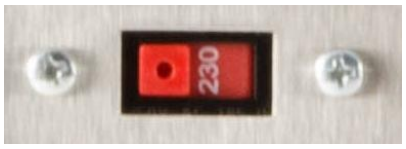


Abbildung 1.3: Netzspannungswahlschalter an Unter- oder Rückseite

Wenn Sie die Netzspannung umschalten, müssen Sie auch eine entsprechende Sicherung lt. Angabe auf dem Gerät einsetzen.

1.12.2 Netzsicherung ersetzen

Nehmen Sie vor dem Ersetzen der Netzsicherung das Gerät außer Betrieb. Trennen Sie alle Anschlüsse vom Gerät.

1. Mit einem passenden Schraubendreher unter leichtem Andrücken den Sicherungshalter B4 (s. Abbildung 2.5) entgegen dem Uhrzeigersinn aus dem Gehäuse ziehen.
2. Sicherung entnehmen.
3. Neue Sicherung einsetzen. Nur die auf der Rückwandbeschriftung angegebenen Sicherungen verwenden!
4. Sicherungshalter mit Schraubendreher im Uhrzeigersinn wieder ins Gehäuse drehen.

Das Kurzschließen des Sicherungshalters oder geflickte Sicherungen sind nicht zulässig! Dadurch entstehende Schäden unterliegen nicht der Gewährleistung.

1.13 Reinigung und Wartung

Kühlwege reinigen

Zur Wartung der Geräte ist es wichtig, die Kühlwege regelmäßig zu reinigen, da sich durch die starke Zwangsbelüftung Staub auf den Kühlschienen und Lüftern ablagert. Das macht sich dadurch bemerkbar, dass das Gerät nicht mehr seine Nennleistung aufnehmen kann und häufiger eine Übertemperaturabschaltung erfolgt (angezeigt durch OTW oder OTP).

Sie können die Lüfter und Endstufen mit ionisierter Luft reinigen. Setzen Sie dazu zuerst das Gerät außer Betrieb und trennen Sie es von allen Spannungen. Blasen Sie durch die Rückwand auf die Kühlschienen, da sich insbesondere dort Staub ablagert.

Gehäuse reinigen

Nehmen Sie zum Reinigen das Gerät außer Betrieb. Trennen Sie alle Anschlüsse vom Gerät.

Reinigen Sie das Gehäuse nur mit einem mit Wasser befeuchteten Lappen. Bei hartnäckiger Verschmutzung können Sie einen Glasreiniger verwenden. Achten Sie beim Reinigen unbedingt darauf, dass keine Flüssigkeit in das Gerät eindringt.

1.14 Kalibrierung

Verschiedene wichtige Eigenschaften der Geräte sollten in regelmäßigen Zeitabständen überprüft werden, wie die Einstellgenauigkeit des Stromes sowie die Genauigkeit der Anzeigen.

Bei festgestellten Abweichungen, die außerhalb der angegebenen Toleranz liegen, sollte eine Neujustierung des Gerätes erfolgen.

Sie können das Gerät zu H&H schicken, dort wird es zum Festpreis überprüft und kalibriert. Bei der Auslieferung wird jedes neue Seriengerät bei H&H kalibriert.

Fordern Sie zur Kalibrierung eine RMA-Nummer von H&H an. Siehe 1.16 Gewährleistung und Reparatur.

Für den Einsatz unter Laborbedingungen empfiehlt H&H ein Kalibrierintervall von 2 Jahren. Es handelt sich hierbei um einen Erfahrungswert, der für den ersten Benutzungszeitraum als Richtwert herangezogen werden kann. Je nach Einsatzzweck, Nutzungsdauer, Relevanz der Anwendung und Umgebungsbedingungen sollte der Betreiber dieses Intervall entsprechend anpassen.

1.15 Energieeffizienz

Elektronische Geräte verbrauchen Energie, sobald sie eingeschaltet sind, auch wenn sie nicht in Gebrauch sind. Schalten Sie deshalb Geräte, die nicht in Gebrauch sind, mit dem Netzschalter aus.

1.16 Gewährleistung und Reparatur

H&H gibt bei Neugeräten eine 24-monatige Funktionsgewährleistung. Voraussetzung ist, dass keine Veränderungen am Gerät vorgenommen wurden und der Fehler beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gerätes aufgetreten ist.

Mängel werden durch Reparatur oder Austausch behoben, wenn sie H&H oder einer Vertretung innerhalb von 24 Monaten nach Datum des Lieferscheines mitgeteilt und von H&H anerkannt werden.

Da H&H die exakte Anwendung der Geräte sowie die physikalischen Gegebenheiten der zu belastenden Einrichtungen nicht kennt, kann keine Garantie für die korrekte Funktionsweise der Geräte im Sinne des Kunden gegeben werden.

Bei Beschädigung des Gerätes durch Missachten der technischen Daten besteht kein Gewährleistungsanspruch, dazu zählt insbesondere das Überschreiten der maximal zulässigen Eingangsspannung und des max. zulässigen Verpolungsstromes (siehe Kap. 2.7).

Die Gewährleistung schließt Verschleißteile und Verbrauchsmaterial wie Sicherungen, Relais, Schütze und Luftfilter aus.

Transportschäden sind ebenfalls vom Gewährleistungsanspruch ausgeschlossen.

Verpackte Geräte bereits ab einer Höhe von 2 HE unbedingt auf Palette befestigen! Versenden Sie sensible Messgeräte nicht per Paketdienst! Für die Übersendung per Spedition wird empfohlen, die Originalverpackung zu verwenden. Ist die Originalverpackung nicht mehr vorhanden, können Sie diese bei H&H zum Selbstkostenpreis anfordern. Geben Sie dazu den genauen Gerätetyp an.

Der Ort der Gewährleistung ist Konzell, Deutschland. Der Käufer ist verpflichtet, die bemängelte Ware mit genauer Beschreibung der festgestellten Mängel frachtfrei zu übersenden. Für Rückfragen auch Ansprechpartner und Telefonnummer angeben. Unfreie Sendungen werden nicht angenommen.

Bei Durchführung der Garantieleistungen am Ort des Kunden werden die Kosten für An- und Abfahrt in Rechnung gestellt.

Ausgenommen von der Gewährleistung sind:

- Zerstörung des Gerätes durch Spannungen größer als 120 % des Nennspannungsbereiches
- Zerstörungen durch Überstrom in Verpolungsrichtung
- Eingangssicherungen im Laststromkreis
- Beschädigung des I/O-Port durch Überschreiten der angegebenen Grenzwerte
- Änderungen am Gerät durch den Kunden
- Transportschäden
- Schäden durch unsachgemäße Handhabung (Fallenlassen, Flüssigkeitseintritt)

- Aufwand für nicht berechtigte Reklamationen

H&H Service innerhalb der Gewährleistungsfrist

Gewährleistung bei H&H:

- Material und Arbeitszeit werden nicht berechnet.
- Die Instandsetzung erfolgt bei H&H.
- Die Versandkosten zu H&H sind vom Auftraggeber zu tragen.
- Die Kosten für den Rückversand übernimmt H&H (jedoch keine Eil- und Termintransporte!).

Gewährleistung vor Ort:

- Material und anfallende Arbeitszeit vor Ort werden nicht berechnet.
- Die Kosten für An- und Rückreisezeiten, gefahrene Strecken und gegebenenfalls Übernachtung werden in Rechnung gestellt.

Nach Ablauf der Gewährleistungsfrist

Instandsetzung bei H&H:

- Material und Arbeitszeit werden berechnet.
- Die Instandsetzung erfolgt bei H&H.
- Die Versandkosten zu H&H und der Rückversand sind vom Auftraggeber zu tragen.

Instandsetzung vor Ort:

- Material und Arbeitszeit für die Instandsetzung werden berechnet.
- Die Kosten für An- und Rückreisezeiten, gefahrene Strecken und gegebenenfalls Übernachtung werden in Rechnung gestellt.

Anfordern einer RMA-Nummer

Wenn Sie beabsichtigen, das Gerät zur Reparatur an H&H zurückzusenden, müssen Sie eine RMA-Nummer (Return Material Authorization) bei H&H anfordern.
Dies können Sie telefonisch, per E-Mail über support@hoecherl-hackl.com oder über die H&H Homepage www.hoecherl-hackl.de machen.
Geben Sie die RMA-Nummer auf den Rücksendepapieren sowie außen auf der Verpackung der Ware an.

1.17 Entsorgung

Elektrogeräte dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden. Der Endnutzer ist gesetzlich verpflichtet, Altgeräte einer ordnungsgemäßen Entsorgung zuzuführen. Dies kann über kommunale Sammelstellen erfolgen oder durch Rückgabe beim Hersteller, wo sie kostenlos entsorgt werden. Geräte sind entsprechend mit der durchgestrichenen Mülltonne gekennzeichnet.

1.18 Abkürzungen in dieser Bedienungsanleitung

In dieser Anleitung werden folgende Abkürzungen verwendet:

AI	Analog Interface
CC	Constant current – Konstantstrom
CP	Constant power – Konstantleistung
CR	Constant resistance – Konstantwiderstand
CV	Constant voltage – Konstantspannung
DI	Data interface – Datenschnittstelle
DUT	Device under test – Prüfling

GND	Ground – Masse
MSD	Mass storage device – Massenspeicher, z. B. USB-Stick
OCP	Overcurrent protection – Überstrombegrenzung
OPP	Overpower protection – Leistungsbegrenzung
OTP	Overtemperature protection – Temperaturbegrenzung
OTW	Overtemperature warning - Übertemperaturwarnung
OV	Overvoltage – Überspannung
RV	Reverse voltage – Verpolung
UI	User interface – Benutzerschnittstelle
UUT	Unit under test – Prüfling
UVP	Undervoltage protection – Unterspannungsschutz
UV	Undervoltage - Unterspannung

2 Inbetriebnahme

2.1 Bedienelemente Front

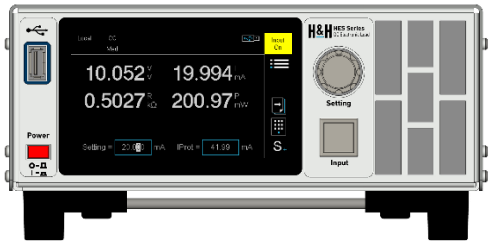


Abbildung 2.1: Frontseite Modell mit ½ 19“, 2 HE

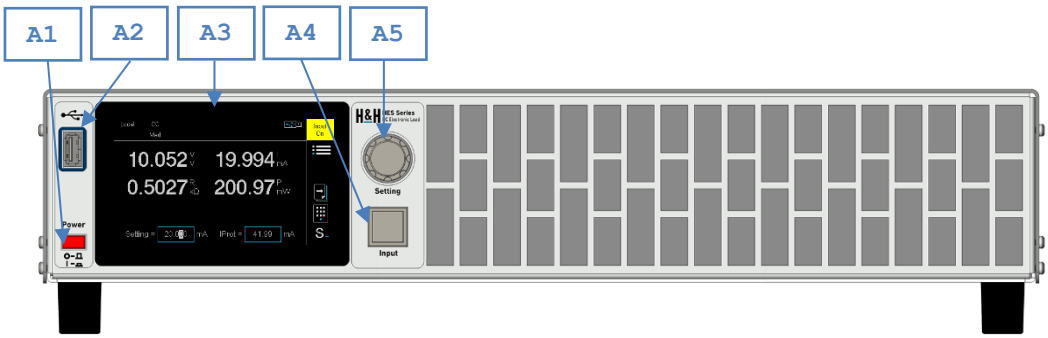


Abbildung 2.2: Frontseite Modell mit 19“, 2 HE

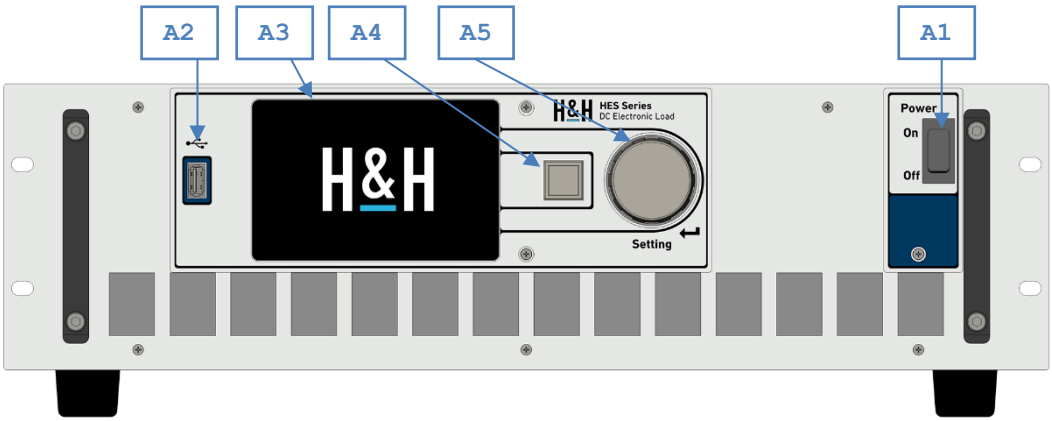


Abbildung 2.3: Frontseite Modell mit 19“, 3 HE

A1	Netzschalter
A2	USB Flash Drive Buchse
A3	Touch Display für Bedienung und Messwertanzeige
A4	Taster für Lasteingang ein/aus
A5	Drehgeber für Einstellungen

Bei Modellen ab 5 HE sind die Bedienelemente wie bei 3 HE-Modellen angeordnet.

2.2 Anschlüsse Rückseite

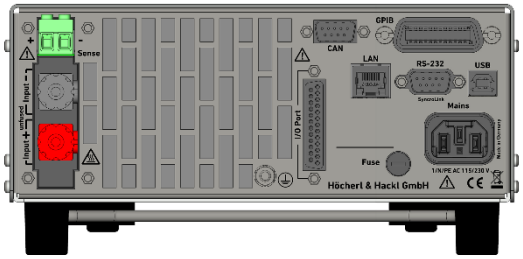


Abbildung 2.4: Rückseite Modell mit ½ 19“, 2 HE

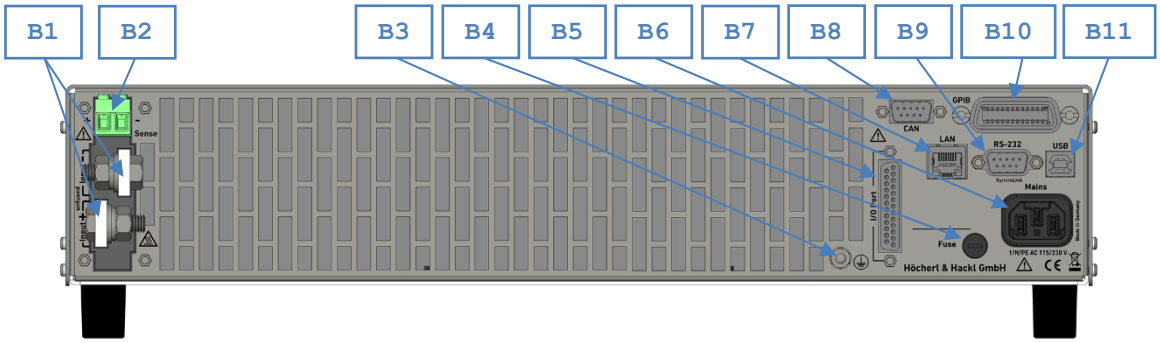


Abbildung 2.5: Rückseite Modell mit 19“, 2 HE

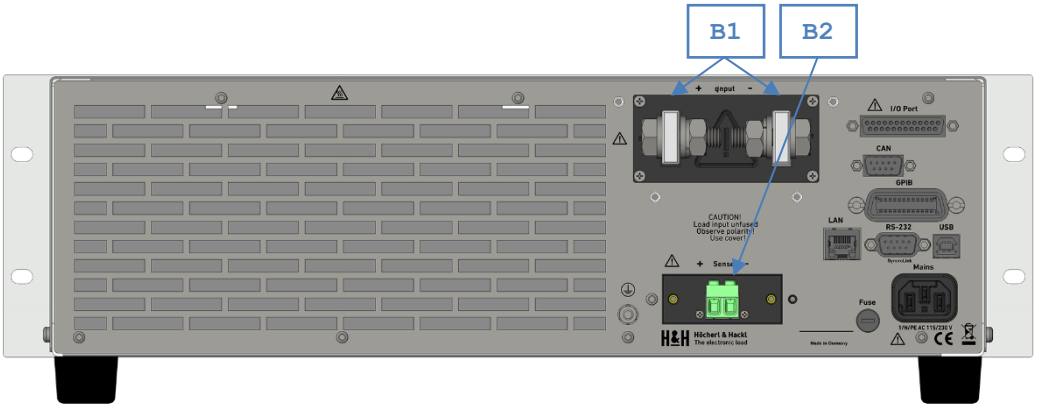


Abbildung 2.6: Rückseite Modell mit 3 HE

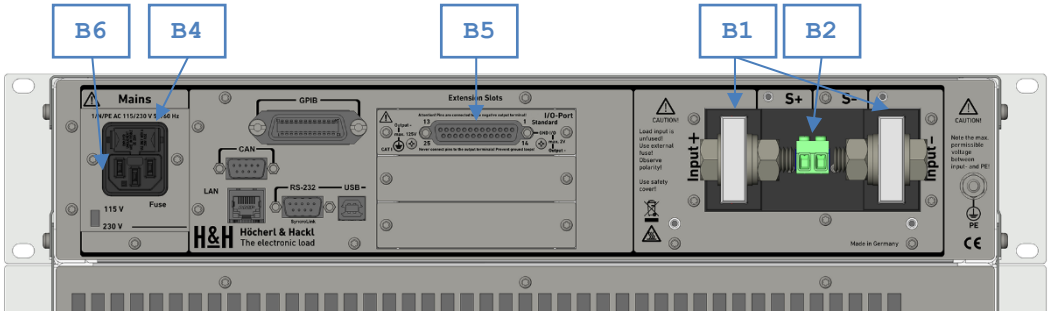


Abbildung 2.7: Rückseite Modell mit >= 5 HE

B1	Lastanschlüsse; 2 bis 3 HE: oben negativ, unten positiv; ab 5 HE: links positiv, rechts negativ
B2	Sense-Anschluss (im Bild mit Gegenstecker): links positiv, rechts negativ
B3	Schutzleiter-Anschluss
B4	Sicherungshalter

B5	I/O-Port-Buchse
B6	Netzspannungsanschlussstecker
B7	Ethernet-Buchse
B8	CAN-Stecker
B9	RS-232-Stecker
B10	GPIB-Buchse (optional)
B11	USB-Buchse

2.3 Anschluss des Prüflings

2.3.1 Sicherheitshinweise zum Anschluss des Prüflings

Bringen Sie die in der Lieferung enthaltene Sicherheitsabdeckung an, bevor Sie die elektronische Last in Betrieb nehmen. Sicherheitsabdeckungen sind als Zubehör bei H&H nachbestellbar. Die Vorgehensweise zum Anbau ist in Kapitel 2.4 beschrieben. Sie können den Berührungsschutz auch durch entsprechenden Einbau in andere Gehäuse, Schränke, etc. gewährleisten.

Wenn die elektronische Last an berührungsgefährlichen Spannungen verwendet wird, vergewissern Sie sich mithilfe eines zweiten Messmittels über die Höhe der angelegten Spannung.

Die maximal zulässigen Grenzwerte für Berührungsschutz sind
für Wechselspannung: 30 V_{eff} / 42,4 V_s
für Gleichspannung: 60 V

Der Lastkreis der elektronischen Last besitzt **KEINE Absicherung**! Schließen Sie eine Sicherung, die Ihrer Anwendung entspricht, zwischen Prüfling und Input+ der elektronischen Last!
Wenn das Potential an Input- der elektronischen Last gegenüber PE erhöht wird, schließen Sie außerdem eine Sicherung in den positiven Ausgangszweig der Quelle, die das Potential erhöht!

Die erlaubte Spannung zwischen negativem Lasteingang und Gehäuse ist den technischen Daten zu entnehmen.

Bevor Sie die zu belastende Spannungsquelle an die elektronische Last anschalten, schalten Sie die Last mit dem Netzschalter A1 ein und den Lasteingang A4 aus!

Leitungen für Input und Sense nur spannungslos an- und abklemmen!

Alle Kabel so verlegen, dass sie keine heißen Oberflächen berühren!

Die in den technischen Daten angegebene maximale Eingangsspannung darf NICHT überschritten werden, auch nicht kurzfristig, weder an den Last- noch an den Sense-Anschlüssen! **Überspannung verursacht einen Kurzschluss ohne jegliche Strombegrenzung!**

Achten Sie auf die richtige Polarität, wenn Sie den Prüfling an die Lasteingänge anschließen!
Verpolung verursacht einen Kurzschluss ohne jegliche Strombegrenzung!

Der rückseitige Schutzleiter-Anschluss B3 muss immer mit der Schutzerde des Gesamtsystems verbunden sein. Dazu eine Anschlussleitung von mindestens 4 mm^2 bei Geräten <= 3 HE und mindestens 10 mm^2 bei Geräten >= 5 HE verwenden.

Der negative Lasteingang (Input -) und der GND des I/O-Ports sind galvanisch miteinander verbunden. Dadurch können am I/O-Port berührungsgefährliche Spannungen entstehen, wenn das Potential am Lasteingang hochgelegt wird.

Eine Serienschaltung mehrerer elektronischer Lasten zur Erhöhung der erlaubten Eingangsspannung ist NICHT zulässig!

Verwenden Sie zum Anschluss nur Kabel mit ausreichendem Querschnitt sowie ausreichender Spannungsfestigkeit. Beachten Sie mögliche erhöhte Ströme, die im Fehlerfall des Gerätes oder Prüflings auftreten können!

2.3.2 Last- und Sense-Leitungen

Der Prüfling wird über die Lastklemmen oder Stromschienen an der Geräterückseite angeschlossen.

Die mit "Input" bezeichneten Klemmen bzw. Schienen sind dabei die stromführenden Eingänge. Die mit "Sense" bezeichneten Klemmen sind reine Messeingänge zur Spannungsmessung.

Beachten Sie bei Geräten mit Kupferschienen als Lasteingang die Schrauben- und Scheibenanordnung in Abbildung 2.11!

Die Sense-Anschlüsse sind intern über einen PTC-Widerstand mit den zugehörigen Lasteingängen verbunden und gegen Verpolung geschützt. Werden die Sense-Anschlüsse nicht beschaltet, misst die Last die Spannung automatisch an den Input-Klemmen.

Die in den technischen Daten angegebenen Genauigkeiten für die Spannungsmessung gelten jedoch nur bei angeschlossenen Sense-Leitungen.

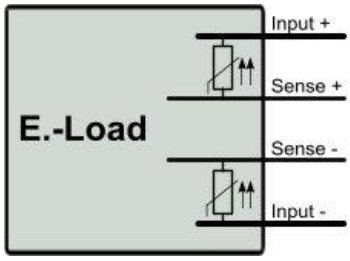


Abbildung 2.8: Interne Beschaltung der Sense-Eingänge

Verdrillen Sie die Last-Leitungen miteinander, um die Induktivität der Zuleitungen zu minimieren. Verdrillen Sie auch die Sense-Leitungen miteinander, jedoch getrennt von den Last-Leitungen, um Einkopplungen durch die Last-Leitungen zu vermeiden.

Die Leitungen sollten 3 m Länge nicht überschreiten.

2.3.3 Anschlussbeispiele

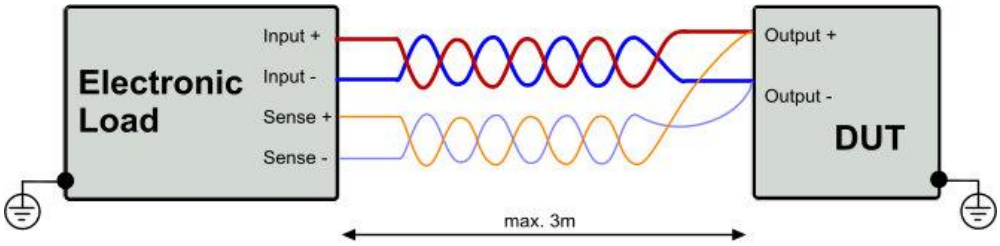


Abbildung 2.9: Anschlussbeispiel für eine Einzelspannung

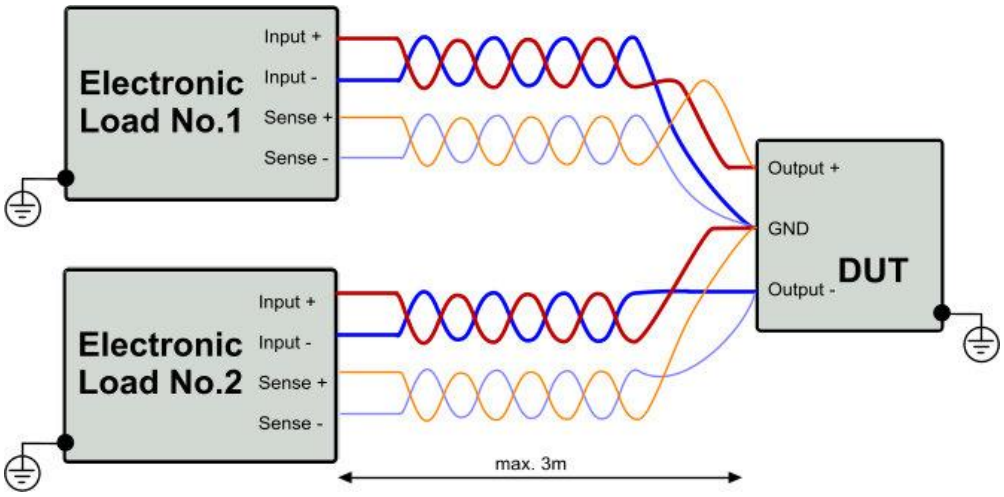


Abbildung 2.10: Anschlussbeispiel für eine bipolare Ausgangsspannung

2.4 Sicherheitsabdeckung montieren

Als Berührungsschutz sind die mitgelieferten Sicherheitsabdeckungen vor der Inbetriebnahme der elektronischen Last anzubringen.
Alle Sicherheitsabdeckungen sind bei H&H nachbestellbar.

Bei Modellen mit Stromschienen gilt die Anordnung der Schrauben und Scheiben in Abbildung 2.11.
Bei hohen Strömen sollten pro Schiene 2 Lastleitungen montiert werden, s. Abbildung 2.11 rechts.

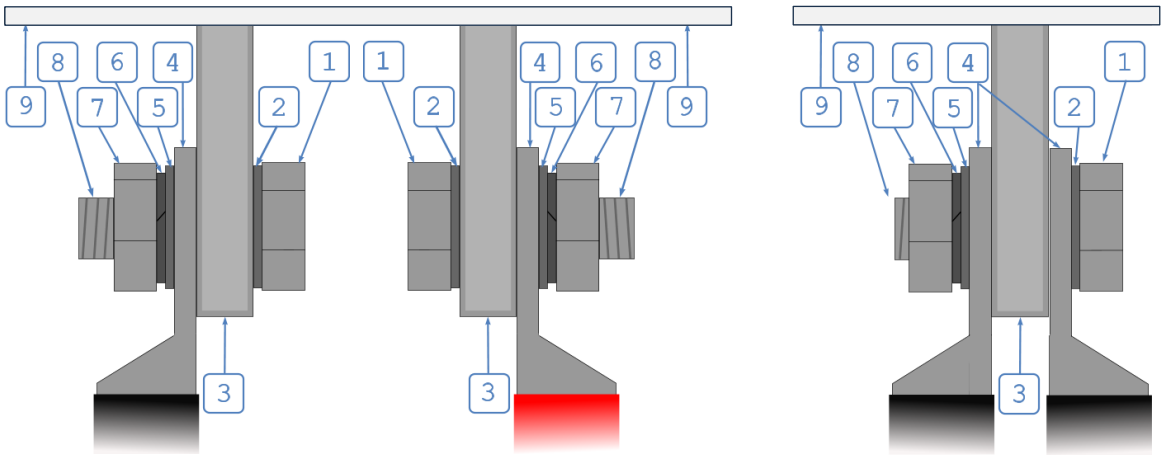


Abbildung 2.11: Schrauben- und Scheibenanordnung an Kupferschienen

1 Schraubenkopf
2 Beilagscheibe
3 Stromschiene
4 Kabelschuh
5 Beilagscheibe
6 Federring
7 Mutter
8 Schraubengewinde
9 Rückwand

2.4.1 Geräte mit 2 HE

Für Geräte mit 2 HE gibt es je nach Lastanschluss verschiedene Abdeckungen:

SAB-HES-2CU	für Kupferschienen
SAB-HES-2PK	für Polklemmen
SAB-HES-2SB	für Sicherheitsbuchsen

2.4.1.1 Abdeckung für Kupferschienen SAB-HES-2CU

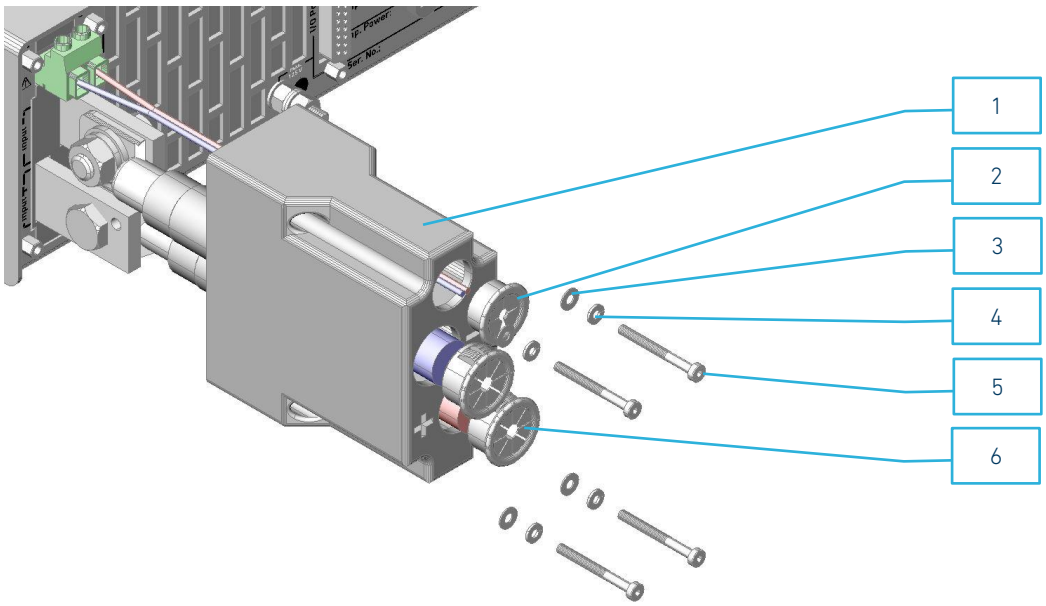


Abbildung 2.12: Bestandteile und Montieren der Sicherheitsabdeckung SAB-HES-2CU

1 1 St. Gehäuse
2 1 St. Kabeldurchführung Sense
3 4 St. Beilagscheibe
4 4 St. Federring
5 4 St. Torx-Schraube M3x30
6 2 St. Kabeldurchführung Last

Die folgenden **Nummern** beziehen sich auf Abbildung 2.12.

1. Last- und Sense-Leitungen von allen Spannungsquellen trennen!
   Elektronische Last von allen Zuleitungen trennen!

2. Lastkabel entsprechend Abbildung 2.11 mit den mitgelieferten Schrauben und Scheiben an die Stromschienen anschließen, so dass sie geradeaus von den Stromschienen weglaufen.

Halten Sie die Schrauben- und Scheibenanordnung in Abbildung 2.11 ein, um die entsprechenden Sicherheitsabstände zu gewährleisten!

3. Mit einem Messer oder Seitenschneider die Kabeldurchführungen 6 so weit aufschneiden, dass die Lastkabel hindurchpassen. Bei dicken Lastkabeln ggf. Kabeldurchführungen weglassen, sofern maximal 2 mm Freiraum zwischen Kabel und Abdeckung sind! Ebenso mit den Kabeldurchführungen für die Sense-Leitungen 2 verfahren.

4. Lose Enden der Lastkabel laut Abbildung 2.12 erst durch die entsprechenden Öffnungen vom Gehäuse 1 und dann durch die Kabeldurchführungen 6 stecken. Auf richtige Polarität achten!

5. Sense-Leitungen an Sense-Klemmen anschließen. Lose Enden durch die obere Öffnung im Gehäuse 1 und dann durch die Kabeldurchführung 2 stecken. Gehäuse mit den Schrauben und

Scheiben 3 4 5 an die Rückwand schrauben. Kabeldurchführungen über die Leitungen schieben und in die Gehäuseöffnungen drücken.

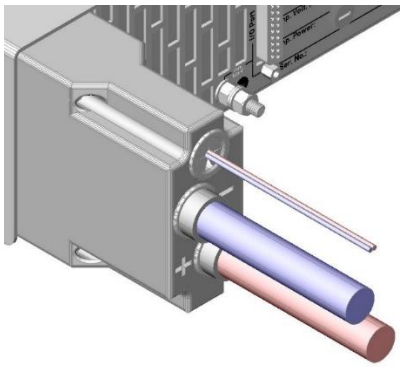


Abbildung 2.13: Fertig montierte Sicherheitsabdeckung SAB-HES-2CU

2.4.1.2 Abdeckung für Polklemmen SAB-HES-2PK, SAB-HES-2SB

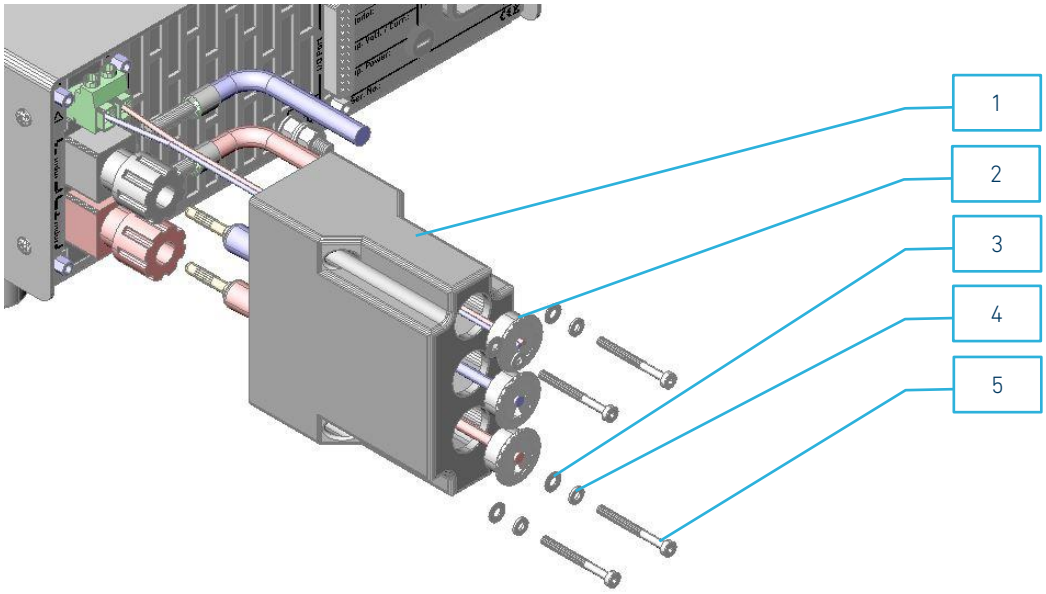


Abbildung 2.14: Bestandteile und Montieren der Sicherheitsabdeckung SAB-HES-2PK/SB

1	1 St. Gehäuse
2	3 St. Kabeldurchführung
3	4 St. Beilagscheibe
4	4 St. Federring
5	4 St. Torx-Schraube M3x30

Die folgenden **Nummern** beziehen sich auf Abbildung 2.14.

1. Last- und Sense-Leitungen von allen Spannungsquellen trennen!
   Elektronische Last von allen Zuleitungen trennen!

2. Lastkabel entsprechend Abbildung 2.14 an den Lasteingang anschließen. Möglich sind 4mm-Bananenstecker oder seitlich eingesteckte, verschraubte, abisolierte Leitungen mit Aderendhülsen oder beide.

3. Mit einem Messer oder Seitenschneider die Kabeldurchführungen 2 so weit aufschneiden, dass die Sense- bzw. Lastkabel hindurchpassen. Bei dicken Lastkabeln ggf. Kabeldurchführungen weglassen, sofern maximal 2 mm Freiraum zwischen Kabel und Abdeckung sind! Wenn Lastkabel seitlich eingesteckt und verschraubt werden, die Sollbruchstellen an der rechten Seite der Abdeckung mit geeignetem Werkzeug vorsichtig ausbrechen.

4. Lose Enden von gesteckten Lastkabeln laut Abbildung 2.14 erst durch die entsprechenden Öffnungen vom Gehäuse 1 und dann durch die Kabeldurchführungen 3 stecken.

5. Gehäuse 1 mit den Schrauben und Scheiben 3 4 5 an die Rückwand schrauben. Kabeldurchführungen 2 über die Leitungen in die Gehäuseöffnungen drücken.

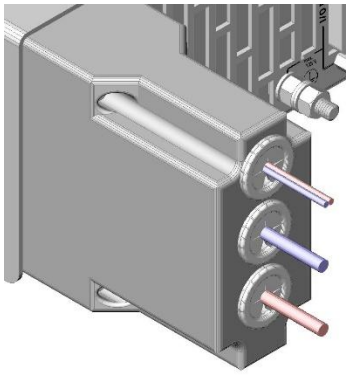


Abbildung 2.15: Fertig montierte Sicherheitsabdeckung SAB-HES-2PK/SB

2.4.2 Geräte mit 3 HE

Für Geräte mit 3 HE gibt es zur Abdeckung der Lastanschlüsse die Sicherheitsabdeckung SAB-HES-3 und für die Sense-Anschlüsse die Abdeckung SAB-HES-3S.

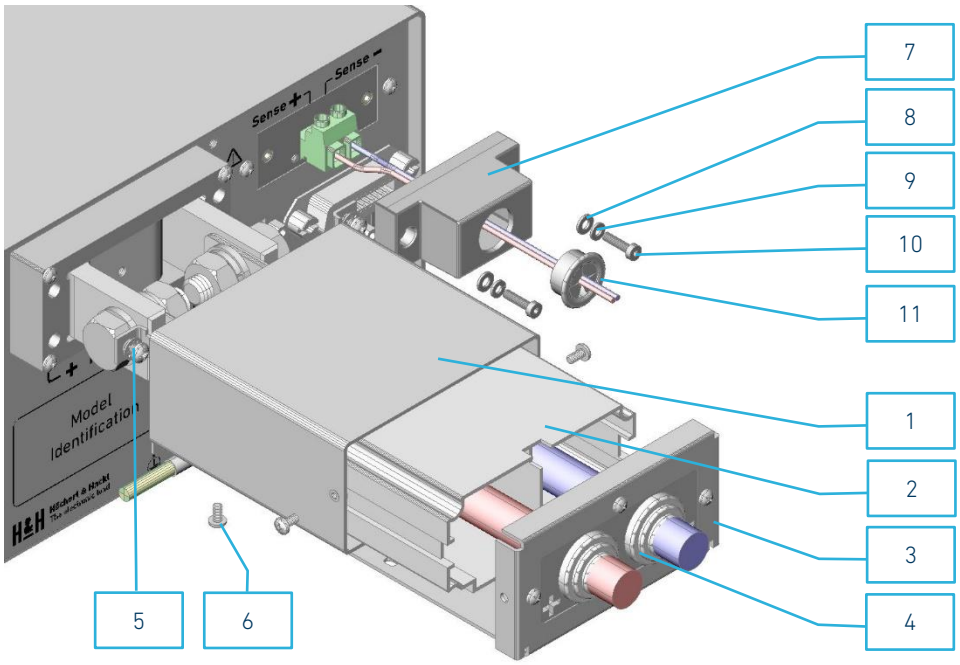


Abbildung 2.16: Bestandteile und Montieren der Sicherheitsabdeckung SAB-HES-3 und SAB-HES-3S

Sicherheitsabdeckung für Lasteingang SAB-HES-3

1 1 St. Grundgehäuse
2 1 St. Isolationshülle
3 1 St. Deckel
4 2 St. Kabeldurchführung
5 4 St. Torx-Schraube M4x8 mit Kontaktscheibe (beigelegt)
6 4 St. Torx-Schraube M3x5

Sicherheitsabdeckung für Sense-Anschlüsse SAB-HES-3S

7	1 St. Gehäuse
8	2 St. Beilagscheibe M3
9	2 St. Federring M3
10	2 St. Torx-Schraube M3x12
11	1 St. Kabeldurchführung

Die folgenden **Nummern** beziehen sich auf Abbildung 2.16.

1. Last- und Sense-Leitungen von allen Spannungsquellen trennen!
   Elektronische Last von allen Zuleitungen trennen!

2. Lastkabel entsprechend Abbildung 2.11 mit den mitgelieferten Schrauben und Scheiben an die Stromschienen anschließen, so dass sie geradeaus von den Stromschienen weglaufen.

Halten Sie die Schrauben- und Scheibenanordnung in Abbildung 2.11 ein, um die entsprechenden Sicherheitsabstände zu gewährleisten!

3. Die 4 Schrauben 6 (2 seitlich, 2 von unten), die Grundgehäuse 1 und Deckel 3 zusammenhalten, lösen.

4. Grundgehäuse 1 mit den 4 mitgelieferten Schrauben 5 an die Rückwand schrauben.

5. Mit einem Messer oder Seitenschneider die Kabeldurchführungen 4 so weit aufschneiden, dass die Lastkabel hindurchpassen. Bei dicken Lastkabeln ggf. Kabeldurchführungen weglassen, sofern maximal 2 mm Freiraum zwischen Kabel und Abdeckung sind!

6. Isolationshülle 2 über die losen Enden der Lastkabel in das Basisgehäuse 1 hineinschieben.

7. Lose Enden der Lastkabel durch die Kabeldurchführungen 4 stecken. Auf richtige Polarität achten! Die Elemente der Abdeckung wie in Abbildung 2.16 zusammenschieben und wieder mit den zuvor gelösten Schrauben 6 verschrauben.

8. Sense-Leitungen an Sense-Klemmen anschließen. Lose Enden durch das Gehäuse 7 und die Kabeldurchführung 11 stecken. Gehäuse mit den Schrauben und Scheiben 8 9 10 an die Rückwand schrauben. Kabeldurchführung ins Gehäuse drücken.

Bringen Sie die Sense-Abdeckung an, auch wenn keine Sense-Leitungen benutzt werden!

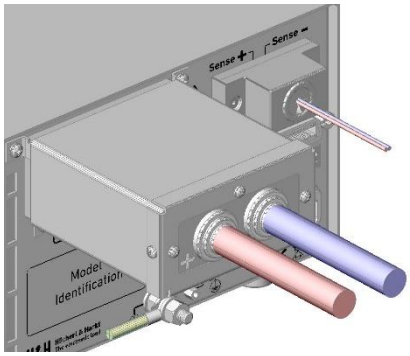


Abbildung 2.17: Fertig montierte Sicherheitsabdeckung SAB-HES-3/3S

2.4.3 Geräte ab 5 HE

Für Geräte ab 5 HE gibt es die Sicherheitsabdeckung SAB-HES-5.

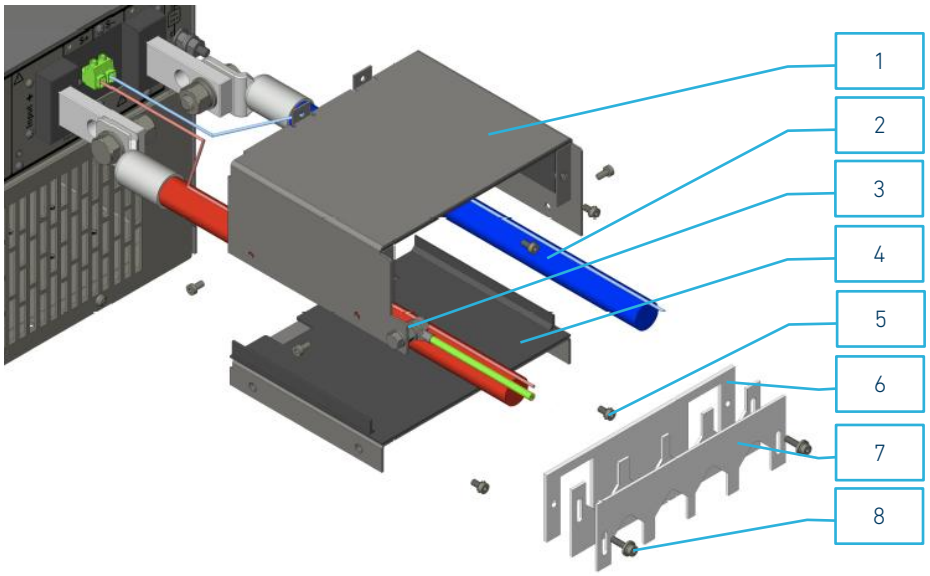


Abbildung 2.18: Montieren der Sicherheitsabdeckung SAB-HES-5

1 1 St. Abdeckhaube
2 2 St. Lastkabel mit Kabelschuh (nicht im Standard-Lieferumfang enthalten)
3 Anschluss für Schutzleiter
4 1 St. Bodenplatte
5 4 St. Torx-Schraube M4x8 mit Kontaktscheibe (beigelegt)
6 1 St. Abdeckblende
7 2 St. Abdeckschieber
8 2 St. Torx-Schraube M4x16 mit Federring und Beilagscheibe

Die folgenden **Nummern** beziehen sich auf Abbildung 2.18.

1. Abdeckschieber 7 von der vormontierten Box entfernen.

2. Lastkabel von allen Spannungsquellen trennen!
   Elektronische Last von allen Zuleitungen trennen!

3. Falls an den Markierungen in Abbildung 2.19 Schrauben sitzen, diese von der Rückwand lösen und entsorgen.

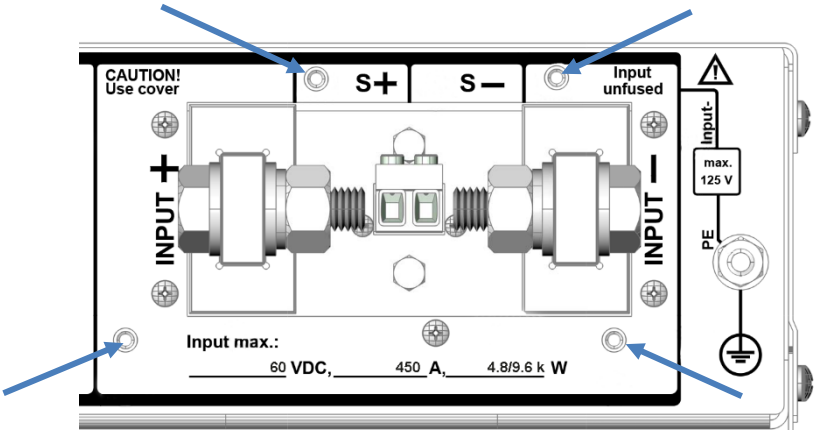


Abbildung 2.19: Schrauben an diesen Stellen entfernen

4. Lastkabel entsprechend Abbildung 2.11 und Abbildung 2.18 mit den mitgelieferten Schrauben und Scheiben an die Stromschienen anschließen.

Halten Sie die Schrauben- und Scheibenanordnung in Abbildung 2.11 ein, um die entsprechenden Sicherheitsabstände zu gewährleisten!

5. Demontierte Abdeckung von hinten über die Lastkabel und den Anschlussblock stülpen. Abdeckung mit den mitgelieferten Schrauben 5 an der Rückwand verschrauben.

6. Abdeckschieber wie in Abbildung 2.20 an der Rückseite der Abdeckung montieren, so dass diese die Kabel so eng wie möglich umschließen.

7. Gehäuse an der Schraube am linken Seitenteil der Sicherheitsabdeckung mit der Schutzerde des Gesamtsystems verbinden. Dazu eine Schutzleiter-Anschlussleitung von mindestens 4 mm^2 verwenden. Anordnung der Scheiben und Muttern s. Abbildung 2.21.

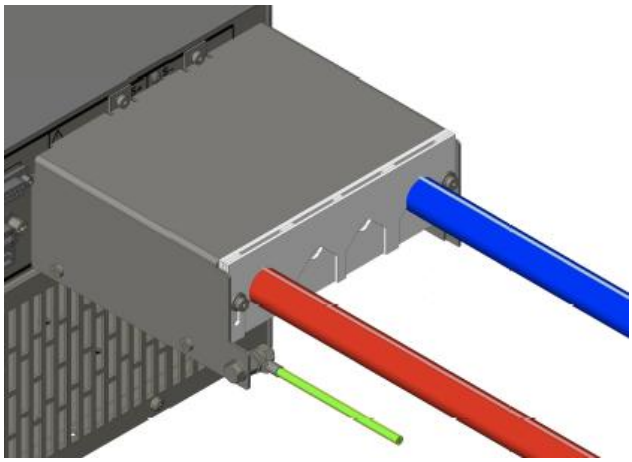


Abbildung 2.20: Fertig montierte Sicherheitsabdeckung SAB-HES-2PK/SB

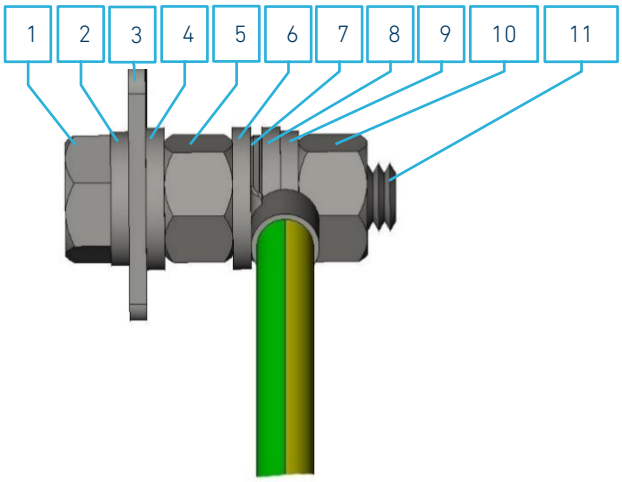


Abbildung 2.21: Anordnung der Muttern und Scheiben am Schutzleiteranschluss der Sicherheits-abdeckung

1	Schraubenkopf
2	Federring
3	Seitenteil der Abdeckung
4	Federring
5	Mutter
6	Beilagscheibe
7	Kabelschuh
8	Beilagscheibe
9	Federring
10	Mutter
11	Schraubengewinde

2.4.4 Lastanschlüsse und Sicherheitsabdeckung entfernen

1. Last- und Sense-Leitungen von allen Spannungsquellen trennen!
   Elektronische Last von allen Zuleitungen trennen!
2. Erst danach die Sicherheitsabdeckung von der elektronischen Last abschrauben und ggf. die Last- und/oder Sense-Leitungen vom Gerät trennen.

2.5 Zulässige Potentiale an den Geräteanschlüssen

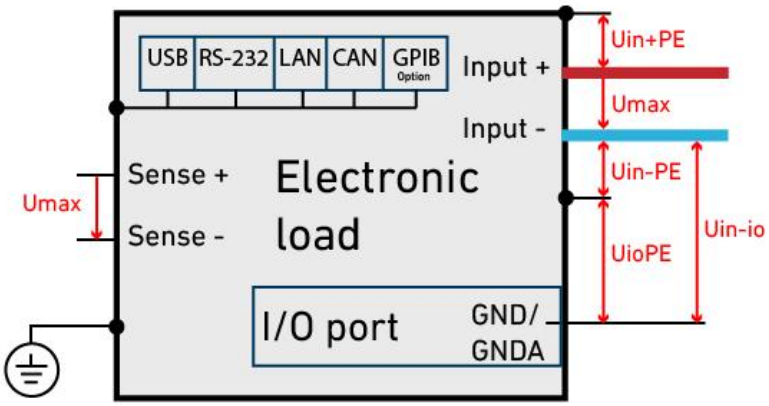


Abbildung 2.22: Spannungen an den Geräteanschlüssen

Die maximal erlaubten Potentiale/Spannungen sind in den technischen Daten angegeben. Sie dürfen nie überschritten werden – auch nicht im Fehlerfall!

Mit einem isolierten I/O-Port (Option HES06) gelten z. T. höhere Maximalspannungen als mit einem Standard-I/O-Port. Wenn Sie nicht wissen, ob ein Standard- oder ein isolierter I/O-Port in Ihrem Gerät eingebaut ist, sehen Sie im Menü „Technical Data“ nach: *Main Menu -> Technical data*

Potential an den Datenschnittstellen
Alle Datenschnittstellen (USB, RS-232, LAN, CAN und GPIB) sind mit dem Schutzleiteranschluss verbunden.

Schutzleiter-Anschluss
Den rückseitigen Schutzleiter-Anschluss B3 immer mit der Schutzerde des Gesamtsystems verbinden!

2.6 Betriebsbereich

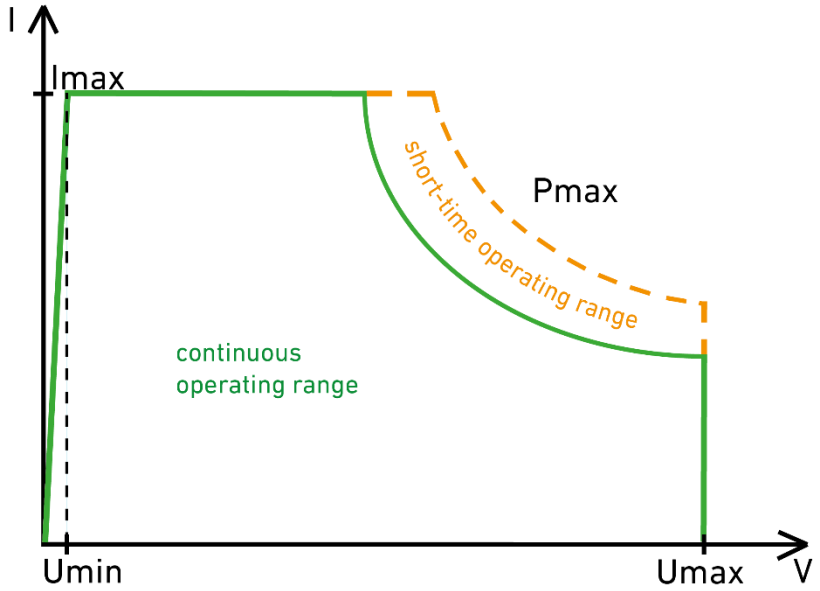


Abbildung 2.23: Betriebsbereich

Der Betriebsbereich der elektronischen Last wird durch ihre minimale und maximale Eingangsspannung, den maximalen Strom und die maximale Leistungsaufnahme bestimmt. Die zutreffenden Grenzwerte sind in den technischen Daten in der Datei TechDat_HES_*dn*.PDF (*dn* = Gerätenummer, siehe 1.4.3 Identifikation des Produkts) auf einem mitgelieferten USB-Stick zu finden.

Bei verringertem Laststrom können auch Spannungen, die unter der minimalen Eingangsspannung liegen, noch belastet werden.

2.7 Schutzfunktionen und Meldungen

Überstromschutz OCP
In den Betriebsarten Spannung, Leistung und Widerstand kann eine obere Strombegrenzung wirksam werden. Die Funktion der einstellbaren Strombegrenzung ist in 4.3.1 Überstrombegrenzung beschrieben.

Überspannungsanzeige OV
Wird eine Eingangsspannung höher als 105 % der Nennspannung an den Lasteingang angelegt, wird dies durch den Status "OV" angezeigt.

Überspannung verursacht einen Kurzschluss ohne jegliche Strombegrenzung!
- ➢ Die in den technischen Daten angegebene maximale Eingangsspannung darf nie überschritten werden, auch nicht kurzfristig!

Der Lastkreis der elektronischen Last besitzt keine Absicherung!
- ➢ Schließen Sie eine Sicherung, die Ihrer Anwendung entspricht, zwischen Prüfling und Input+ der elektronischen Last, wie in Abbildung 2.24 gezeigt!
- ➢ Beachten Sie die Hinweise in 2.3.1 Sicherheitshinweise zum Anschluss des Prüflings!

Unterspannungsanzeige UV
Wenn die Eingangsspannung zu gering ist, so dass die elektronische Last nicht mehr in der Lage ist, den eingestellten Strom aufrechtzuerhalten, meldet die elektronische Last einen "UV"-Fehler.

Unterspannungsschutz UVP
In den Betriebsarten Strom, Leistung und Widerstand kann ein Unterspannungsschutz wirksam werden. Die Funktion des einstellbaren Unterspannungsschutzes ist in 4.3.2 Unterspannungsschutz beschrieben.

Verpolungsanzeige RV (nicht bei HES ZV!)
Ab einer Eingangsspannung kleiner -0,5 V zeigt die elektronische Last "RV" an.

Verpolung verursacht einen Kurzschluss ohne jegliche Strombegrenzung! Dadurch kann die elektronische Last zerstört werden.
Schäden an der elektronischen Last, die durch Verpolung hervorgerufen wurden, unterliegen nicht der Gewährleistung!

- Achten Sie auf die richtige Polarität, wenn Sie den Prüfling an die Lasteingänge anschließen!
- Wir empfehlen, wie in Abbildung 2.24 gezeigt, zusätzlich eine Verpoldiode zum Schutz des Prüflings und des Gerätes extern in den Lastkreis einzuschleifen.
- Beachten Sie die Hinweise in 2.3.1 Sicherheitshinweise zum Anschluss des Prüflings!

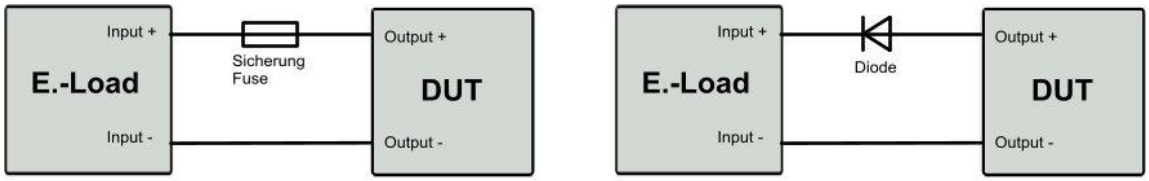


Abbildung 2.24: Verpolschutz durch Sicherung (links) oder Diode (rechts)

Leistungsbegrenzung OPP
Zum Schutz der eingebauten Leistungsstufe überwacht die Leistungsbegrenzung die aufgenommene Leistung und begrenzt den Laststrom so, dass ca. 110 % der zulässigen Leistung erreicht werden.

Wenn die Leistungsbegrenzung aktiv ist, meldet die elektronische Last einen "OPP"-Fehler.

Das Gerät nimmt bei aktiver Leistungsbegrenzung die Regelung des Sollwertes erst wieder auf, wenn sich die Leistungsaufnahme im zulässigen temperaturabhängigen Bereich befindet.

Je nach Gerätetyp lässt die Leistungsbegrenzung bei kalter Leistungsstufe eine erhöhte Kurzzeitleistung zu.
Die mögliche Dauer und Höhe der Überlastung hängen von der Temperatur der Leistungsstufe ab, und damit also von der vorhergegangenen Belastung. Bei kalter elektronischer Last ist maximale Überlastbarkeit gegeben.
Wurde die elektronische Last vorher mit Nennleistung beaufschlagt, so dass die Leistungsstufe die Maximaltemperatur erreicht hat, dann ist keine Überlastbarkeit mehr möglich. Die Endstufe benötigt eine gewisse Zeit zur Abkühlung.
Die momentan mögliche Kurzzeitleistung ist mit dem Befehl `POWer:PEAK?` abfragbar, s. 5.11.11 POWer Subsystem
Die Höhe der maximalen Kurzzeitleistung Ihrer elektronischen Last ist in den technischen Daten angegeben.

Übertemperaturschutz OTP
Zum Schutz der eingebauten Leistungstransistoren befindet sich auf der Leistungsstufe ein Temperatursensor, der laufend die Temperatur misst. Überschreitet die Temperatur den zulässigen Maximalwert, wird der Stromfluss unterbrochen.
Nach Abkühlen der Leistungsstufe wird der Lasteingang automatisch wieder zugeschaltet.

Im Falle einer Übertemperaturabschaltung zeigt die elektronische Last "OTP" an.

Übertemperaturwarnung OTW
Wenn sich die Temperatur der Leistungsstufe dem Abschaltpunkt nähert, wird die Übertemperaturwarnung aktiv, ohne den Lasteingang abzuschalten.

Im Falle einer Übertemperaturwarnung zeigt die elektronische Last "OTW" an.

2.8 Einschalten des Gerätes

Ist das Gerät ordnungsgemäß aufgestellt, an B3 mit der Schutzerde verbunden und an das erforderliche Spannungsnetz angeschlossen, können Sie es mit A1 einschalten.

Nach dem Einschalten durchläuft das Gerät die Initialisierungsfunktion. Diese dauert ca. 5 Sekunden und lässt keine Eingaben zu. Danach ist die elektronische Last betriebsbereit.

Die Einstellungen nach dem Einschalten sind identisch mit den Einstellungen nach einem Reset, sofern nach dem Einschalten keine anwenderspezifischen Einstellungen einer Speicherposition geladen werden (siehe 4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden).

Kontrollieren Sie bei der Inbetriebnahme Datum und Uhrzeit der elektronischen Last und stellen Sie beide gegebenenfalls im folgenden Dialog ein:
Menü *Main Menu -> Configuration -> Time and Date*

3 Grundlagen der lokalen Bedienung

3.1 Bedienelemente

3.1.1 Netzschalter

Mit dem Netzschalter A1 schalten Sie die elektronische Last ein und aus. In gedrückter Position (|) ist das Gerät eingeschaltet. In ungedrückter Position (O) ist das Gerät ausgeschaltet.

3.1.2 USB-Buchse

3.1.2.1 USB-Stick

An die USB-Buchse A2 (USB Embedded Host-Schnittstelle) können FAT16- und FAT32-formatierte USB-Sticks (Mass Storage Devices) angeschlossen werden. Ein angeschlossener und vollständig enumerierter USB-Stick wird durch ein USB-Symbol in der Statusleiste (s. 3.2 Aufbau des Touchscreens) gezeigt.

Die USB-Schnittstelle wird für folgende Funktionen verwendet:

- Messdatenaufzeichnung
- Import von Sollwerten für die Ausführung eines Lastprofils
- Export von Messdaten aus dem internen Speicher
- Export/Import von Geräteeinstellungen
- Export/Import des Benutzerhandbuchs aus dem/in den internen Speicher
- Aktualisieren der Firmware

Folgende USB-Sticks wurden getestet:

- Intenso Alu Line USB2.0 4 GB
- Intenso Alu Line USB2.0 32 GB
- Intenso Speed Line USB3.0 8 GB
- Intenso Ultra Line USB3.0 32 GB
- Sandisk Ultra USB 3.0 64 GB
- Transcend Jetflash 700 USB 3.1 64 GB

- Verbatim Onestripe USB 3.0 128 GB

Nur FAT16- und FAT32-formatierte USB-Sticks können verwendet werden. exFat- und NTFS-formatierte USB-Sticks sind nicht kompatibel. MS Windows bietet ab 64 GB USB-Sticks nur noch die Möglichkeit NTFS und exFAT zu formatieren. Verwenden Sie daher ein geeignetes Formatierungs-Tool.

Grundsätzlich sollten auch andere USB-Sticks kompatibel sein, jedoch kann H&H dies nicht garantieren.

3.1.2.2 USB-Maus

Zur einfacheren Bedienung der Last im Laborbetrieb kann an die USB-Buchse A2 (USB Embedded Host-Schnittstelle) eine kabelgebundene Standard-Maus angeschlossen werden. Die Betätigung der linken Maustaste entspricht dabei einem normalen Touch Event. Wenn ein Eingabefeld (s. 3.5.3) fokussiert ist, kann die markierte Dezimalstelle mit Hilfe des Mausrads verändert werden. Durch Drücken des Mausrads wird der blinkende Cursor eine Stelle nach links verschoben. Das Mausrad hat somit die gleiche Funktion wie der Drehgeber „Setting“ (s. 3.1.5).

Bei der Verwendung einer Maus kann kein USB-Stick mehr angeschlossen werden. Die USB-Schnittstelle unterstützt keinen USB-Hub.

3.1.3 Touchscreen

Der grafische Touchscreen A3 ist das Kernelement der Benutzerschnittstelle und dient der einfachen Bedienung des Geräts. Er wird für die Anzeige der Mess- und Stellwerte, für die Menünavigation und die Konfiguration des Geräts und dessen Funktionen verwendet. S. 3.2 Aufbau des Touchscreens.

3.1.4 Taste „Input“

Die "Input"-Taste A4 dient zum Ein- oder Ausschalten des Lasteingangs. Der Aktivierungszustand für den Lasteingang wechselt mit jedem Drücken der Taste zwischen den Zuständen „ein“ (ON) und „aus“ (OFF).

3.1.5 Drehgeber „Setting“

Der Drehgeber A5 dient zum Ändern von Zahlenwerten in Eingabefeldern. Drehen im Uhrzeigersinn inkrementiert die mit einem blinkenden Cursor markierte Dezimalstelle. Drehen entgegen dem Uhrzeigersinn dekrementiert die Dezimalstelle. Das Drücken des Drehgebers verschiebt den blinkenden Cursor um eine Dezimalstelle nach links.

3.1.6 Summer

Der Summer dient zur akustischen Signalisierung

- eines Fehlerereignisses (für jedes Ereignis wird ein kurzer Piepton erzeugt)
- eines Alarms bei kritischen Systemzuständen (teilweise einstellbar)
- einer Drehgebereingabe (einstellbar)

3.2 Aufbau des Touchscreens

Der Touchscreen dient zur Interaktion des Benutzers mit dem Gerät und gliedert sich in 4 Bereiche.

Abbildung 3.1: Gliederung des Touchscreens

1. Hauptbereich
2. rechte Seitenleiste
3. Statusleiste
4. linke Seitenleiste – nur bei HES MR

Außerdem werden auf dem Touchscreen bei spezifischen Ereignissen Pop-Up-Fenster eingeblendet, um dem Benutzer zusätzliche Informationen zukommen zu lassen. Siehe 3.6 Pop-up-Fenster.

3.2.1 Hauptbereich

In diesem Bereich werden die verschiedenen Haupt-, Menü- und Dialogfenster angezeigt.

3.2.1.1 Hauptfenster

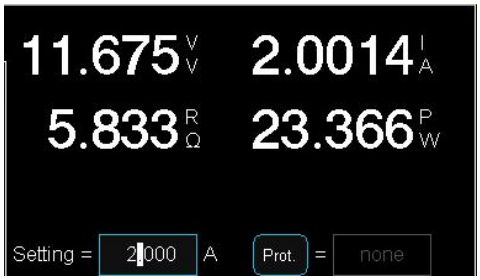


Abbildung 3.2: Hauptfenster

Das Hauptfenster stellt je nach gewählter Ansicht unterschiedliche Messwerte dar und erlaubt die Änderung von wichtigen Sollwerten, die sofort wirksam werden.

Das Hauptfenster wird nach dem Einschalten der elektronischen Last angezeigt und kann in einem Menü- oder Dialogfenster durch Drücken der folgenden Schaltfläche aufgerufen werden:

3.2.1.2 Menüfenster

Abbildung 3.3: Menüfenster

Ein Menüfenster ermöglicht das Öffnen eines weiteren Menü- oder Dialogfensters. Jedes Menüfenster enthält Menü-Einträge in Form von Symbolen, die per Berührung über den Touchscreen auswählbar sind. Wenn mehr als 8 Menüeinträge vorhanden sind, kann das Menü mit vertikalen Wischbewegungen gescrollt werden.

Durch Drücken der Schaltfläche "Esc" wird das aktuelle Menüfenster geschlossen und in das vorherige Menü- oder Hauptfenster gewechselt.

Eine Übersicht der einzelnen Menüeinträge finden Sie im Kapitel 3.7 Menüstrukturplan.

3.2.1.3 Dialogfenster

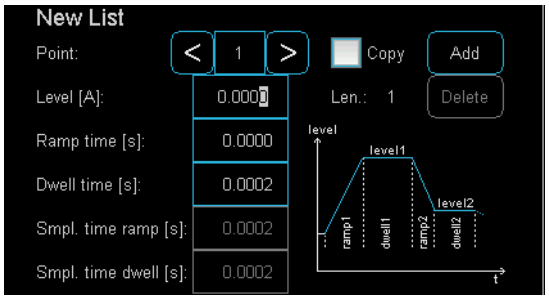


Abbildung 3.4: Dialogfenster

Dialogfenster ermöglichen das Betrachten und Anpassen von Einstellungen für Funktionen mittels verschiedenen grafischen Bedienelementen.

Mit Hilfe der Schaltflächen "OK" oder "Esc" wird das Dialogfenster verlassen. "OK" übernimmt dabei die Änderungen, während "Esc" die Änderungen verwirft.

Beschreibung der grafischen Bedienelemente: 3.5 Grafische Bedienelemente.

3.2.2 Rechte Seitenleiste

Abbildung 3.5: Rechte Seitenleiste

In dieser Leiste werden wichtige Schaltflächen für die Navigation und Schnellbedienung angezeigt (z.B. Menü, virtuelle Tastatur usw.).

Symbole der rechtenSeitenleiste: 3.4 Grafische Bedienelemente für die Navigation.

3.2.3 Statusleiste

Abbildung 3.6: Statusleiste

In der Statusleiste werden Betriebszustände und Statussignale unabhängig von Menü- und Dialogfenstern angezeigt. Beispiele:

- Ansteuerquelle (Local, RS-232, USB, CAN, LAN, GPIB)
- Aktivierungszustand des Lasteingangs (On, Off)
- Betriebsart der Regelung (CC, CV, CR, CP)
- Aktivierungszustand der externen Steuerung über den I/O-Port (extern)
- Operation, Questionable, Function und Service Status
- Zustand des Fehlerspeichers (ERR)
- Steuerung einer Funktion durch die Benutzerschnittstelle(f(x))
- Aktivierte Tastensperre (L oder R)
- Enumerierter USB-Stick ( )

Detaillierte Beschreibung der angezeigten Statussignale: 5.11.17 STATus Subsystem.

Durch Antippen der Statusleiste öffnet sich das Statusfenster, in dem alle aktiven Statussignale in einer Tabelle aufgelistet sind (siehe 3.6.7 Statusübersicht).

3.2.4 Linke Seitenleiste

Abbildung 3.7: Linke Seitenleiste

Bei Mehrbereichsgeräten HES MR bietet die linke Seitenleiste bis zu 4 Schaltflächen zum schnellen Umschalten des Einstellbereiches. Ganz oben wird der aktive Bereich angezeigt.

3.3 Hauptansichten

Die Hauptansichten werden üblicherweise während der Belastung eines Prüflings angezeigt. Sie liefern einen Überblick über wichtige Messwerte und deren Verlauf und erlauben die Eingabe von Sollwerten.

3.3.1 Hauptansicht mit numerischen Messwerten

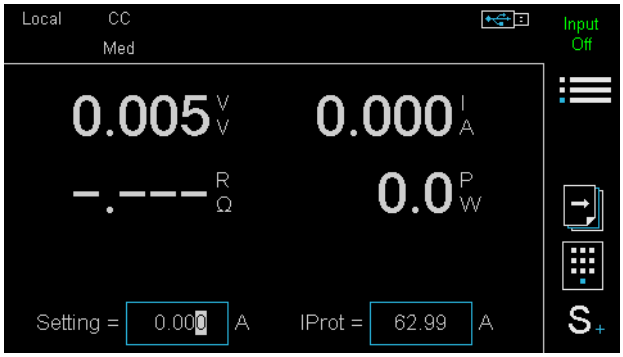


Abbildung 3.8: Hauptansicht

In dieser Hauptansicht werden folgende Messwerte angezeigt:

- Eingangsspannung (in Volt)
- Eingangsstrom (in Ampere)
- Eingangswiderstand (in Ohm)
- Eingangsleistung (in Watt)

Außerdem können hier der Sollwert für die Regelung und die Strom- bzw. Spannungsbegrenzung während der Belastung verändert werden. Änderungen dieser Werte werden unmittelbar übernommen.

3.3.2 Hauptansicht Yt-Graph

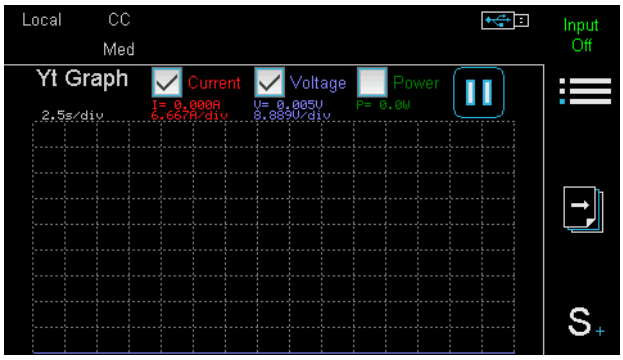


Abbildung 3.9: Yt-Graph

In dieser Hauptansicht wird der zeitliche Verlauf von gemessenen Strom-, Spannungs- und Leistungssignalen dargestellt. Die Eigenschaften der dargestellten Graphen können nach dem Tippen auf das Zahnradsymbol in einem Popup-Fenster angepasst werden. Mit der Pause-Taste in der rechten oberen Ecke wird die Aktualisierung dieser Anzeige pausiert. Ein erneutes Drücken dieser Taste führt die Messwertaufzeichnung lückenlos fort.

3.3.3 Funktionsspezifische Hauptansichten

Für wichtige Funktionen gibt es funktionsspezifische Hauptansichten, die bei aktivierter Funktion wichtige Mess- und Statuswerte anzeigen sowie die Änderung wichtiger Sollwerte erlauben. Änderungen dieser Werte werden unmittelbar übernommen.

Abhängig von der Funktion kann deren Ausführung mit der Shortcut-Kombination S+ -> Start gestartet und mit S+ -> Stop beendet werden (siehe 3.4.7 Symbol für Shortcut-Auswahl).

3.4 Grafische Bedienelemente für die Navigation

Grafische Bedienelemente für die Navigation werden abhängig vom angezeigten Fenster im Hauptbereich in der rechten Seitenleiste angezeigt. Sie ermöglichen die Navigation zwischen Haupt-, Menü- und Dialogfenstern.

3.4.1 Symbol für Hauptmenü

Dieses Symbol wird bei aktiven Hauptfenstern eingeblendet und ermöglicht das Öffnen des Hauptmenüs.

3.4.2 Symbol für Hauptfenster

Dieses Symbol wird mit den meisten Menü- und Dialogfenstern angezeigt. Es erlaubt den direkten Wechsel in das Hauptfenster. Änderungen in Dialogfenstern werden dabei verworfen.

3.4.3 Symbol für Hauptansicht

Dieses Blättern-Symbol wird angezeigt, wenn verschiedene Ansichten im Hauptfenster vorhanden sind und eine Umschaltung möglich ist (siehe 3.3 Hauptansichten).

3.4.4 Symbol für virtuelle Tastatur

Dieses Symbol wird immer dann eingeblendet, wenn sich ein Eingabefeld im Bearbeitungsmodus befindet. Es erlaubt die direkte Eingabe eines numerischen Dezimal- oder Gleitkommawerts.

3.4.5 OK Symbol

Dieses Symbol wird hauptsächlich mit Dialogfenstern angezeigt, in denen Änderungen an Sollwerten möglich sind. Nach dem Drücken dieses Symbols werden die Änderungen übernommen und das vorherige Fenster angezeigt.

3.4.6 Esc Symbol

Dieses Symbol wird hauptsächlich mit Menü- und Dialogfenstern angezeigt und dient zum Verlassen des Fensters. Änderungen in Dialogfenstern werden verworfen.

3.4.7 Symbol für Shortcut-Auswahl

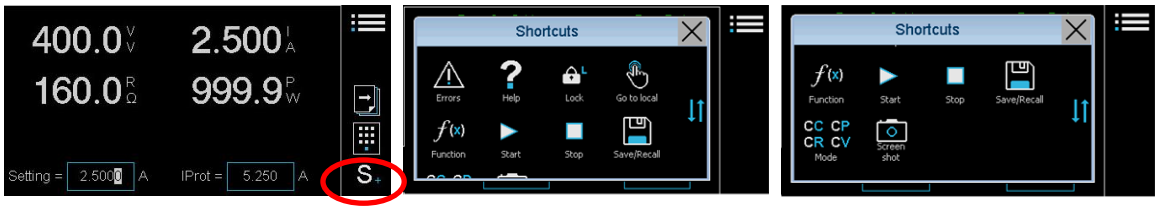


Abbildung 3.10: Shortcut-Symbol (links) und Shortcut-Liste

Das Shortcut-Symbol wird mit Haupt-, Menü- und Dialogfenstern angezeigt. Es öffnet ein Fenster, welches das schnelle Auswählen wichtiger Funktionen und Dialogfenster ermöglicht.

- Anzeige der Einträge im Fehlerspeicher
- Anzeige der Hilfe für das aktuelle Dialog- oder Menüfenster
- Tastensperre für den lokalen Betrieb
- Verlassen des Fernsteuerbetriebs und Wechsel in den lokalen Betrieb
- Aufruf des Function Menüs
- Starten einer voreingestellten Funktion
- Stoppen einer laufenden Funktion
- Wahl des Einstellbereichs (bei MR-Modellen)
- Aufruf des Dialogfensters "Save/Recall"
- Aufruf des Menüfensters "Mode"
- Erzeugung eines Screenshots auf einem angeschlossenen USB-Stick

3.5 Grafische Bedienelemente für Ein- und Ausgabe

Grafische Bedienelemente für die Ein- und Ausgabe kommen in den Haupt- und Dialogfenstern vor und werden für die Interaktion mit dem Gerät verwendet. Sie sind durch blaue Umrahmungen, blaue Bereiche im Symbol oder blaue Nuancen gekennzeichnet.

3.5.1 Messwertanzeige

Die Messwertanzeige stellt einen formatierten Messwert dar. In den meisten Fällen wird hinter dem Wert das entsprechende Formelzeichen (oben) mit der Einheit (unten) angezeigt.

3.5.2 Graphanzeige

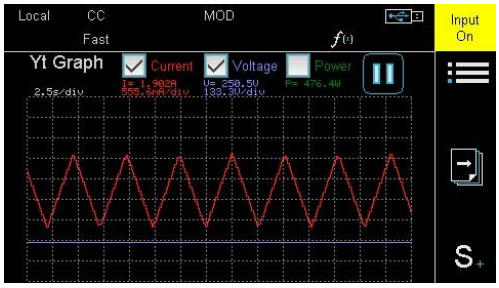
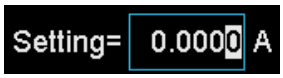


Abbildung 3.11: Graphanzeige

Die Graphanzeige dient zur optischen Darstellung eines Yt- oder XY- Diagramms. Es wird zum Beispiel dazu verwendet, den zeitlichen Verlauf eines Messsignals darzustellen.

3.5.3 Eingabefeld



Dieses Element dient zur Eingabe bzw. Veränderung von numerischen Werten. Es wird durch einen eckigen blauen Rahmen mit einem Zahlenwert dargestellt. Das Eingabefeld kann auf zwei verschiedene Arten bedient werden.

Drehgeber:
Ein Eingabefeld kann durch Berührung in den Bearbeitungsmodus versetzt werden. Der Bearbeitungsmodus wird durch einen blinkenden Cursor an der berührten Dezimalstelle signalisiert. Durch Drehen des Drehgebers kann diese Dezimalstelle nun verändert werden. Bei einem Über- bzw. Unterlauf wird die benachbarte Dezimalstelle inkrementiert bzw. dekrementiert. Ein Drücken des Drehgebers schiebt den Cursor eine Dezimalstelle nach links. Nun kann der Wert dieser Stelle verändert werden, usw.

Abbildung 3.12: Tastenfeldsymbol und virtuelles Tastenfeld

Virtuelles Tastenfeld:
Wenn sich ein Eingabefeld im Bearbeitungsmodus befindet, wird in der rechten Leiste ein Tastenfeldsymbol eingeblendet. Das Berühren dieses Symbols öffnet die virtuelle Tastatur. Mit dieser Tastatur ist die Direkteingabe eines numerischen Werts möglich. Mit der Schaltfläche "AC" wird die komplette Eingabe gelöscht. "OK" übernimmt die Eingabe, "Esc" verwirft die Eingabe.

Das virtuelle Tastenfeld kann auch durch wiederholtes, schnelles Antippen des entsprechenden Eingabefelds geöffnet werden.

3.5.4 Schaltfläche

Eine Schaltfläche wird durch Berührung bedient. Sie ist gekennzeichnet durch einen abgerundeten blauen Rahmen mit einem Text. Nach dem Loslassen der Schaltfläche wird die entsprechende Aktion ausgeführt.

3.5.5 Markierungsfeld

Das Markierungsfeld wird durch Berührung bedient. Dadurch wird der Haken, der den Zustand des Markierungsfeldes darstellt, ein- oder ausgeblendet.

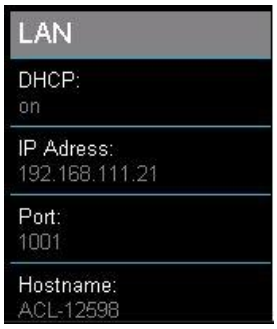
3.5.6 Auswahlfeld

Das Auswahlfeld wird durch Berührung bedient. Es wird durch einen abgerundeten blauen Rahmen mit kleinem Dreieck gekennzeichnet. Nach dem Berühren des Auswahlfelds wird eine Auswahlliste mit vordefinierten Einträgen aufgeklappt. Wenn viele Einträge in der Auswahlliste sind, so kann die Liste per Wischgeste gescrollt werden. Der ausgewählte Listeneintrag hat eine blaue Schriftfarbe und ist mit einem blauen Rechteck markiert. Durch Drücken auf einen Eintrag wird dieser übernommen und die Auswahlliste schließt sich.

3.5.7 Schieberegler

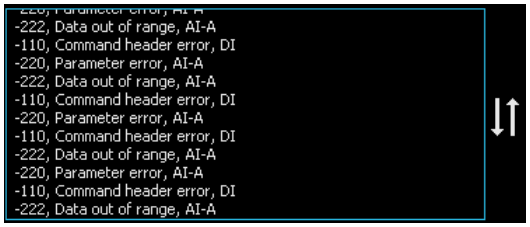
Der Schieberegler kann durch eine Wischgeste bedient werden.

3.5.8 Listenansicht



Die Listenansicht dient zur Anzeige von "read only"-Informationen. Die Listenansicht kann durch eine Wischgeste vertikal gescrollt werden.

3.5.9 Vereinfachte Listenansicht



Die vereinfachte Listenansicht dient zur Anzeige von "read only"-Informationen. Wenn viele Listeneinträge vorhanden sind, werden rechts neben der vereinfachten Listenansicht zwei Pfeile eingeblendet, die signalisieren, dass die Liste mit einer Wischgeste vertikal gescrollt werden kann.

3.5.10 Fortschrittsbalken

Der Fortschrittsbalken dient zur optischen Anzeige des Verlaufs einer zeitlich begrenzten Aktion. Zusätzlich wird der prozentuale Fortschritt als Dezimalzahl auf dem Fortschrittsbalken dargestellt.

3.6 Pop-up-Fenster

Pop-up-Fenster werden über das aktuell angezeigte Haupt-, Menü- oder Dialogfenster geblendet. Sie werden verwendet, um dem Benutzer Informationen anzuzeigen (z.B. über Fehler) oder eine Aktion vom Benutzer bestätigen zu lassen.

3.6.1 Fehlerfenster

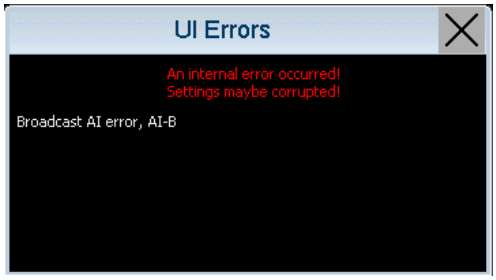


Abbildung 3.13: Fehlerfenster

Dieses Fenster wird angezeigt, wenn ein unerwarteter Fehler oder ein Fehler während der lokalen Bedienung auftrat. Die Fehler werden in Klartext angezeigt.

Dieses Fenster kann durch Drücken der Schaltflächen "X" oder "Esc" verlassen werden.

3.6.2 Benachrichtigungsfenster

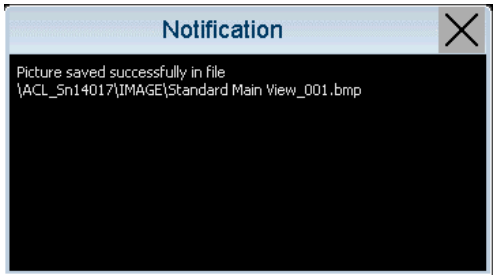


Abbildung 3.14: Benachrichtigungsfenster

Dieses Fenster wird angezeigt, um den Benutzer über Ereignisse zu informieren, z.B. wenn ein USB-Stick erkannt wurde.

Das Fenster wird nach einer kurzen Anzeigedauer ausgeblendet oder kann vorher durch Drücken der Schaltflächen "X" oder "Esc" ausgeblendet werden.

3.6.3 Benachrichtigungsfenster im Fernsteuerbetrieb

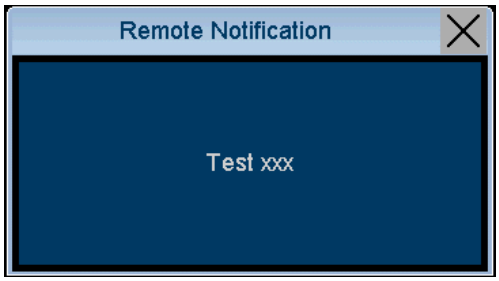


Abbildung 3.15: Benachrichtigungsfenster im Fernsteuerbetrieb

Dieses Fenster wird angezeigt, wenn ein Text mit dem SCPI-Befehl `DISP:TEXT` über eine der digitalen Datenschnittstellen an das Gerät gesendet wurde.

Das Fenster wird so lange eingeblendet, bis es durch Drücken der Schaltfläche "X", Neuzeichnen des angezeigten Screens oder durch den SCPI-Befehl `DISP:TEXT ""` (leerer Text) ausgeblendet wird.

3.6.4 Warnfenster

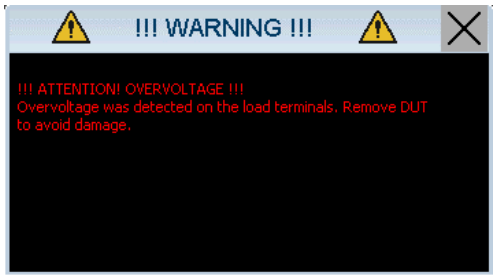


Abbildung 3.16: Warnfenster

Dieses Fenster wird angezeigt, um den Benutzer über gefährliche Systemzustände, die die Last zerstören und Menschen verletzen können, zu informieren (z.B. unzulässige Überspannung am Lasteingang).

Das Fenster wird dauerhaft angezeigt, solange der gefährliche Systemzustand vorhanden ist. Diese Warnung kann in dieser Zeit nicht ausgeblendet werden. Nachdem der gefährliche Systemzustand nicht

mehr vorhanden ist, wird die Warnung noch so lange angezeigt, bis der Benutzer sie aktiv mit der Taste "Esc" quittiert.

3.6.5 Hilfefenster

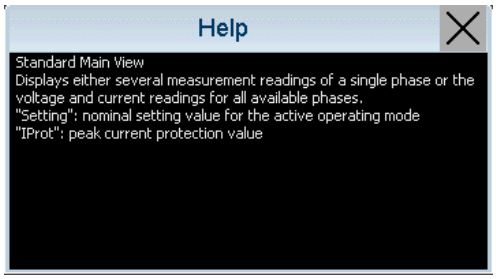


Abbildung 3.17: Hilfefenster

Dieses Fenster wird nach der Auswahl von S+ -> Help eingeblendet. Es enthält eine kurze Erläuterung des angezeigten Menü- oder Dialogfensters.

3.6.6 Bestätigungsfenster

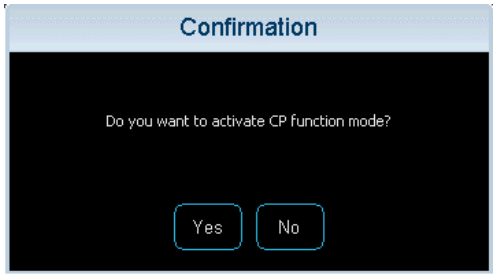


Abbildung 3.18: Bestätigungsfenster

Dieses Fenster wird eingeblendet, um eine Rückfrage an den Benutzer zu stellen, ob eine nachfolgende Aktion ausgeführt werden soll.

3.6.7 Statusübersicht

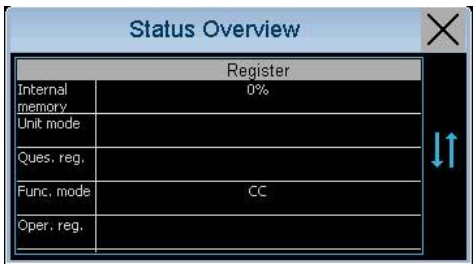


Abbildung 3.19: Statusübersicht

Dieses Fenster wird nach dem Berühren der Statusleiste eingeblendet. Es beinhaltet eine Angabe zum aktuellen Füllstand des internen Messdatenspeichers und eine Übersicht aller aktiven Statussignale.

Eine detaillierte Beschreibung der angezeigten Statussignale ist in 5.11.17 STATus Subsystem zu finden.

3.7 Menüstrukturplan

	Main Menu (Level 1)	Menu (Level 2)	Menu (Level 3)	Menu (Level 4)
Main Menu	Settings menu	Basic settings menu	Range	
			Mode menu	CC (Constant Current)
				CP (Constant Power)
				CR (Constant Resistance)
				CV (Constant Voltage)
			External control	
			Protection	
			Cooling	
			Speed	
			Zero voltage	
		Function menu	Rectangular	New rectangular
				Edit rectangular
			List	New list
				Edit list
				Import list from USB
				List settings
			Discharge	Initialize
			Ri measurement	
			Modulator	
			MPPT	Graph
		Trigger		
		Acquisition		
		Save/Recall	Import from USB flash drive	
		Reset		
	Data menu	Export		
		Graphical data viewer		
		USB data logging		
	Errors			
	Configuration menu	Power-on		
		Master/Slave		
		Communication menu	RS-232	
			USB	
			LAN	LAN Configuration
				LAN Status
			CAN	
			GPIB[1]	
		User interface menu	Display	
			Help language	
			Tips and tricks	
		Alarms		
		Buzzer		
		Time and date		
		Factory settings		
	Service menu	Firmware update		
		User manual export		
		Calibration	Calibration	
			Calibration signal name	
		Parameter menu	View parameter	
			Edit user parameter	
			Edit calibration parameter	
		Power stage temperature		
		H&H Service		
	Technical data			
	Contact			

[1] „GPIB" wird nur angezeigt, wenn die optionale GPIB-Schnittstelle verbaut ist.

3.8 Hilfe zu Dialog- und Menüfenster

Zur Erklärung der einzelnen Dialog- und Menüfenster gibt es ein geräteinternes Hilfesystem (siehe 3.6.5 Hilfefenster).

4 Funktionen

In diesem Kapitel werden die Funktionen der elektronischen Last beschrieben. Nach jeder Funktionsbeschreibung wird nacheinander auf die verschiedenen Möglichkeiten verwiesen, die entsprechende Funktion in verschiedenen Ansteuerarten zu realisieren:

- Lokale Bedienung
- Digitale Fernsteuerung
- Analoge Fernsteuerung

Lokale Bedienung
Die lokale Bedienung erfolgt durch die Benutzerschnittstelle an der Geräte-Vorderseite (siehe 3 Grundlagen der lokalen Bedienung).
Spezialfunktionen sind an der Benutzerschnittstelle im Menü „Function" *f*(x) zusammengefasst. Diese Funktionen werden jeweils in einem eigenen Dialog definiert. Das Starten und Stoppen geschieht mit dem Shortcut S+ -> Start bzw. S+ -> Stop. Wenn eine Spezialfunktion definiert worden ist, beendet das eine evtl. bereits laufende andere Funktion.

Digitale Fernsteuerung
Die digitale Fernsteuerung erfolgt durch eine der Datenschnittstellen an der Geräte-Rückseite (siehe 5 Digitale Fernsteuerung). Nach dem Einschalten des Gerätes ist automatisch die lokale Bedienung aktiv, nach Empfang eines SCPI-Befehls über eine der Datenschnittstellen wechselt das Gerät automatisch zur digitalen Fernsteuerung (Remote).

Externe Steuerung
Die externe Steuerung erfolgt durch den optionalen I/O-Port an der Geräte-Rückseite (siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port). Die externe Steuerung ist unabhängig von lokaler Bedienung und digitaler Fernsteuerung und wird durch den Dialog *Main Menu -> Settings -> Basic settings -> Ext. control* oder mit Hilfe von SCPI-Befehlen konfiguriert. Durch sie lassen sich spezifische Sollwerte (z.B. Sollwert für den Ausgangszustand) durch analoge und digitale Eingangssignale vorgeben.

4.1 Wahl der Steuerquelle

Die Bedienung der elektronischen Last kann von verschiedenen Steuerquellen aus erfolgen.

- User Interface (manuell über die Frontplatte)
- Datenschnittstelle
- I/O-Port

Die elektronische Last wechselt automatisch in den Fernsteuerzustand "Remote", wenn es ein Kommando über eine der vorhandenen Datenschnittstellen erhält. Die über die jeweilige Steuerquelle vorgenommenen Einstellungen werden beim Wechsel der Steuerquelle nicht gelöscht.

<u>Lokale Bedienung:</u>
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Ext. control

<u>Digitale Fernsteuerung:</u>
Siehe 5.11.16 SETTing Subsystem

4.2 Grundbetriebsarten und Sollwerte

Die elektronische Last bietet vier Grundbetriebsarten:
- Strombetrieb CC
- Spannungsbetrieb CV

- Widerstandsbetrieb CR
- Leistungsbetrieb CP

Die aktive Betriebsart der Regelung wird durch die Grundbetriebsart oder eine aktive Funktion (z.B. Listenfunktion) vorgegeben. Wird der Lasteingang ohne aktivierte Funktionen eingeschaltet oder bei eingeschaltetem Eingang eine Funktion deaktiviert, wird die Grundbetriebsart verwendet.

Beim Wechsel der Betriebsart wird der jeweils zuvor eingestellte Sollwert in der gewählten Betriebsart wieder eingestellt. Der Lasteingang wird beim Wechsel der Betriebsart nicht deaktiviert, auch nicht vorübergehend.

Warnung vor undefinierten Zuständen während Betriebsartwechsel! Bei Änderung der Betriebsart können für den Prüfling gefährliche Zustände entstehen, die zu dessen Beschädigung oder Zerstörung führen können.

- ➢ Schalten Sie den Lasteingang vor dem Wechsel der Betriebsart aus und erst nach Einstellen der neuen Betriebsart wieder ein.

4.2.1 Strombetrieb (CC)

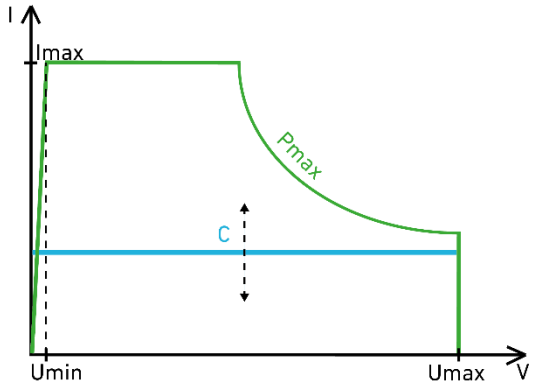


Abbildung 4.1: Strombetrieb (CC)

Der eingestellte Strom ist unabhängig von der Eingangsspannung. Die Stromregelung sorgt dafür, dass Änderungen der Eingangsspannung keinen Einfluss auf den Laststrom haben.

Quellen mit geregeltem Ausgangsstrom können nicht im Strombetrieb belastet werden. Eine physikalische Größe kann nur einmal geregelt werden, an der Quellen- oder Senkenseite.

<u>Lokale Bedienung:</u>
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> Constant current
Eingabefeld „Setting“: Sollwert für den Eingangsstrom eingeben.
Mit „OK“ bestätigen.

<u>Digitale Fernsteuerung:</u>
Siehe 5.11.2 CURRent Subsystem, 5.11.6 FUNCtion Subsystem

<u>Externe Steuerung:</u>
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port

4.2.2 Leistungsbetrieb (CP)

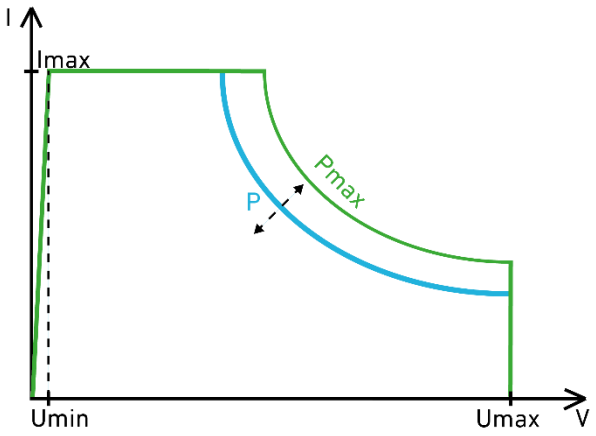


Abbildung 4.2: Leistungsbetrieb (CP)

Im Leistungsbetrieb regelt die elektronische Last die eingestellte Leistung per Software, indem der berechnete Strom in Abhängigkeit von der Eingangsspannung mittels eines PI-Reglers eingestellt wird.

Die Reglerparameter sind nichtflüchtig als Serviceparameter gespeichert und können manuell oder über eine Datenschnittstelle angepasst werden. Es gibt je ein Parameterpaar für den langsamen (slow), für den mittleren (medium) und für den schnellen Regelbetrieb (fast).

Parameternummern: Siehe 9.2 Geräteparameter.

Reglerparameter Kp
Dieser Parameter bestimmt die Regelkonstante für den Proportionalanteil des PI-Reglers. Dieser Parameter hat den Standardwert 0 und deaktiviert damit den Proportionalanteil des softwarebasierten PI-Reglers. Wird dieser Wert zur Beschleunigung der Regelung erhöht, ist darauf zu achten, dass die Regelung in allen Betriebssituationen stabil bleibt.

Reglerparameter Ki
Dieser Parameter bestimmt die Regelkonstante für den Integralanteil des PI-Reglers. Dieser Parameter ist abhängig vom Innenwiderstand der Quelle. Wird diese Konstante zur Beschleunigung der Regelung erhöht, ist darauf zu achten, dass die Regelung über den gesamten Spannungs- und Strombereich stabil bleibt.

Quellen mit geregeltem Ausgangsstrom (z.B. durch eine Strombegrenzung) können nicht im Leistungsbetrieb belastet werden, wenn der erforderliche Strom den der Quelle übersteigt.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> Constant power
Eingabefeld „Setting“: Sollwert für die Eingangsleistung eingeben.
Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem, 5.11.11 POWer Subsystem, 5.11.15 SERVice Subsystem

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port

4.2.3 Widerstandsbetrieb (CR)

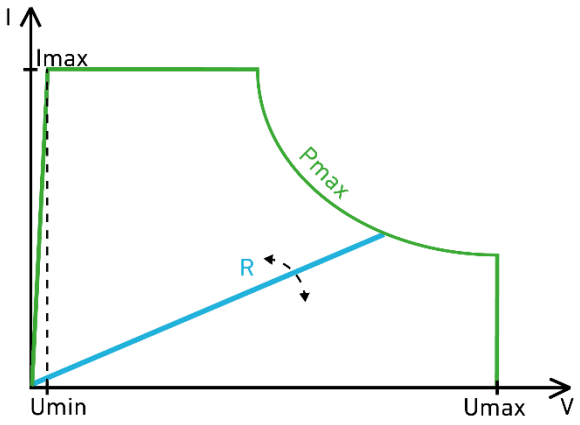


Abbildung 4.3: Widerstandsbetrieb (CR)

Im Widerstandsbetrieb regelt die elektronische Last den eingestellten Widerstand per Software, indem der berechnete Strom in Abhängigkeit von der Eingangsspannung mittels eines PI-Reglers eingestellt wird. Der Strom verhält sich nach dem Ohm'schen Gesetz und ändert sich linear mit der Eingangsspannung.

Im Gegensatz zu einem reellen ohm´schen Widerstand kann der Strom bei einer elektronischen Last der Eingangsspannung nur mit seiner begrenzten Regelgeschwindigkeit folgen.

Die Reglerparameter sind nichtflüchtig als Serviceparameter in der elektronischen Last gespeichert und können angepasst werden. Es gibt ein Parameterpaar für den langsamen Regelbetrieb (slow) und eins für den schnellen Regelbetrieb (fast).

Parameter Nr. 14: Kp_Resistance_Fast
Parameter Nr. 15: Ki_Resistance_Fast
Parameter Nr. 16: Kp_Resistance_Slow
Parameter Nr. 17: Ki_Resistance_Slow

Reglerparameter Kp
Dieser Parameter bestimmt die Regelkonstante für den Proportionalanteil des PI-Reglers. Dieser Parameter hat den Standardwert 0 und deaktiviert damit den Proportionalanteil des softwarebasierten PI-Reglers. Wird dieser Wert zur Beschleunigung der Regelung erhöht, ist darauf zu achten, dass die Regelung in allen Betriebssituationen stabil bleibt.

Reglerparameter Ki
Dieser Parameter bestimmt die Regelkonstante für den Integralanteil des PI-Reglers. Dieser Parameter ist abhängig vom Innenwiderstand der Quelle. Wird diese Konstante zur Beschleunigung der Regelung erhöht, ist darauf zu achten, dass die Regelung über den gesamten Spannungs- und Strombereich stabil bleibt.

Siehe auch 9.2 Geräteparameter.

Quellen mit geregeltem Ausgangsstrom (zum Beispiel durch eine Strombegrenzung) können nicht im Widerstandsbetrieb belastet werden, wenn der erforderliche Strom den der Quelle übersteigt.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> Constant resistance
Eingabefeld „Setting“: Sollwert für den Eingangswiderstand eingeben. Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem, 5.11.14 RESistance Subsystem, 5.11.15 SERVice Subsystem

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port

4.2.4 Spannungsbetrieb (CV)

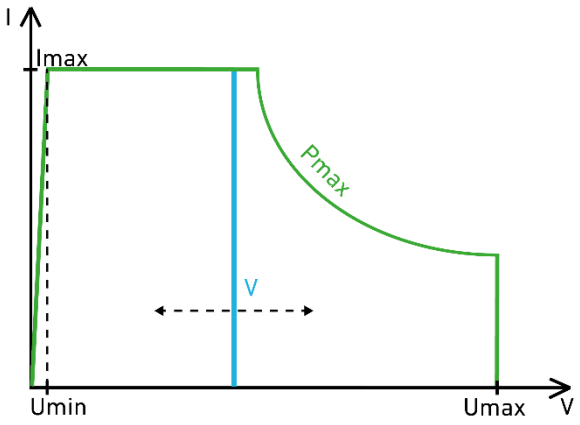


Abbildung 4.4: Spannungsbetrieb (CV)

Im Spannungsbetrieb nimmt die elektronische Last so viel Strom auf, bis sich durch den Innenwiderstand oder die Strombegrenzung des Prüflings die gewünschte Spannung einstellt.

Bei dynamischen Belastungen im Spannungsbetrieb können bei vorhandenen Kapazitäten am Ausgang des Prüflings hohe Stromspitzen entstehen, die das Gerät nicht mehr einstellen kann. Es kann dann zum Wirksamwerden der Strombegrenzung kommen und die erzeugte Kurvenform weicht dann von der vorgegebenen Kurvenform ab.

Dadurch, dass eine elektronische Last nur Strom aufnehmen und nicht liefern kann, kann sie im Spannungsbetrieb bei dynamischen Belastungen nur die fallenden Flanken regeln. Die steigenden Flanken sind von den Eigenschaften der zu belastenden Quelle abhängig.

Der minimale Laststrom im Spannungsbetrieb sollte aus Stabilitätsgründen nicht weniger als 10 % des Strombereiches des Gerätes betragen. Sollte es zu Regelschwingungen kommen, kann das System eventuell durch Umschalten der Regelgeschwindigkeit stabilisiert werden (siehe 4.5 Regelgeschwindigkeit).

Im Spannungsbetrieb wird der Unterspannungsschutz (siehe 4.3.2 Unterspannungsschutz) deaktiviert.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> Constant voltage
Eingabefeld „Setting“: Sollwert für die Eingangsspannung eingeben. Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem, 5.11.20 VOLTage Subsystem

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port

4.2.5 Immediate Sollwerte

Für jede Grundbetriebsart kann der entsprechende Sollwert, der sofort (immediate) eingestellt wird, vorgegeben werden. Beim Betriebsartwechsel wird der zugehörige Sollwert, der zuletzt in dieser Betriebsart programmiert wurde, automatisch eingestellt. Wird ein Sollwert für eine Betriebsart vorgegeben, die gerade nicht aktiv ist, wird der Sollwert gespeichert und beim nächsten Wechsel in diese Betriebsart eingestellt.

Wurde noch kein Sollwert für eine Betriebsart vorgegeben, stellt die Last einen Standardwert ein. Standardwerte sind immer so gewählt, dass sie einen möglichst geringen Stromfluss verursachen.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> <mode>
Eingabefeld „Setting“: Sollwert eingeben, der eingeregelt werden soll. Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.2 CURRent Subsystem, 5.11.11 POWer Subsystem, 5.11.14 RESistance Subsystem, 5.11.20 VOLTage Subsystem

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port

4.2.6 Getriggerte Sollwerte

Neben dem Immediate Sollwert gibt es für jede Betriebsart einen getriggerten Sollwert, der bei Eintreten eines Triggers einmalig eingestellt wird. Der getriggerte Sollwert der aktuellen Betriebsart wird bei Eintreten eines Triggers sofort aktiv. In den momentan nicht aktiven Betriebsarten überschreibt der getriggerte Sollwert den Immediate-Wert und wird aktiv, wenn die jeweilige Betriebsart aktiv wird. Sobald ein Sollwert getriggert wurde, haben weitere Trigger keinen Effekt auf das Sollwertsignal, bis wieder ein getriggerter Sollwert programmiert wird.

Nach einem Reset, nach Erhalt eines ABORt Kommandos oder nachdem der Wert getriggert wurde, folgen getriggerte Sollwerte dem Immediate Sollwert, bis ein getriggerter Sollwert explizit programmiert wird.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> <mode>
Markierungsfeld „Triggered setting“ aktivieren.
Darunter Sollwert eingeben, der bei Triggerung eingeregelt werden soll. Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.2 CURRent Subsystem, 5.11.11 POWer Subsystem, 5.11.14 RESistance Subsystem, 5.11.20 VOLTage Subsystem

4.2.7 Sollwertumschaltung

Um einen möglichst einfachen Wechsel zwischen zwei Sollwerten zu ermöglichen, bietet die elektronische Last bei lokaler Bedienung in jeder der vier Grundbetriebsarten die Einstellung „Toggle settings“ . Ist die Sollwertumschaltung aktiviert, kann der Sollwert in der Hauptansicht mit nur einem Tastendruck umgeschaltet werden. Die Sollwertumschaltung erleichtert z.B. die Aufnahme von Sprungantworten.

Temporäre Änderungen der beiden Sollwerte in der Hauptansicht werden bei aktivierter Power-On-Konfiguration „last setting“ nicht berücksichtigt.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Mode -> <mode>
Markierungsfeld „Toggle settings“ aktivieren.
Eingabefelder „Setting A“ und „Setting B“: Sollwerte eingeben.
Mit „OK“ bestätigen.
In der Hauptansicht zum Umschalten jeweils auf „Set A“ bzw. „Set B“ drücken. Die Sollwerte können auch in der Hauptansicht verändert werden.

4.3 Grenzwerte und kombinierte Betriebsarten

Eine einstellbare Überstrombegrenzung und ein einstellbarer Unterspannungsschutz sorgen dafür, dass neben den Grundbetriebsarten sogenannte kombinierte Betriebsarten möglich sind: CC+CV, CR+CC+CV, CP+CC+CV, CV+CC.

Da Strombegrenzung und Unterspannungsschutz in allen Grundbetriebsarten permanent aktiv sind, stehen die kombinierten Betriebsarten nicht zur Auswahl bei der Betriebsart-Wahl. In der Statusleiste wird immer nur die Grundbetriebsart angezeigt.

4.3.1 Überstrombegrenzung

Die einstellbare Überstrombegrenzung wirkt in allen Betriebsarten und lässt keinen höheren Strom als den eingestellten Grenzwert zu. Wenn die Überstrombegrenzung aktiv ist, wird in der Statusleiste der Benutzerschnittstelle „OCP" angezeigt.

Nach dem Einschalten des Geräts steht die Überstrombegrenzung auf dem Maximalwert, was einen uneingeschränkten Betrieb ermöglicht. Die Überstrombegrenzung kann nicht deaktiviert, sondern nur auf den Maximalwert gesetzt werden.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Protection
Im Eingabefeld „Current protection" den Sollwert für die Strombegrenzung. Mit „OK" bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.2 CURRent Subsystem.

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port.

4.3.2 Unterspannungsschutz

Die elektronische Last verfügt über einen einstellbaren Unterspannungsschutz. Dieser wirkt in allen Betriebsarten außer Spannungsbetrieb und lässt einen Stromfluss nur zu, wenn die Eingangsspannung höher ist als der eingestellte Grenzwert. Wenn der Unterspannungsschutz aktiv ist, wird der Status UVP im Questionable Status Register gesetzt und in der Statusleiste der Benutzerschnittstelle angezeigt.

Sie können den Unterspannungsschutz deaktivieren, indem Sie den Wert auf 0,0 V setzen.

Der Unterspannungsschutz kann in zweierlei Modi betrieben werden:

- regelnd
- schaltend

Regelnder Modus
Der regelnde Modus reduziert beim Absinken der Lasteingangsspannung auf den Sollwert für den Unterspannungsschutz den Eingangsstrom und wird dazu verwendet, um beispielsweise beim Entladen einer Batterie eine Tiefentladung zu vermeiden.
Der regelnde Modus ist als PI-Regler ausgelegt und kann nicht verhindern, dass bei schlagartigem Absinken der Spannung unter den Sollwert dieser unterschritten wird.

Schaltender Modus
Der schaltende Modus schaltet beim Unter-/Überschreiten des Sollwerts für den Unterspannungsschutz durch die Lasteingangsspannung den Eingangsstrom ab/an und wird dazu

verwendet, um beispielsweise beim Anlegen der Eingangsspannung eine möglichst kurze Totzeit bis zum Fließen des Laststromes zu erreichen (siehe 4.26 Spannungsaufschaltung und PWM-Betrieb). Der schaltende Modus ist als Komparatorfunktion ausgeführt. Bei Unterschreiten des Sollwertes wird der Strom schlagartig abgeschaltet. Das kann dazu führen, dass durch Entlastung der Spannungsquelle die Spannung wieder über den Sollwert steigt und der Strom erneut zugeschaltet wird. Dadurch kann um den Schaltpunkt ein instabiles Verhalten auftreten.

Werksseitig steht der Wert für den Unterspannungsschutz nach dem Einschalten auf einem definierten Wert, siehe 4.32 Geräteeinstellungen rücksetzen. Bei aktiver Spannungsregelung wird der Unterspannungsschutz automatisch auf 0,0 V gestellt.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Protection
Im Eingabefeld „Voltage protection" den Sollwert für den Unterspannungsschutz anpassen.
Auswahlfeld „Voltage protection mode": regelnden oder schaltenden Modus wählen.
Mit „OK" bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.20 VOLTage Subsystem.

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port.

4.4 Einstell- und Messbereiche (HES MR)

Modelle der Variante MR (HESxxxMR2, MR3 und MR4) haben 2, 3 bzw. 4 Strom- und damit ebenso viele Widerstands- und Leistungsbereiche zur Sollwerteinstellung und Messung. Für die Spannungseinstellung und -messung ist immer nur ein Bereich vorhanden.

Der aktive Bereich wird bei Mehrbereichsgeräten in der Statusleiste und in der linken Statusleiste angezeigt: R1, R2, R3 oder R4. Über die linke Statusleiste kann der Bereich umgeschaltet werden, ohne in den Range-Dialog wechseln zu müssen.

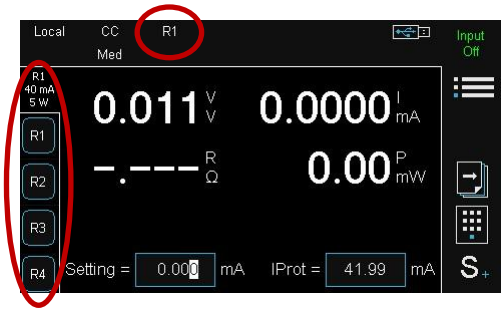


Abbildung 4.5: Bereichsanzeige bei MR-Modellen

Die Strom- und Leistungsbereiche sind aufsteigend (R1 ist der kleinste CC- bzw. CP-Bereich), die Widerstandsbereiche abfallend (R1 ist der größte CR-Bereich) angeordnet. Im CP- und CR-Betrieb ist im jeweiligen Bereich maximal der Strom des korrespondierenden Strombereichs möglich. Der aktive Bereich ist immer für CC-, CP- und CR-Betrieb gültig.

Beispiel HES530MR3:

	CC-Bereich	CP-Bereich	CR-Bereich	Max. Strom
R1	0,16 A	50 W	20 kΩ	0,16 A
R2	1,6 A	300 W	2 kΩ	1,6 A
R3	16 A	750 W	200 Ω	16 A

Wurde noch kein Bereich vorgegeben, stellt das Gerät den Standardbereich R1 ein.

Voraussetzungen für Bereichswechsel:

- Keine Funktion (z.B. Listenausführung, Entladefunktion) und keine Datenerfassung darf aktiv sein.
- Alle Sollwerte für den Strom-, Leistungs- und Widerstandsbetrieb müssen innerhalb des neuen Bereichs liegen. Zu den Sollwerten gehören auch die getriggerten und funktions-spezifischen Sollwerte sowie der Sollwert für die Strombegrenzung.

Sind Funktionen aktiv oder liegen die Sollwerte im neuen Bereich außerhalb ihrer Endwerte, wird ein "Settings Conflict"-Fehler erzeugt und der Bereich nicht gewechselt.

Um Stromspitzen zu vermeiden, wird beim Bereichswechsel für ca. 20 ms der Eingang deaktiviert. Dabei werden hardware- und softwarebasierte Regler zurückgesetzt.

Ausführliche Informationen zur Bereichsumschaltung bietet die Application Note Nr. 20 auf der H&H Website:
www.hoecherl-hackl.de/download/14262/

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Range
Im Auswahlfeld „Range“ den Bereich wählen. Mit „OK“ bestätigen.
Oder über die linke Seitenleiste.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.12 RANGe Subsystem.

4.5 Regelgeschwindigkeit

Bei bestimmten Prüflingen oder sehr langen Anschlussleitungen ist es eventuell notwendig, die Regelzeitkonstante der elektronischen Last anzupassen, um eine stabile Regelung zu erzielen. Dazu kann die Regelgeschwindigkeit in drei Stufen angepasst werden.

Die Regelgeschwindigkeiten (Anstiegs- und Abfallzeiten) sind in den technischen Daten angegeben.

Für die meisten Anwendungen ist die Regelgeschwindigkeit „Medium“ geeignet. „Fast“ sollte nur verwendet werden, wenn die Zuleitungen sehr kurz und verdrillt sind oder wenn spezielle, induktionsarme Kabel verwendet werden. „Slow“ dient zur Verwendung bei langen Anschlussleitungen oder bei Prüflingen mit zur Last inkompatiblen Regeleigenschaften.

In den softwaregeregelten Betriebsarten CP und CR können die Reglerparameter Kp und Ki an die Eigenschaften des Prüflings angepasst werden, siehe 4.2.2 Leistungsbetrieb (CP).

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic Settings -> Speed
Auswahlfeld „Regulation speed“: Regelgeschwindigkeit wählen.
Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem.

4.6 Lasteingang

4.6.1 Sollwert für den Lasteingangszustand

Mit der Taste A4 wird der Lasteingang aus- und eingeschaltet. Bei eingeschaltetem Eingang wird im Display “Input On“ angezeigt und der angeschlossene Prüfling wird mit der Belastung beaufschlagt.

Bei ausgeschaltetem Eingang zeigt das Display "Input Off". Der Eingangswiderstand des Gerätes ist in den technischen Daten angegeben.

Im Spannungsbetrieb erfolgt die Lastzuschaltung mit einem "Sanftanlauf". Es kann mehrere Millisekunden dauern, bis der voreingestellte Wert erreicht ist.

Lokale Bedienung:
Taste A4

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.7 INPut Subsystem

Externe Steuerung:
Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port

4.6.2 Getriggerter Sollwert für den Lasteingangszustand

Neben dem sofort einzustellenden Sollwert des Aktivierungszustandes für den Lasteingang gibt es im digitalen Fernsteuerbetrieb einen getriggerten Sollwert, der bei Auftreten eines Trigger-Ereignisses den sofort einzustellenden Sollwert überschreibt. Der getriggerte Sollwert wird dann sofort aktiv.

Sobald ein Sollwert getriggert wurde, haben weitere Trigger keinen Effekt auf den sofort einzustellenden Sollwert, bis wieder ein getriggerter Sollwert programmiert wird.

Nach einem Reset, nach Erhalt eines ABORt-Kommandos oder nachdem der Wert getriggert wurde, folgen getriggerte Sollwerte dem sofort einzustellenden Sollwert, bis ein getriggerter Sollwert programmiert wird (siehe auch 4.24 Triggermodell).

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.7 INPut Subsystem

4.7 Rechteck-Funktion

Die Rechteckfunktion dient zur Belastung eines Prüflings mit einem rechteck-förmigen Signal, bei dem die Sollwerte für High- und Low-Pegel sowie die dazugehörigen Verweilzeiten während der Ausführung der Funktion geändert werden können.

Der technisch sinnvolle Bereich für die Verweilzeiten ist eventuell durch die Regelgeschwindigkeit bzw. durch die Anstiegs-/Abfallzeit des jeweiligen Modells beschränkt (siehe technische Daten).

Mögliche Konflikte:
Die Modulator-Funktion kann nicht gestartet werden, während eine der folgenden Funktionen aktiv ist:

- Innenwiderstandsmessung
- Entladefunktion
- Modulatorfunktion
- MPPT-Funktion
- extern gesteuerte Betriebsart oder Sollwert

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> Rectangular/PWM
Markierungsfeld „PWM Mode": deaktivieren.
Schaltfläche „Edit" drücken.
Auswahlfeld „Mode": Betriebsart wählen.

Eingabefelder „Level A“ und „Level B“, „Time A“ und „Time B“: Sollwerte für Pegel und Verweilzeiten definieren.
Mit „OK“ bestätigen.
Fenster „Rectangular/PWM“ mit „OK“ bestätigen.
Funktion mit S+ -> Start starten.

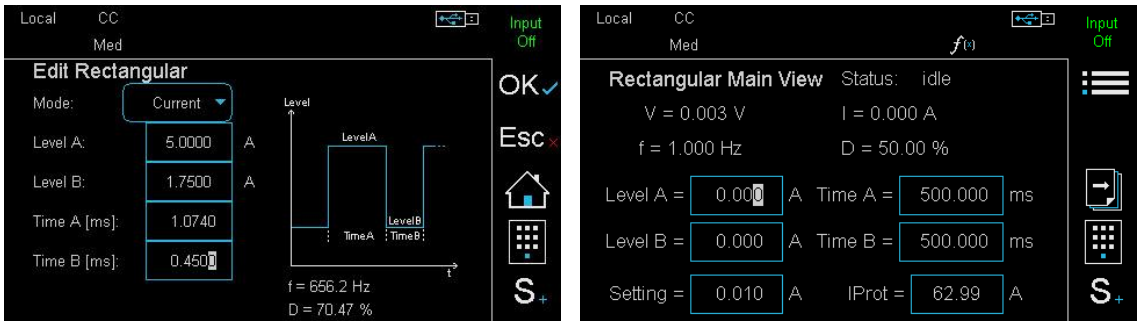


Abbildung 4.6: Hauptansicht der Rechteckfunktion

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.13 RECTangle Subsystem

4.8 PWM-Funktion

Die PWM-Funktion dient zur Belastung eines Prüflings mit einem pulsweiten-modulierten Signal, bei dem die Sollwerte für Pegel, Frequenz sowie Tastverhältnis während der Ausführung der Funktion geändert werden können.

Der technisch sinnvolle Bereich für die Frequenz und das Tastverhältnis ist eventuell durch die Regelgeschwindigkeit bzw. durch die Anstiegs- und Abfallzeit des jeweiligen Modells beschränkt (siehe technische Daten).

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> Rectangular/PWM
Markierungsfeld „PWM Mode“: aktivieren.
Schaltfläche „Edit“ drücken.
Auswahlfeld „Mode“: Betriebsart wählen.
Eingabefelder „Level A“, „Level B“, „f“ und „Duty cycle“: Sollwerte für Pegel, Frequenz und Tastverhältnis definieren.
Mit „OK“ bestätigen.
Fenster „Rectangular/PWM“ mit „OK“ bestätigen.
Funktion mit S+ -> Start starten.

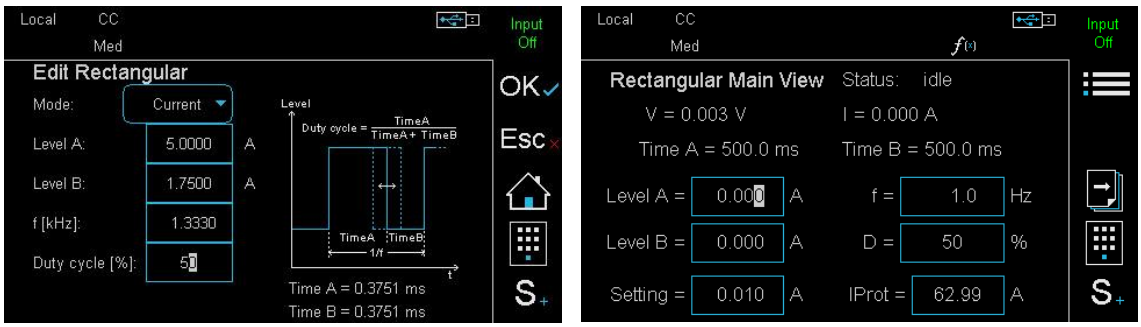


Abbildung 4.7: Hauptansicht der PWM-Funktion

4.9 Modulator

Mit der Modulator-Funktion wird in den Betriebsarten CC oder CV der konstanten Grundbelastung ein sinus-, rechteck- oder dreieckförmiges Signal überlagert. Amplitude und Frequenz sind mit hoher Auflösung einstellbar. Siehe auch erweiterte Funktion 4.10 Frequenz-Sweep.

Amplitude und Frequenz des Modulators sind nicht kalibriert. Der technisch sinnvolle Bereich für die Frequenz ist eventuell durch die Regelgeschwindigkeit bzw. durch die Anstiegs- und Abfallzeit des jeweiligen Modells beschränkt (siehe technische Daten).

Mögliche Konflikte:
Die Modulator-Funktion kann nicht gestartet werden, während eine der folgenden Funktionen aktiv ist:

- Innenwiderstandsmessung
- Entladefunktion
- Listenfunktion
- Rechteckfunktion
- MPPT-Funktion
- extern gesteuerte Betriebsart oder Sollwert

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> Modulator
Auswahlfeld „Type“: Wellenform wählen.
Auswahlfeld „Mode“: Betriebsart der Regelung wählen.
Eingabefeld „Level (DC)“: Pegel der Grundbelastung eingeben.
Eingabefeld „Frequency“: Frequenz eingeben.
Eingabefeld „Amplitude“: Amplitude eingeben.
Mit „OK“ bestätigen.
Funktion mit S+ -> Start starten.

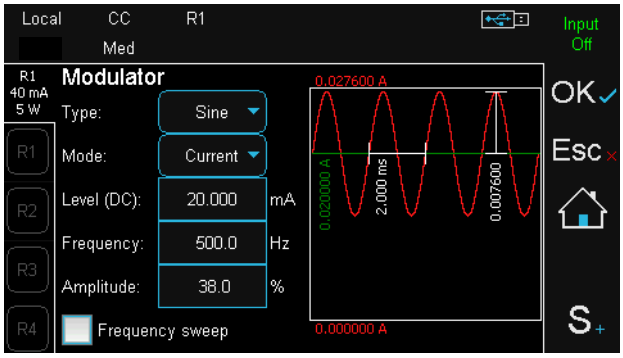


Abbildung 4.8: Dialogfenster der Modulator-Funktion

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem (FUNCtion:MODulate).

4.10 Frequenz-Sweep

Eine erweiterte Funktion des Modulators ist der Frequenz-Sweep. Die Funktion entspricht einem Frequenz-Sweep mit der in der Modulatorfunktion (s. 4.9 Modulator) eingestellten Wellenform. Durch die Vorgabe von Start-, End- und Schrittfrequenz sowie einer definierten Verweilzeit je Frequenzpunkt wird die Frequenz der eingestellten Modulation variiert.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> Modulator
Modulator-Grundfunktion definieren, s. 4.9 Modulator.
Schaltfläche „Edit“: in Dialogfenster „Modulator Frequency Sweep“ wechseln.
Eingabefeld „Start frequency“: Startfrequenz eingeben.

Eingabefeld „End frequency“: Endfrequenz eingeben.
Eingabefeld „Step frequency“: Frequenzschritt eingeben.
Eingabefeld „Step dwell“: Schrittdauer eingeben.
Fortlaufende Ausführung mit „Continuous execution“ oder Anzahl der Durchläufe mit „Count“ einstellen.
Mit „OK“ bestätigen.
Funktion mit S+ -> Start starten.

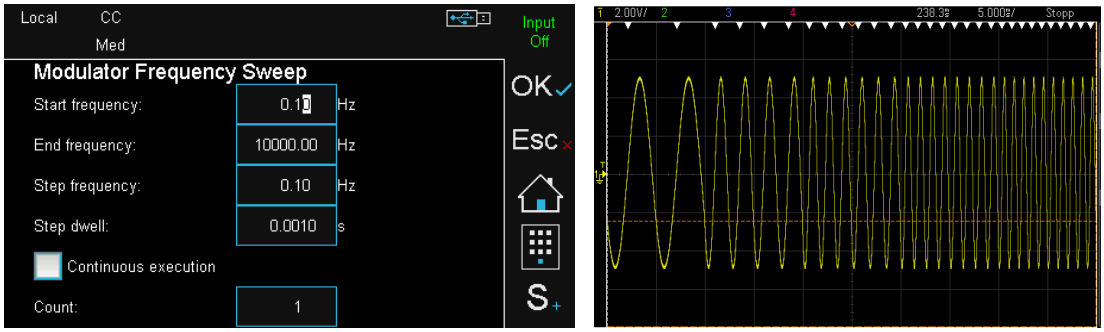


Abbildung 4.9: Dialogfenster der Frequenz-Sweep-Funktion (l), Frequenz-Sweep-Oszillogramm

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem (FUNCtion:MODulate:SWEep).

4.11 List-Funktion

Die elektronische Last kann im sogenannten LIST-Betrieb Lastprofile nachbilden, sowohl im Lokalbetrieb als auch bei Fernsteuerung über eine Datenschnittstelle. Dies ist in allen Betriebsarten möglich.

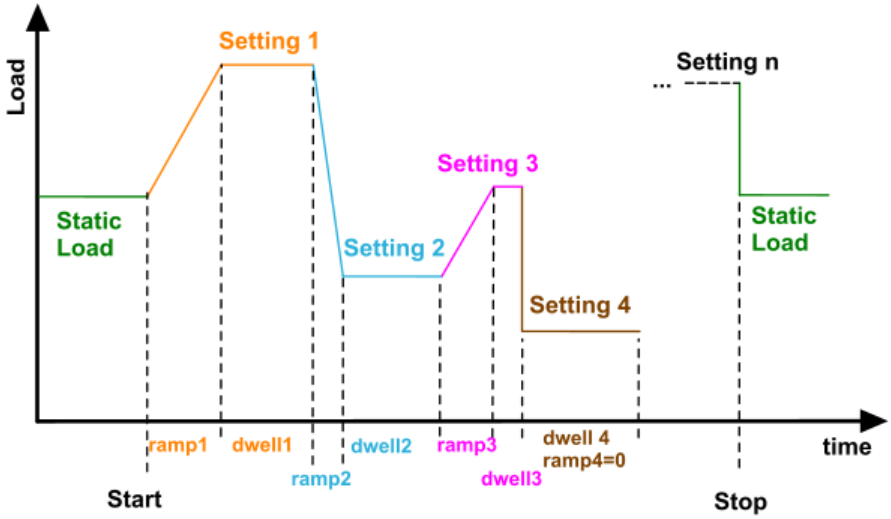


Abbildung 4.10: Lastprofil mit n LIST-Elementen

4.11.1 Begriffsdefinitionen

Lastprofil
Ein Lastprofil besteht aus aneinandergereihten Geradenstücken, die eine stetige Funktion für den zu regelnden Sollwert (Strom, Leistung, Widerstand, Spannung) bilden.

Liste für Sollwerte
Die Sollwertliste wird zur Definition eines Lastprofils verwendet und enthält die Sollwerte für die entsprechende Betriebsart. Ein Wert in der Liste repräsentiert den Sollwert, der im LIST-Betrieb während der Verweilzeit (s. u.) geregelt wird.
Ein Reset setzt die Listenlänge auf 0.

Listen-Betriebsart
Die Listenbetriebsart definiert die Betriebsart (Current, Power, Resistance, Voltage), in welcher die Liste ausgeführt werden soll. Die Listen-Betriebsart wählt die entsprechende Sollwertliste aus.
Ein Reset setzt die Listen-Betriebsart Current.

Liste für Rampenzeiten
Diese Liste wird zur Definition eines Lastprofils verwendet. Ein Wert in der Liste repräsentiert die Zeitdauer für den Anstieg/Abfall zum entsprechenden nächsten Sollwert.
Ein Reset setzt die Listenlänge auf 0.

Liste für Verweilzeiten
Diese Liste wird zur Definition eines Lastprofils verwendet. Ein Wert in der Liste repräsentiert die Zeitdauer, für die der entsprechende Sollwert eingestellt wird.
Ein Reset setzt die Listenlänge auf 0.

Liste für Abtastzeiten in den Rampen
Diese Liste wird zur Definition von Messintervallen für die entsprechenden Rampen eines Lastprofils verwendet. Die Liste für Abtastzeiten muss nicht definiert werden, wenn die Messdatenerfassung nicht aktiviert wird. Ein Reset setzt die Listenlänge auf 0.

Liste für Abtastzeiten in den Verweilzeiten
Diese Liste wird zur Definition von Messintervallen für die entsprechenden Verweilzeiten eines Lastprofils verwendet. Die Liste für Abtastzeiten muss nicht definiert werden, wenn die Messdaten-erfassung nicht aktiviert wird. Ein Reset setzt die Listenlänge auf 0.

Listensatz
Ein Listensatz besteht aus den Listen für das Lastprofil (Sollwerte, Rampenzeiten, Verweilzeiten). Die Elemente mit identischem Index in den einzelnen Listen (eines Listensatzes) definieren einen einzelnen Abschnitt des Lastprofils.
In einem gültigen Listensatz sind die Längen aller Listen > 0 und identisch, d.h. alle Listen enthalten die gleiche Anzahl von Elementen.
Ein Reset setzt die Länge aller Listen eines Listensatzes auf 0. Der Listensatz ist damit ungültig, und die Liste kann nicht ausgeführt werden.

Listendurchläufe
Die Anzahl der Durchläufe legt fest, wie oft der komplette Listensatz nach dem Starten ausgeführt wird.
Ein Reset setzt die Anzahl der Durchläufe auf 1.

Messdatensatz/Messdatenpunkt
Ein Messdatenpunkt ist ein Satz aus drei Messwerten bestehend aus Zeitstempel, Spannungswert und Stromwert. Beim Auslesen eines Messdatensatzes sind diese drei Werte jeweils durch Komma mit nachfolgendem Leerzeichen voneinander getrennt.

4.11.2 Listensatz definieren

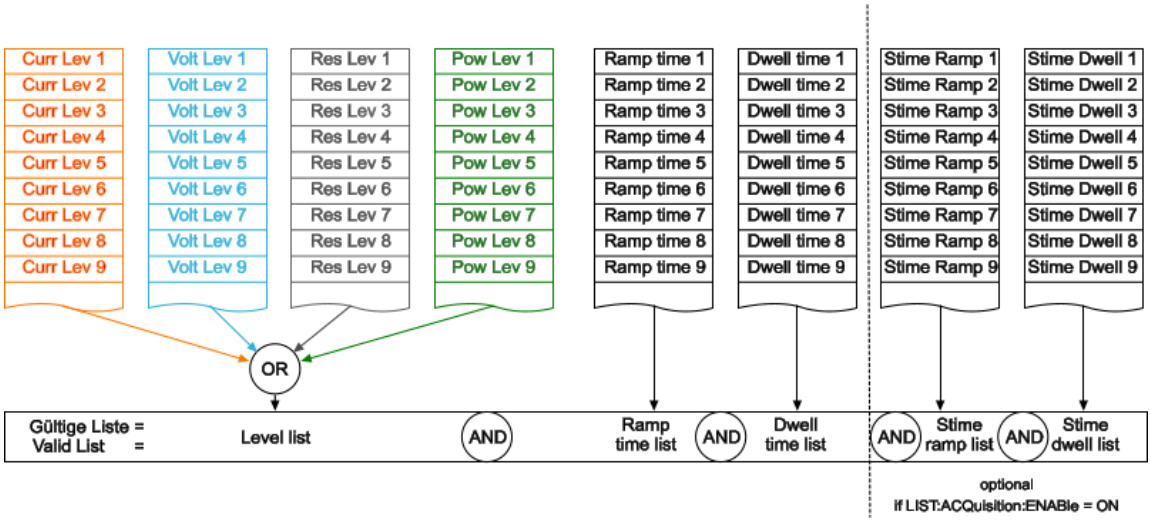


Abbildung 4.11: Speicherbedarf von Listen

Abbildung 4.11 zeigt die interne Speicherplatzbelegung der Listen in der elektronischen Last. Ein gültiger "Listensatz" besteht aus drei gleich langen Listen. Die Sollwertliste "Level list" wird abhängig von der Listenbetriebsart ausgewählt. Die Listen für die Rampenzeiten und die Verweilzeiten werden für alle Betriebsarten gemeinsam verwendet. Dies hat zur Folge, dass der Benutzer bei einem Betriebsartwechsel eventuell die Listen für die Rampenzeit und Verweildauer der neuen Listen-Betriebsart aktualisieren muss.

Bei aktiver Messdatenerfassung während der Listenausführung verhalten sich die beiden Listen für die Abtastzeiten („Stim ramp list“ und „Stim dwell list“) analog zu den Listen der Rampenzeit und der Verweildauer.

<u>Lokale Bedienung:</u>
Main Menu -> Settings -> Function -> List
Schaltfläche “New”: in Dialogfenster “Initialize New List” wechseln.
Auswahlfeld „List mode“: Listen-Betriebsart wählen.
Wenn während der Listenausführung synchron Spannung und Strom aufgezeichnet werden sollen, dann Markierungsfeld „Data acquisition“ aktivieren.
Mit „OK“ bestätigen.
Im folgenden Dialogfenster „New List“ die Sollwerte für Level, Ramp time, Dwell time und ggf. Sample Times des ersten Listenabschnittes definieren.
Den Wert für “Point” inkrementieren und den Vorgang für alle Listenabschnitte wiederholen.
Einzelne Listenpunkte können mit der Schaltfläche „Add“ nach dem aktuell angezeigten Listenpunkt eingefügt werden. Mit der Schaltfläche „Delete“ wird der angezeigte Listenpunkt entfernt.
Mit „OK“ bestätigen.

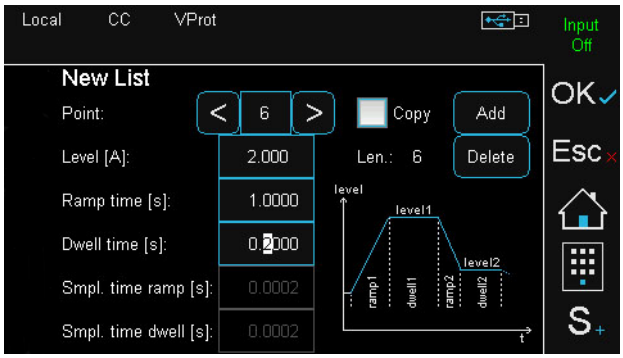


Abbildung 4.12: Dialogfenster zur Definition eines Lastprofils

Im Dialogfenster „List“ mit der Schaltfläche „Enter“ bei Bedarf weitere Sollwerte für die Listenfunktion editieren.

Wenn eine gültige Liste definiert wurde, ist die Liste aktiviert (aber noch nicht gestartet), und das Funktionszeichen $f(x)$ wird in der Statusleiste angezeigt.

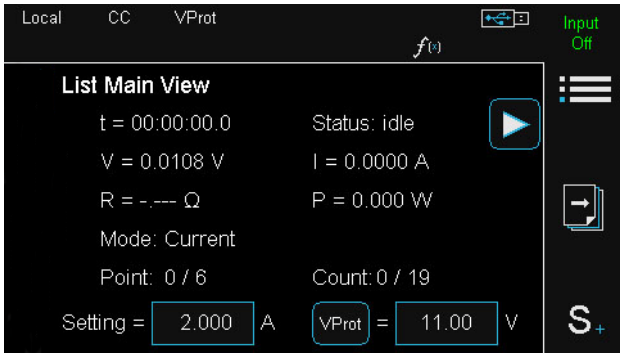


Abbildung 4.13: Hauptansicht der Listenfunktion

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.8 LIST Subsystem

4.11.3 Listendatei importieren

Alternativ zur manuellen Erstellung bzw. Programmierung der Listenfunktion über SCPI-Befehle gibt es eine Importfunktion für Listendateien. Die benötigte Datei kann mit dem Load Control Tool am PC erstellt und auf einen USB-Stick übertragen werden. Die Listendateien mit der Endung *.lst müssen sich im Unterverzeichnis „LIST" des Stammverzeichnisses des USB-Sticks befinden. Über den Dialog „Import list from USB" kann die vorbereitete Datei anschließend in die elektronische Last eingelesen werden.
Aufbau einer gültigen Listendatei:

```
[LIST_MODE]\n
VOLT\n
\n
[LIST_COUNT]\n
6\n
\n
[LIST_ACQ]\n
ON\n
\n
;comment
[LIST_VALUES]\n
1.234, 2.566, 2.854, 0.001,
0.01;comment\n
2.168, 3.987, 3.1, 0.02, 0.003\n
;comment\n
5.78, 6.77, 9.6, 0.01, 0.1\n
\n
```

Eine gültige Listendatei muss folgende Elemente enthalten:

- Tag „[LIST_MODE]"
- Betriebsart nach dem Tag „[LIST_MODE]"
- Tag „[LIST_COUNT]"
- Anzahl der Listenwiederholungen nach Tag „[LIST_COUNT]"
- Tag „[LIST_ACQ]"
- Aktivierungszustand der synchronen Datenerfassung nach dem Tag „[LIST_ACQ]"
- Tag „[LIST_VALUES]"
- Listenwerte nach Tag „[LIST_VALUES]"

Jede Zeile muss mit einem LineFeed (‚LF' bzw. ‚0x0A' bzw. ‚\n') abgeschlossen sein. Der Datenteil wird mit einer zusätzlichen Leerzeile abgeschlossen.

LIST_MODE:
Betriebsart, in der die Listefunktion ausgeführt wird. Gültige Bezeichner für die Betriebsart sind: CURR, CURRENT, VOLT, VOLTAGE, POW, POWER, RES und RESISTANCE (Groß-/Kleinschreibung wird nicht beachtet).

LIST_COUNT:
Der Wert für die Anzahl der Listenwiederholungen muss ein positiver Wert zwischen 1 und 4E9 sein. Eine unendliche Listenausführung kann mit dem Wert 9.9E37 erreicht werden.

LIST_ACQ:
Die Messdatenerfassung durch die Listenfunktion kann mit „1" oder „ON" aktiviert und mit „0" oder „OFF" deaktiviert werden. Ist die Messdatenerfassung aktiviert, müssen pro Listenpunkt 5 Einstellwerte vorhanden sein: Sollwert, Rampenzeit, Verweildauer, Abtastzeit für die Rampenzeit und Abtastzeit für die Verweildauer. Ist die Messdatenerfassung deaktiviert, werden nur die Einstellwerte für Sollwert, Rampenzeit und Verweildauer benötigt.

LIST_VALUES:
Die Listenwerte der einzelnen Stützpunkte sind nach folgendem Schema angeordnet:
Sollwert in A, V, W oder Ω, Rampenzeit in s, Verweildauer in s[, Abtastzeit Rampe in s, Abtastzeit Verweildauer in s]
z.B. 1.234, 2.566, 2.854, 0.001, 0.0002

Die Eingabe der Listenwerte muss in einem gültigen Format für Fließkommazahlen gemäß IEEE 754 in der jeweiligen Grundeinheit (A, V, Ω, s) erfolgen. Die Werte dürfen dabei auch in Exponentialform angegeben werden. Als Trennzeichen zwischen den einzelnen Werten eines Stützpunkts dient das Komma. Am Ende der Listeneinträge muss eine Leerzeile folgen.

Ein Semikolon kennzeichnet einen Kommentar. Kommentare können in einer eigenen Zeile oder am Zeilenende stehen. Die Zeichen zwischen dem Semikolon und dem nächsten LineFeed werden nicht ausgewertet.

Mögliche Meldungen nach dem Laden der Listendatei:

List imported successfully (x steps)	Die Liste (x Listenpunkte) wurde erfolgreich geladen.
Line x; Invalid char. or separator missing	In Zeile x befindet sich ein ungültiges Zeichen oder das Trennzeichen fehlt.
Line x; Blank line missing	Leerzeile in Zeile x fehlt.
LIST_MODE tag not found	Tag "[LIST_MODE]" nicht gefunden.
LIST_MODE value not found	Keine gültige Betriebsart für den LIST_MODE gefunden.
LIST_COUNT tag not found	Tag "[LIST_COUNT]" nicht gefunden.
LIST_COUNT value not found	Kein gültiger Wert für die Anzahl der Listenwiederholungen gefunden.
LIST_ACQ tag not found	Tag "[LIST_ACQ]" nicht gefunden.
LIST_ACQ state not found	Kein gültiger Wert für den Zustand der Messdatenerfassung gefunden.
LIST_VALUES tag not found	Tag "[LIST_VALUES]" nicht gefunden.
LIST_VALUES data not found	Keine gültigen Werte für LIST_VALUES gefunden.
Line x; LIST_VALUES data missing	Mindestens ein benötigter Einstellwert für den Listenpunkt in Zeile x fehlt.
Line x; Value out of range	Listenwert in Zeile x außerhalb des gültigen Bereichs.
SBP data error	Bei der Abfrage der minimalen und maximalen Einstellwerte trat ein Fehler auf.
Sample time values missing	Die Abtastzeiten für die Rampenzeit und die Verweildauer fehlen (wird nur angezeigt, wenn LIST_ACQ aktiviert ist).

Line x; Too long data string, end missing	Die Länge der Zeile x ist größer als 70 Zeichen.
List exceeds max. length	Die maximale Listenlänge wurde überschritten (max. Listenlänge s. technische Daten)
Could not open file	Listendatei konnte nicht geöffnet werden.
Could not close file	Listendatei konnte nicht geschlossen werden.
Could not open directory	Das Verzeichnis LIST konnte nicht geöffnet werden.
USB flash drive not found	Der USB-Stick konnte nicht gefunden werden.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> List
Schaltfläche "Import": in Dialogfenster "Choose File" wechseln (nur wenn ein USB-Stick an A2 gesteckt ist).
Datei aus Liste wählen. Mit „OK" bestätigen. Im „Import List" Dialog Schaltfläche „Import" drücken.

4.11.4 Liste ausführen

Für die Ausführung der Listenfunktion muss sich ein gültiger Listensatz im Gerät befinden (s. 3.3.2 Aufbau eines gültigen Listensatzes). Die Listenfunktion kann mit dem entsprechenden SCPI-Befehl, mit der Tastenfolge "Shortcut" -> "Start" oder mit einem Triggerereignis gestartet werden. Dabei schaltet das Gerät automatisch in die Betriebsart, in der die Listenfunktion ausgeführt werden soll. Bei laufender Listenausführung ist das FUNC-Bit im Operation Status Register gesetzt.

Wird während der Listenausführung der Lasteingang ausgeschaltet, wird die Listenausführung angehalten und mit dem Wiedereinschalten des Lasteingangs fortgesetzt. Nach dem Ablauf oder dem Abbruch einer Liste wechselt das Gerät wieder in die zuvor eingestellte statische Betriebsart mit dem dazugehörigen Sollwert. Der Lasteingang bleibt nach der Listenausführung eingeschaltet.

Lokale Bedienung:
Shortcut S+ -> Start
Die Ausführung der Liste startet, sobald die Tastenfolge ausgeführt wird. Dabei schaltet das Gerät automatisch in die Listen-Betriebsart. Bei laufender Listenausführung ist das FUNC-Bit im Operation Status Register gesetzt und LIST wird in der Statusleiste angezeigt.

Shortcut S+ -> Stop
Die Listenausführung wird gestoppt. Der Lasteingang wird dabei ausgeschaltet. Nach dem Ablauf oder dem Abbruch einer Liste wechselt das Gerät wieder in die zuvor eingestellte Grundbetriebsart mit dem dazugehörigen Sollwert.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.8 LIST Subsystem

4.11.5 Liste per Trigger ausführen

Wenn die Listenausführung durch ein Trigger-Ereignis gestartet oder gestoppt werden soll, muss die Verarbeitung von Trigger-Ereignissen durch die Listenfunktion aktiviert werden.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> List
„List settings": Enter drücken.
Markierungsfeld „Trigger controlled" aktivieren.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.8 LIST Subsystem, 5.11.19 TRIGger Subsystem, ABORt Subsystem, INITiate Subsystem

4.11.6 Messdatenerfassung durch die Listenfunktion

Synchron zur Ausführung einer Liste können Messdatensätze mit definierten Abtastraten in der elektronischen Last gespeichert werden. Für jeden Listenabschnitt wird dazu eine zugehörige Abtastrate angegeben. Bei aktivierter Datenaufzeichnung werden Spannung und Strom synchron gemessen und mit dem zugehörigen, relativen Zeitstempel gespeichert.

Diese Funktion verwendet den schnellen ADC. Details s. 5.11.9 MEASure Subsystem und technische Daten.

Die Datenaufzeichnung während der Ausführung der Listenfunktion muss explizit aktiviert werden. Ein Reset deaktiviert die Datenaufzeichnung.

Ein Datensatz besteht aus relativem Zeitstempel, Spannungswert und Stromwert. Ist das Ende des verfügbaren Datenspeichers erreicht, werden nach dem Ringpufferprinzip die ältesten Daten mit den neuen Daten überschrieben. Dies wird signalisiert, indem der Status MEM im Questionable Status Register gesetzt und in der Statusleiste der Benutzerschnittstelle angezeigt wird. Dieser Zustand bleibt so lange erhalten, bis entweder ein Datensatz gelesen, alle Datensätze gelöscht oder die Listenfunktion neu gestartet wird.

Um einen Überlauf des Messdatenspeichers zu vermeiden, sollten während langen Messungen fortwährend Messdatensätze aus dem Speicher entnommen werden. Die gespeicherten Datensätze können dabei einzeln oder blockweise mit bis zu 100 Datensätzen pro Abruf aus der elektronischen Last ausgelesen werden.

Lokale Bedienung:
Siehe 4.11.2 Listensatz definieren, 4.14 Daten aus dem internen Speicher lesen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.3 DATA Subsystem, 5.11.8 LIST Subsystem

4.11.7 Beispiel für eine Liste mit Messdatenerfassung

Programmierbeispiel: Lastprofil mit zwei Stromwerten (50 A, 20 A) und aktivierter Messdaten-erfassung:

```
CURR 10;INP ON
LIST:MODE CURR
LIST:CURR 60,20
LIST:RTIM .025,.005
LIST:DWEL .01,.02
LIST:STIM:RTIM .005,.0025
LIST:STIM:DWEL .001,.01
LIST:COUN 10
LIST:ACQ ON
LIST:STAT ON
```

Dieses Beispiel erzeugt einen Laststromverlauf nach Abbildung 4.14. Die grünen Markierungen sind Messpunkte.

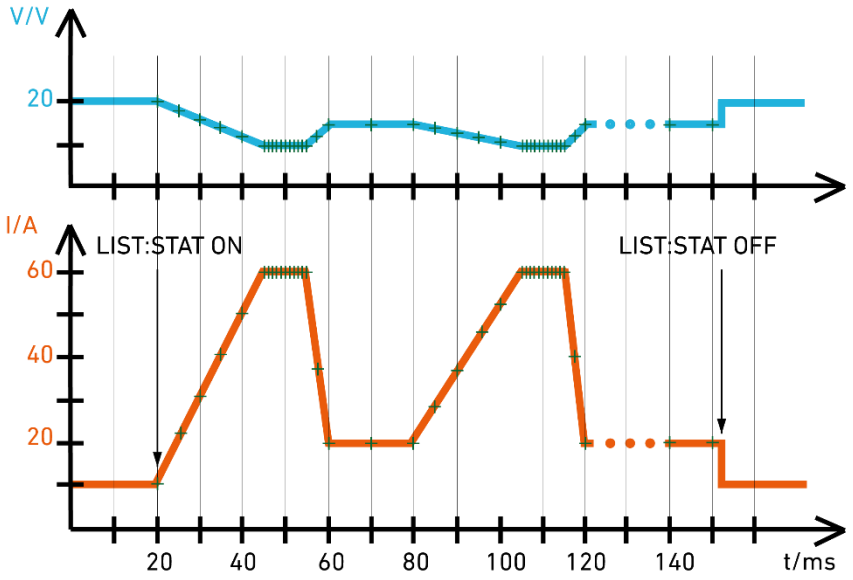


Abbildung 4.14: Beispiel einer Liste mit synchroner Datenerfassung

4.11.8 Allgemeine Hinweise für die LIST-Funktion

Die nutzbaren Zeiteinstellungen sind eventuell durch die Anstiegs- und Abfallzeit des jeweiligen Modells beschränkt (siehe technische Daten).

Für jede Listen-Betriebsart ist eine separate Sollwertliste vorhanden. Die Listen für die Rampen- und Verweilzeiten werden für alle Listen-Betriebsarten gemeinsam verwendet.

Mögliche Konflikte:
Die LIST-Funktion kann nicht gestartet werden, während eine der folgenden Funktionen aktiv ist:

- interne Messdatenerfassung
- Innenwiderstandsmessung
- Rechteckfunktion
- MPPT-Funktion
- extern gesteuerte Betriebsart oder Sollwert

Während einer laufenden Liste kann die Listen-Betriebsart nicht geändert werden. Beim Versuch, die Listen-Betriebsart zu wechseln, oder bei einem anderen genannten Konflikt während einer laufenden Liste generiert die Last einen Settings Conflict Error (siehe 9.1 Fehlercodes).

4.12 Messdatenerfassung

4.12.1 Interne Messdatenerfassung (ACQ)

Für Anwendungen mit hoher Abtastrate und hoher zeitlicher Genauigkeit kann die Messdaten-erfassung mit einer definierbaren Abtastrate (Sampling rate) Messwerte für Spannung und Strom periodisch erfassen und mit Zeitstempel im internen Gerätespeicher puffern. Die Messwerte werden zeitlich synchron erfasst.

Diese Funktion verwendet den schnellen ADC. Details s. 5.11.9 MEASure Subsystem und technische Daten.

Ein Datensatz besteht aus einem relativen Zeitstempel, Spannungswert und Stromwert. Ist das Ende des verfügbaren Datenspeichers erreicht, werden nach dem Ringpufferprinzip die ältesten Daten mit

den neuen überschrieben. Dies wird signalisiert, indem an der Benutzerschnittstelle MEM in der Statusleiste angezeigt und das MEM-Bit im Questionable Status Register gesetzt wird. Dieser Zustand bleibt so lange erhalten, bis entweder ein Datensatz gelesen oder die Messdatenerfassung neu gestartet wird.

Wenn die Messdatenerfassung durch ein Trigger-Ereignis gestartet oder gestoppt werden soll, muss die Auswertung von Trigger-Ereignissen durch die Messdatenerfassung aktiviert werden (siehe auch 4.24 Triggermodell).

Die interne Messdatenerfassung kann nicht während einer laufenden Listenfunktion oder während einer laufenden Sweep-Funktion ausgeführt werden.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Acquisition
Markierungsfeld „Enable state“: Messwerterfassung aktivieren.
Eingabefeld „Sample rate [s]“: Messrate eingeben.
Beim Verlassen des Fensters mit „OK“ wird die Datenerfassung aktiviert und mit Einschalten des Lasteingangs gestartet.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.1 ACQuisition Subsystem, 5.11.3 DATA Subsystem

4.12.2 Daten-Logging auf USB-Stick

Für lange Messungen mit niedriger Abtastrate und geringer zeitlicher Genauigkeit kann die elektronische Last bei lokaler Bedienung angezeigte Messdaten (für Spannung und Strom) direkt auf einen externen USB-Stick speichern. Dazu muss ein USB-Stick an die USB-Buchse **A2** angeschlossen werden.

Diese Funktion verwendet den langsamen ADC. Details s. 5.11.9 MEASure Subsystem und technische Daten.

Die Messwerte für Zeit, Spannung und Strom werden in einem einstellbaren Speicherintervall protokolliert und sofort auf dem USB-Stick im Verzeichnis „Logging“ gespeichert.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Data -> USB Logging
Eingabefeld „Sample time [s]“: Abtastintervall eingeben.
Eingabefeld „DUT directory“: Die hier eingegebene Nummer entspricht dem Verzeichnisnamen auf dem USB-Stick (siehe 4.15 Ordnerstruktur auf USB-Stick).
Schaltfläche „start“: Messwertspeicherung starten.
Siehe auch 4.15 Ordnerstruktur auf USB-Stick.

4.13 Datenübertragung nach IEEE 488.2 – Binäre Blockdaten

Die Datenübertragung nach IEEE 488.2-Standard ermöglicht die Übertragung von Messdaten in einem definierten binären Blockformat. Diese Methode sorgt für eine effizientere und schnellere Übertragung großer Datenmengen.

Der binäre Blockdatentransfer wird ausschließlich zum Lesen von Messdaten verwendet. Mithilfe des SCPI-Befehls `DATA:REM?` können Messwerte in einem kompakten binären Format abgerufen werden, was die Übertragungszeit im Vergleich zu ASCII-Daten erheblich verkürzt.

1	2	3	4	5
'#'	number of elements that follow (ASCII)	number of bytes that follow (ASCII)	binary data (non-ASCII)	termination character

	<nonzero digit>	<digit(s)>	<8 bit data bytes>	

Beispiel:
#3144<data>NL
Startzeichen
3 Anzahl an nachfolgenden Digits
144 Anzahl der zu übertragenden Datenbytes
<data> Binäre Blockdaten im IEEE 754-Format
NL Endezeichen

Um den binären Blockdatentransfer zu aktivieren, wird der SCPI-Befehl `FORM:DATA REAL,32` verwendet. Dieser konfiguriert die Datenübertragung im IEEE 754-Format, was für präzise und schnelle Übertragung von Gleitkommazahlen steht.

Die Byte-Reihenfolge kann mit dem Befehl `FORM:BORD NORM|SWAP` zwischen Little Endian und Big Endian umgeschaltet werden.

Die binäre Blockdatenübertragung nach IEEE 488.2 kann nur über die Kommunikationsschnittstellen RS-232, USB und LAN verwendet werden. Die Verwendung über GPIB und CAN ist nicht möglich.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.3 DATA Subsystem, 5.11.5 FORMat Subsystem

4.14 Daten aus dem internen Speicher lesen

Die im internen Gerätespeicher gepufferten Messwerte (s. 4.11.6 Messdatenerfassung durch die Listenfunktion oder 4.12 Messdatenerfassung) werden wie folgt ausgelesen.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Data -> Export
Eingabefeld „DUT directory“: Auf dem USB-Stick wird ein Verzeichnis mit der angegebenen Nummer erzeugt, in das die ausgelesenen Daten gespeichert werden.
Schaltfläche „export“: Lesen der Daten starten.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.3 DATA Subsystem.

4.15 Ordnerstruktur auf USB-Stick

Bestimmte Funktionen der elektronischen Last können Messdaten oder Messergebnisse auf einen angesteckten USB-Stick speichern (z.B. Messdatenerfassung). Die erzeugten Dateien werden mit der folgenden Verzeichnisstruktur abgelegt:

Export/Import von Geräteeinstellungen:
Die elektronische Last kann die aktuellen Geräteeinstellungen auf einen USB-Stick exportieren oder diese von einem USB-Stick importieren. Diese „Settings“-Dateien müssen sich im Unterverzeichnis „SETTINGS“ im Stammverzeichnis befinden.

Export von Messdaten und Messergebnissen:

Im Stammverzeichnis des USB-Sticks wird von der Last ein Ordner erstellt, dessen Name sich aus der Geräteserie und der Gerätenummer zusammensetzt. Um die exportierten Dateien einem Prüfling zuordnen zu können, hat der Benutzer die Möglichkeit, in den jeweiligen Dialogfenstern der Funktionen eine Prüflingsnummer anzugeben. Anhand dieser Prüflingsnummer wird der Ordner „DUT*xx*" (xx = Prüflingsnummer) erstellt. Im DUT-Ordner werden anhand der ausgeführten Funktion entsprechende Unterordner erstellt, in denen dann die Messdaten und -ergebnisse gespeichert werden.

4.16 Spannungs-Sweep-Funktion

Um die U/I-Kennlinie von Prüflingen zu ermitteln, gibt es die Spannungs-Sweep-Funktion, die ausschließlich über die Benutzerschnittstelle zu bedienen ist.

Dazu wird eine Spannungsrampe mittels Start- und Endspannung definiert und die entsprechende Dauer des Sweep-Vorgangs. Die Rampe kann steigend oder fallend sein.

Diese Funktion verwendet den schnellen ADC. Details s. 5.11.9 MEASure Subsystem und technische Daten.

Nach dem Start der Spannungs-Sweep-Funktion stellt die elektronische Last den Wert der Startspannung ein. Der Sweep Vorgang beginnt nach einer Sekunde Verweildauer. Die Last verändert den Spannungswert kontinuierlich bis zum Erreichen der Endspannung. Im Anschluss wird wieder eine Verweildauer von einer Sekunde ausgeführt. Während der Ausführung des Sweep-Vorgangs werden die Messdaten mit Hilfe der internen ACQ-Funktion aufgenommen. Die elektronische Last stellt die Abtastzeit so ein, dass maximal 360 Messpunkte aufgezeichnet werden.

Nach der Funktionsausführung können die aufgenommenen Messdaten im graphischen „Data Viewer" betrachtet oder auf einen angeschlossenen USB-Stick exportiert werden.

Die nutzbaren Zeiteinstellungen sind eventuell durch die Anstiegs- und Abfallzeit des jeweiligen Modells beschränkt (siehe technische Daten).

Die Sweep-Funktion kann nicht während einer laufenden internen Messdatenerfassung ausgeführt werden.

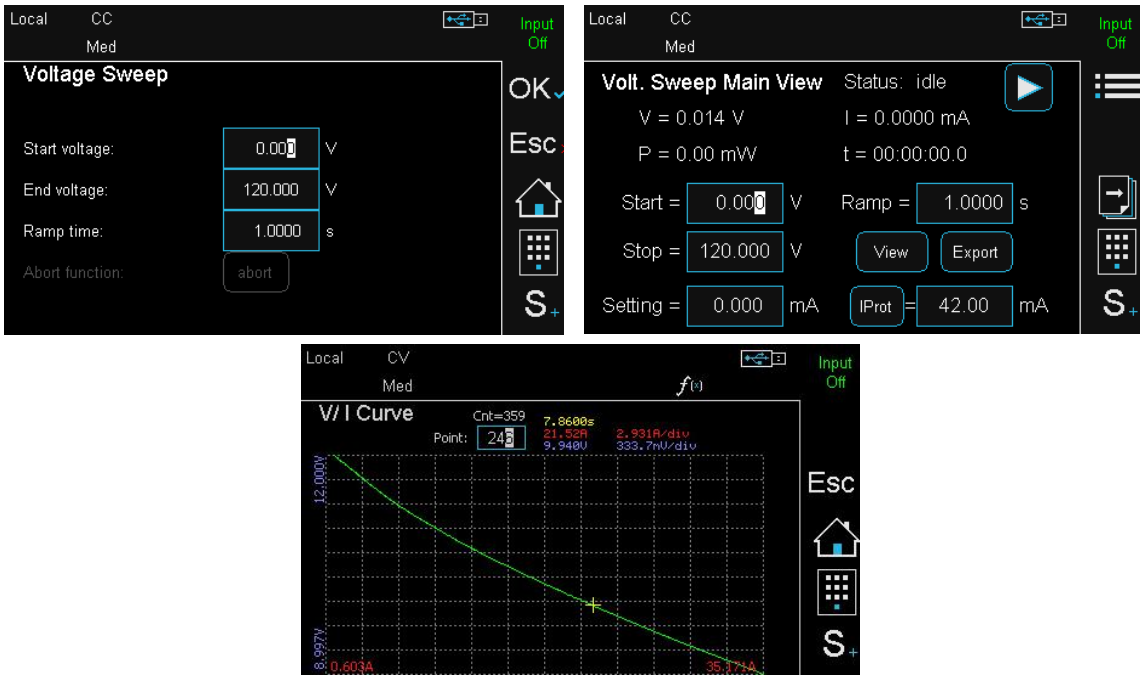


Abbildung 4.15: Konfiguration, Hauptansicht und resultierende Kurve der Spannungs-Sweep-Funktion

<u>Lokale Bedienung:</u>
Main Menu -> Settings -> Function -> Voltage Sweep
Eingabefelder „Start voltage“ und „End voltage“: Werte für Start- und Endspannungen eingeben.
Eingabefeld „Ramp time“: Dauer des Sweepvorgangs eingeben.
Mit „OK“ bestätigen.
In der funktionsspezifischen Hauptansicht „Volt. Sweep Main View“ ggf. die Strombegrenzung im Eingabefeld „IProt“ anpassen.
Eingabefeld „Setting“: ggf. Sollwert der noch aktiven statischen Betriebsart anpassen.
Mit Shortcut S+ -> Start den Sweep starten und Ende abwarten.
Schaltfläche “View”: aufgenommene Kurve im Graphical Data Viewer anzeigen.
Schaltfläche “Export”: aufgenommene Daten auf USB-Stick exportieren. Siehe auch 4.15 Ordnerstruktur auf USB-Stick

4.17 Entladefunktion

Zur Prüfung von Energiespeichern wie Batterien, Ultracaps und Kondensatoren kann die elektronische Last einen angeschlossenen Prüfling kontrolliert entladen und die Werte für entnommene Ladung und Energie zur Verfügung stellen.

Bei lokaler Bedienung wird der Benutzer durch das Menü geführt, so dass das Gerät einige wichtige Einstellungen wie z. B. Strom- und Spannungsbegrenzung fordert.

Sie starten die Entladung, indem Sie bei aktivierter Entladefunktion und vorgewählter Belastung den Lasteingang einschalten. Dazu müssen Sie bei lokaler Bedienung mindestens ein Stoppkriterium aktiviert haben.

Bei der laufenden Entladung kumuliert die Last im Sekundentakt die dem Prüfling entnommene Ladung in Ah und die Energie in Wh. Diese werden ebenso wie die aktuellen Messwerte für Spannung und Strom mit der verstrichenen Entladezeit auf dem User Interface angezeigt.

Der an den Lasteingang angeschlossene Prüfling wird so lange mit der gewählten Belastung beaufschlagt, bis eines der aktivierten Stoppkriterien erfüllt ist.

Betriebsart für die Entladung

Die Entladefunktion ist prinzipiell in jeder Betriebsart möglich. Bei lokaler Bedienung stehen die folgenden Betriebsarten zur Verfügung:

- Strombetrieb
- Leistungsbetrieb
- Widerstandsbetrieb
- dynamische Entladung im List-Betrieb

Den Sollwert für die gewählte Betriebsart geben Sie direkt im Fenster „Level" ein. Diesen können Sie auch später bei laufender statischer Entladung verändern.

Dynamische Entladung

Die Entladefunktion bietet die Möglichkeit, einen Prüfling mit Hilfe eines dynamischen Lastprofils kontrolliert zu entladen. Für diesen Anwendungsfall muss zuerst ein gültiges Lastprofil mit Hilfe der List-Funktion erstellt werden (s. 4.11 List-Funktion).
Anschließend kann im Dialogfenster "Discharge Mode" der Eintrag "List" angewählt werden. Nach dem Starten der Entladefunktion mit der Tastenfolge Shortcut -> Start werden die List- und Entladefunktion gemeinsam ausgeführt.

Im digitalen Fernsteuerbetrieb müssen die List- und Entladefunktion separat gestartet werden.

IUa-Entladung, CC+CV-Entladung

Eine besondere Entladeart ist die CC+CV- bzw. IUa-Entladung. Dabei wird der Prüfling zunächst mit konstantem Strom bis zu einer definierten Minimalspannung (Sollwert des Unterspannungsschutzes) entladen. Bei Erreichen dieser Spannung schaltet die elektronische Last implizit in den Spannungsbetrieb um, d. h. die angegebene Spannung wird konstant gehalten, und zwar so lange, bis der gemessene Strom unter den Wert des Stoppkriteriums Strom (siehe unten) gesunken ist. Erst dann schaltet die Last den Lasteingang ab und die Prüfung ist beendet.

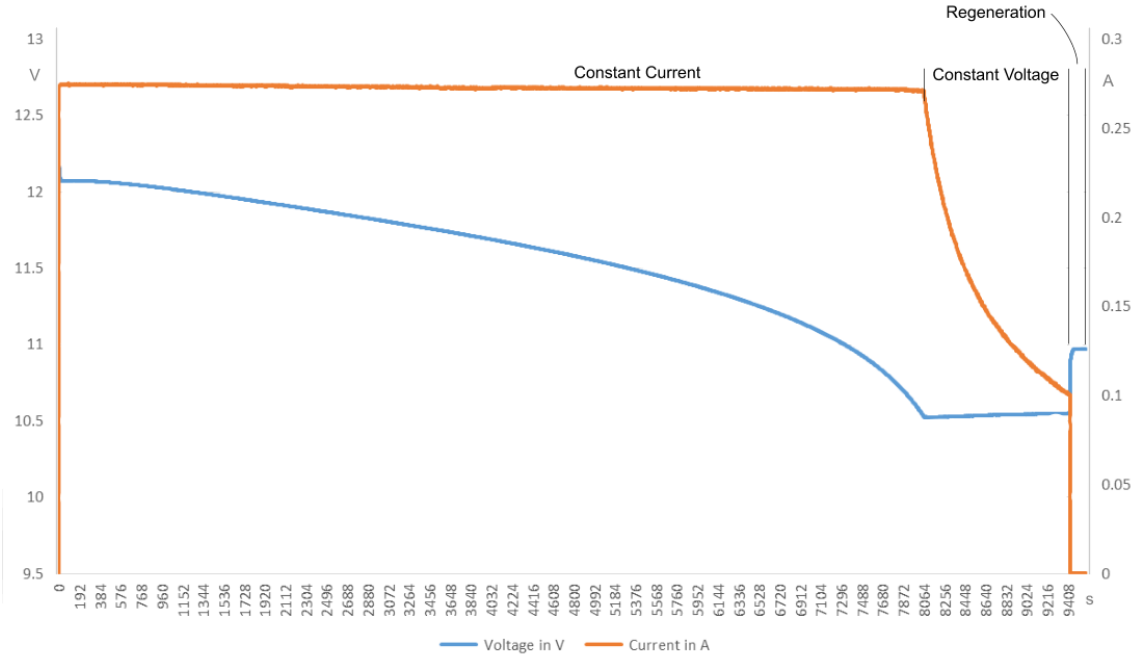


Abbildung 4.16: IUa-Entladung mit 0,27 A und 10,5 V Voltage Protection. Abschaltkriterium: Strom mit 0,1 A

Eine IUa-Entladung realisieren Sie, indem Sie den Wert der zu regelnden Minimalspannung als Sollwert für den Unterspannungsschutz vorgeben und das Stoppkriterium Strom aktivieren und definieren.

Stoppkriterien

Folgende Stoppkriterien sind unabhängig voneinander aktivierbar:

- Ladung (Charge)
- Energie (Energy)
- Zeit (Time)
- Strom (Current)
- Spannung (Voltage)

Die Stoppkriterien sind bei digitaler Fernsteuerung auch während der laufenden Entladung im Wert veränderbar.

Die Stoppkriterien Ladung, Energie und Zeit werden auf Überschreitung geprüft, die Stoppkriterien Strom und Spannung auf Unterschreitung. Das heißt, die Entladung stoppt z. B. wenn die kumulierte Ladung größer/gleich dem vorgegebenen Stopp-Wert ist oder wenn die gemessene Spannung kleiner/gleich dem vorgegebenen Stopp-Wert ist.

Wenn eines der aktivierten Stoppkriterien erreicht wird, schaltet die elektronische Last den Lasteingang aus und deaktiviert die Entladefunktion.

Statische Messdatenerfassung

Zur Speicherung von Messdaten kann bei digitaler Fernsteuerung die statische Messdatenerfassung aktiviert werden (siehe 4.12 Messdatenerfassung).

Messdatenerfassung mit Nachlaufzeit auf USB-Speicher

Bei lokaler Bedienung kann die elektronische Last die ermittelten Messwerte auf einen USB-Stick mitschreiben (siehe 4.12.2 Daten-Logging auf USB-Stick).

Die Besonderheit bei der Entladefunktion liegt darin, dass Sie hier beim Datenlogging eine Nachlaufzeit definieren können, um die Erholungsphase des Prüflings nach dem Abschalten zu dokumentieren (siehe Abschnitt „Regeneration“ in Abbildung 4.16).

<u>Mögliche Konflikte:</u>
Die Entladefunktion kann nicht gestartet werden, während eine der folgenden Funktionen aktiv ist:

- Innenwiderstandsmessung
- Rechteckfunktion
- MPPT-Funktion
- extern gesteuerter Aktivierungszustand des Lasteingangs

<u>Lokale Bedienung:</u>
Main Menu -> Settings -> Function -> Discharge
„Initialize function“: „Enter“ drücken.
Im folgenden Dialogfenster „Discharge Stop Conditions“ mindestens ein Abschaltkriterium aktivieren und definieren. Mit „OK“ bestätigen.
Im folgenden Dialogfenster „Discharge Mode and Protection“ die Sollwerte für Betriebsart, Pegel und Schutzfunktionen anpassen. Mit „OK“ bestätigen.
Im folgenden Dialogfenster „Discharge“ mit „OK“ die Konfiguration der Funktion abschließen.
In der funktionsspezifischen Hauptansicht „Discharge Main View“ mit Shortcut S+ -> Start die Entladefunktion starten.

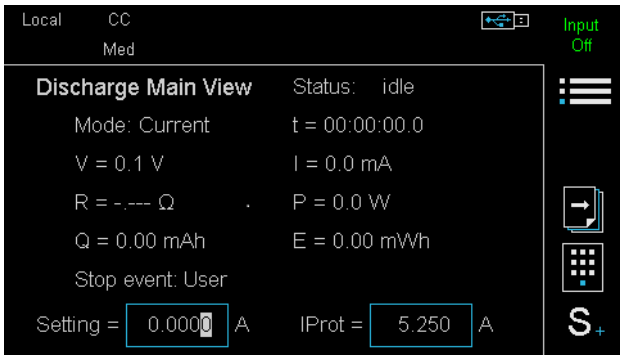


Abbildung 4.17: Hauptansicht der Entladefunktion

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem: Befehle `FUNCtion:DISCharge`

4.18 Innenwiderstandsmessung

Die elektronische Last kann den Gleichstrom-Innenwiderstand des angeschlossenen Prüflings vermessen.

Diese Funktion verwendet den schnellen ADC. Details s. 5.11.9 MEASure Subsystem und technische Daten.

Die Bestimmung des Innenwiderstandes richtet sich nach dem Prinzip, wie es in verschiedenen Standards für Batterien und Akkumulatoren, z. B. DIN EN 61951, DIN EN 61960, spezifiziert ist: im Abstand von einigen Sekunden wird bei zwei definierten Belastungsstufen die Klemmenspannung des Prüflings gemessen.

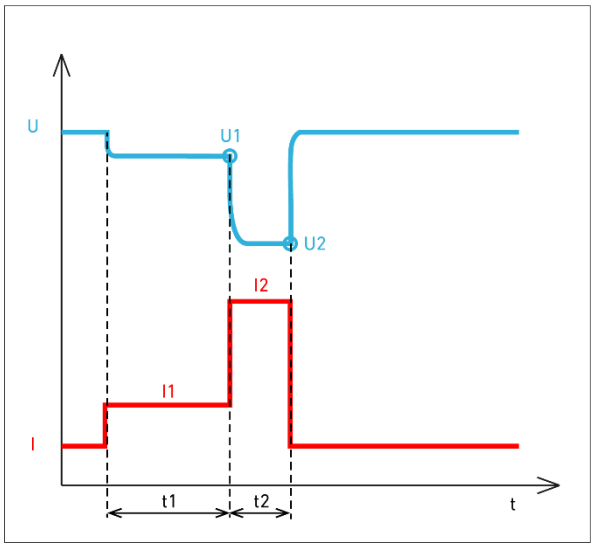


Abbildung 4.18: Prinzip der Innenwiderstandsmessung

Am Ende der ersten Belastungsstufe I1 wird die Spannung U1 am Prüfling gemessen. Dann wird sofort die zweite, höhere Belastungsstufe eingestellt, an deren Ende die Spannung U2 gemessen wird. Die Last berechnet dann den Innenwiderstand aus dem Quotienten der gemessenen Spannungs- und Stromdifferenz:

Ri = (U1-U2)/(I2-I1)

Die Höhe der Belastungsstufen I1 und I2 sowie die Verweildauern t1 (für I1) und t2 (für I2) sind einstellbar. Die zweite Belastungsstufe I2 muss höher sein als I1, andernfalls generiert die elektronische Last beim Starten der Messfunktion einen Settings conflict Error.

Bei lokaler Bedienung kann die elektronische Last die Parameter und das Ergebnis der Messung auf einen angeschlossenen USB-Stick speichern.

Schließen Sie zur Innenwiderstandsmessung die Sense-Anschlüsse an den Prüfling, sonst verfälscht der Spannungsabfall auf den Lastleitungen das Messergebnis.

Mögliche Konflikte:
Die Innenwiderstandsmess-Funktion kann nicht gestartet werden, während eine der folgenden Funktionen aktiv ist:

- Entladefunktion
- Listenfunktion
- Rechteckfunktion
- MPPT-Funktion
- extern gesteuerte Betriebsart oder Sollwert

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Function -> Ri Measurement
Eingabefelder „Current/Time 1“ und „Current/Time 2“ die Sollwerte für Strompegel und Zeit definieren. Mit „OK“ bestätigen.
In der funktionsspezifischen Hauptansicht „Ri Main View“ mit Shortcut S+ -> Start die Messfunktion starten.

4.19 MPP Tracking

Die Maximum Power Point Tracking-Funktion (MPPT-Funktion) ermöglicht das Prüfen von Solar- bzw. Photovoltaikmodulen, indem die elektronische Last den Punkt der maximalen Leistung des angeschlossenen Prüflings durch Variieren des Spannungssollwerts im Spannungsbetrieb regelt.

Diese Funktion verwendet den schnellen ADC. Details s. 5.11.9 MEASure Subsystem und technische Daten.

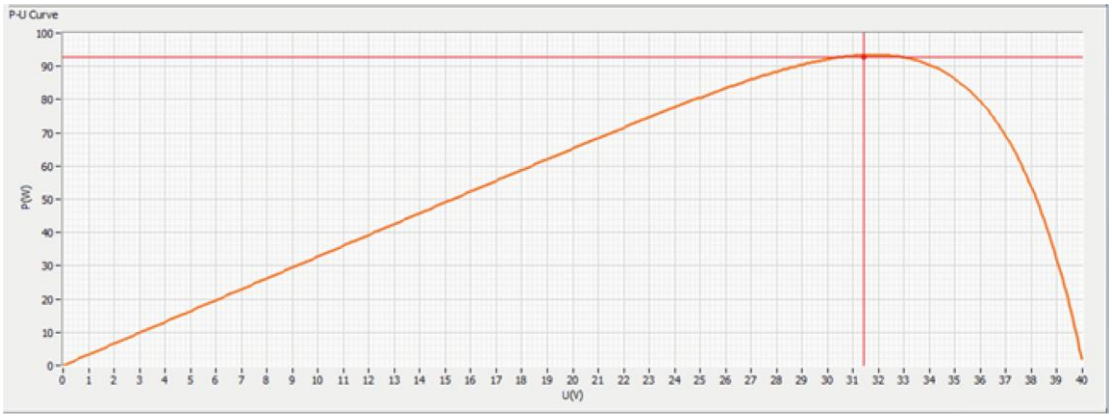


Abbildung 4.19: Leistungskurve über der Spannung mit MPP

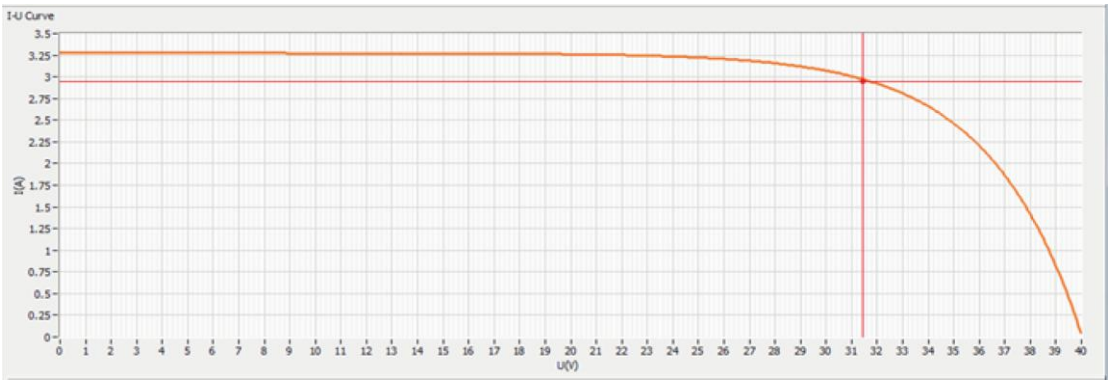


Abbildung 4.20: Stromkurve über der Spannung mit MPP

4.19.1 Begriffsdefinitionen

MPP
Der MPP (Maximum Power Point) ist der Betriebspunkt, an dem der Prüfling (Solar-/PV-Modul) die meiste Leistung abgibt. Der zuletzt gefundene/geregelte MPP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt und kann über eine Datenschnittstelle abgefragt werden.

Sweep
Die MPPT-Sweep-Funktion misst die Leerlaufspannung Uoc des Prüflings, vermisst die U/I-Kennlinie und bestimmt auf deren Basis den globalen MPP.

Sweep-Dauer
Die Sweep-Dauer bestimmt, wie lange ein einzelner Sweep dauert. Sie wird über die Benutzerschnittstelle oder über eine Datenschnittstelle eingestellt.

Sweep-Periode
Die Sweep-Periode bestimmt, in welchem zeitlichen Abstand ein Sweep durchgeführt wird. Sie wird über die Benutzerschnittstelle oder über eine Datenschnittstelle eingestellt.

Sweep-Richtung
Die Sweep-Richtung bestimmt, ob von der Leerlaufspannung Uoc des Prüflings aus bis auf 0 Volt die Spannung reduziert wird (Richtung „down"), oder ob von 0 Volt aus bis zur Leerlaufspannung Uoc die Spannung erhöht wird (Richtung „up"). Die Sweep-Richtung kann über die Benutzerschnittstelle oder über eine Datenschnittstelle vorgegeben werden.

Sweep-Messdaten
Die gemessenen Sweep-Messdaten bilden die U/I-Kennlinie des Prüflings mit 100 Punkten ab. Sie sind folgendermaßen zusammengesetzt:
<Volt_0>,<Curr_0>,<Volt_1>,<Curr_1>,...,<Volt_99>,<Curr_99>
Die Sweep-Messdaten können über eine Datenschnittstelle abgefragt werden. Ebenso kann die Anzahl der Messpunkte des letzten Sweeps über eine Datenschnittstelle abgefragt werden. Ist die Anzahl gleich 0, so hat noch kein Sweep stattgefunden.

Kumulierte Energie
Energie in Wh, die seit Aktivierung der MPPT-Funktion dem Prüfling entnommen wurde. Bei Aktivierung der MPPT-Funktion wird beginnend bei 0 die Energie in Wh aufkumuliert, bis die Ausführung deaktiviert wird. Wird bei laufendem MPPT der Lasteingang ausgeschaltet, pausiert die Kumulation, bis der Eingang wieder eingeschaltet wird. Der Wert bleibt auch nach Deaktivierung der Funktion erhalten, bis die MPPT-Funktion erneut gestartet wird.
Der Energiewert wird an der Benutzerschnittstelle in der Hauptansicht angezeigt und kann über eine Datenschnittstelle abgefragt werden.

Regelgenauigkeit ΔP
Die Regelgenauigkeit bestimmt, mit welcher Genauigkeit der MPP nachgeregelt wird. Beginnend beim MPP des letzten Sweeps wird die Spannung so lange in die gleiche Richtung variiert, bis sich

die Leistung um ΔP · MPP verringert hat. Dann wird die Richtung der Spannungsvariation umgekehrt, bis wieder ein Leistungsmaximum gefunden wird und dieses sodann um ΔP · MPP zurückgeht usw. Die MPP-Regelgenauigkeit ist als Geräteparameter nichtflüchtig gespeichert (siehe 9.2 Geräteparameter). Dieser Parameter wird beim Zurücksetzen des Gerätes auf Werkseinstellungen (Factory Reset bzw. SYSTem:PRESet) auf den Standardwert gesetzt.

Mindestspannung
Die Mindestspannung bestimmt, ab welcher Leerlaufspannung des Prüflings Sweep und Tracking durchgeführt werden.
Die Mindestspannung ist als Geräteparameter nichtflüchtig gespeichert (siehe 9.2 Geräteparameter). Dieser Parameter wird beim Zurücksetzen des Gerätes auf Werkseinstellungen (Factory Reset bzw. SYSTem:PRESet) auf den Standardwert gesetzt.

4.19.2 MPPT-Funktion

Die Funktion besteht aus den beiden Unterfunktionen Sweeping und Tracking, die sich ständig in einem einstellbaren Intervall (Sweep-Periodendauer) abwechseln. Über eine Datenschnittstelle kann ein Sweep auch erzwungen werden, sofern die elektronische Last in diesem Moment nicht schon einen Sweep durchführt.

Zum Starten der MPP-Regelung muss die MPPT-Funktion aktiviert und der Lasteingang eingeschaltet werden. Ist die gemessene Leerlaufspannung größer als die Mindestspannung, führt die elektronische Last einen Sweep durch und regelt anschließend den dabei gefundenen MPP nach.

Die U/I-Kennlinie wird zusammen mit der U/P-Kennlinie im Funktionsgraph der Benutzerschnittstelle angezeigt.

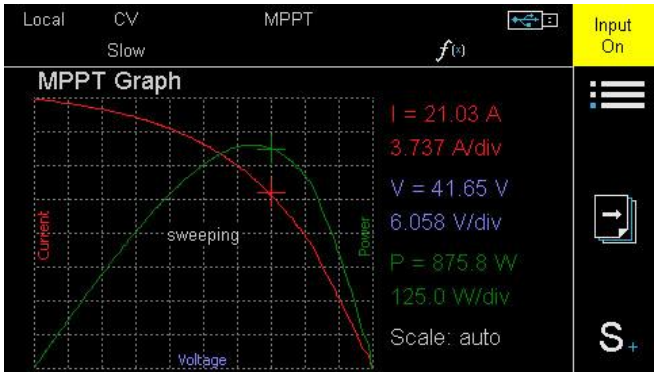


Abbildung 4.21: U/I- und U/P-Kennlinie

Mögliche Konflikte:
Die MPPT-Funktion kann nicht gestartet werden, während eine der folgenden Funktionen aktiv ist:

- Innenwiderstandsmessung
- Entladefunktion
- Listenfunktion
- Rechteckfunktion

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Functions-> MPPT
Sollwerte für Sweep-Dauer, Sweep-Periode und Sweep-Richtung definieren. Mit „OK" bestätigen.

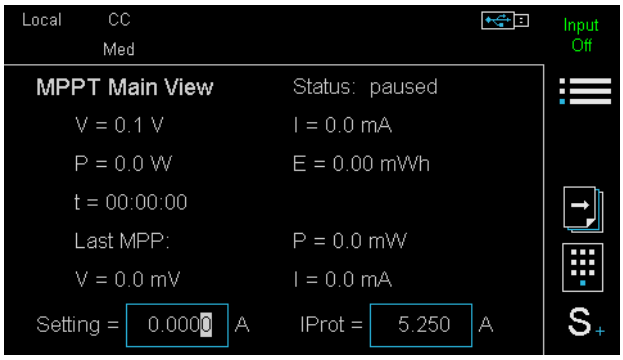


Abbildung 4.22: Hauptansicht der MPPT-Funktion

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem.

4.20 Master-Slave-Betrieb im Systemverbund

4.20.1 Funktionen und Begriffe

Zur Erhöhung der Leistung oder des Stromes können elektronische Lasten gleichen Typs im Master-Slave-Betrieb als ein System parallel betrieben werden.

Die Master-Einheit regelt den gesamten Eingangsstrom des Systems. Sie zeigt auch die Messwerte des Systems an der Benutzerschnittstelle an und liefert diese bei Abfrage über eine der Datenschnittstellen (außer CAN) zurück. Die an der Master-Einheit gemessene Spannung ist die Grundlage für die geregelten Sollwerte im Spannungs-, Leistungs- und Widerstandsbetrieb.

Systemeinheit
Eine elektronische Last ist eine Systemeinheit. Sie arbeitet in einer der System-Betriebsarten Single, Master oder Slave. Die Werkseinstellung für die System-Betriebsart ist Single. Die System-Betriebsart wird bei einem Reset oder beim Aus- und Einschalten nicht verändert.

Systemverbund
Ein Systemverbund besteht aus mindestens zwei Systemeinheiten: genau ein Master- und bis zu vier Slave-Geräte.

Single-Betrieb
Im Single-Betrieb ist die elektronische Last mit keinen weiteren Einheiten über die CAN-Schnittstelle oder den I/O-Port verbunden. Die gesamte Geräte-Funktionalität und alle Datenschnittstellen stehen uneingeschränkt zur Verfügung.

Master-Betrieb
Im Master-Betrieb steuert die Systemeinheit über die CAN-Schnittstelle und den I/O-Port eine oder mehrere Systemeinheiten im Slave-Betrieb.

Slave-Betrieb
Im Slave-Betrieb wird die Systemeinheit über die CAN-Schnittstelle und den I/O-Port von der Master-Einheit gesteuert. Sie kann bis auf einige Diagnosefunktionen ansonsten nicht bedient werden.

4.20.2 Voraussetzungen für einen Systemverbund

- Alle Systemeinheiten müssen von der gleichen Serie und vom gleichen Typ sein.
- Die Firmware-Version (Major und Minor Version) aller Systemeinheiten muss identisch sein.

- Beim Einschalten der Master-Einheit müssen bereits alle Slave-Einheiten eingeschaltet sein bzw. alle Einheiten müssen gleichzeitig eingeschaltet werden.

4.20.3 Einschränkungen im Master-Slave-Betrieb

Einschränkungen im Systemverbund:

- Funktionen zur Messwerterfassung und -verwaltung (Subsystem ACQuisition, DATA und LIST:ACQuisition) stehen nicht zur Verfügung.
- Funktionen für die Entladung/Batterieprüfung (DISCharge) stehen nicht zur Verfügung.
- Funktionen für die Innenwiderstandsmessung stehen nicht zur Verfügung (MEASure:IRESistance).
- Funktionen für das Maximum Power Point Tracking (MPPT) stehen nicht zur Verfügung.
- Justierfunktionen (Subsystem SERVice:CALibration) stehen nicht zur Verfügung.
- Funktionen zum Setzen und Lesen von Geräteparametern sind nur eingeschränkt verfügbar (Subsystem SERVice:PARameter).

Einschränkungen Master-Gerät:

- Firmware-Updates können nicht durchgeführt werden.
- Die externe CAN-Schnittstelle steht für die Kommunikation mit einem Steuerrechner nicht zur Verfügung.
- Der I/O-Port steht bei Einsatz des Master-Slave-Kabels K-MS-HES nur mit SubD25-Doppler (bestellbares Zubehör) zur Verfügung.
- Einzelne Funktionen, Menüeinträge der Benutzerschnittstelle und SCPI-Befehle stehen nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung.

Einschränkungen Slave-Gerät:

- Die Kommunikation über die Datenschnittstellen ist nicht möglich.
- Die Menüstruktur der Benutzerschnittstelle ist auf wenige Diagnosefunktionen reduziert.
- Der I/O-Port steht bei Einsatz des Master-Slave-Kabels K-MS-HES nur mit SubD25-Doppler (bestellbares Zubehör) zur Verfügung.

4.20.4 Systemverbund herstellen

1. Alle Systemeinheiten einschalten. Lasteingänge ausgeschaltet lassen.
2. An der elektronischen Last, die die anderen Einheiten steuert und die Gesamt-Messwerte anzeigen soll, Master-Betrieb einstellen.

   Lokale Bedienung:
   Main Menu -> Configuration -> Master/Slave
   Auswahlfeld „Unit mode“: „Master“ auswählen. Mit „OK“ bestätigen. Nachfolgendes Benachrichtigungsfenster schließen.

   Digitale Fernsteuerung:
   Siehe 5.11.18 SYSTem Subsystem
3. Auf die gleiche Weise an der ersten elektronischen Last, die von der Master-Einheit gesteuert werden soll, Slave-Betrieb mit Slave-Adresse 2 einstellen.
4. Bei Bedarf bis zu drei weitere elektronische Lasten in Slave-Betrieb versetzen. Slave-Adressen 3 bis 5 einstellen.

Jede Adresse darf nur einmal im System vorhanden sein! Bei Mehrfachadressen arbeitet das System fehlerhaft und berechnet falsche Messwerte.

5. Die Lasteingänge aller Systemeinheiten wie in Abbildung 4.23 verdrillt an den Prüfling schalten. Die Leitungen aller Systemeinheiten bis zum Prüfling führen, nicht an den Systemeinheiten verbinden!

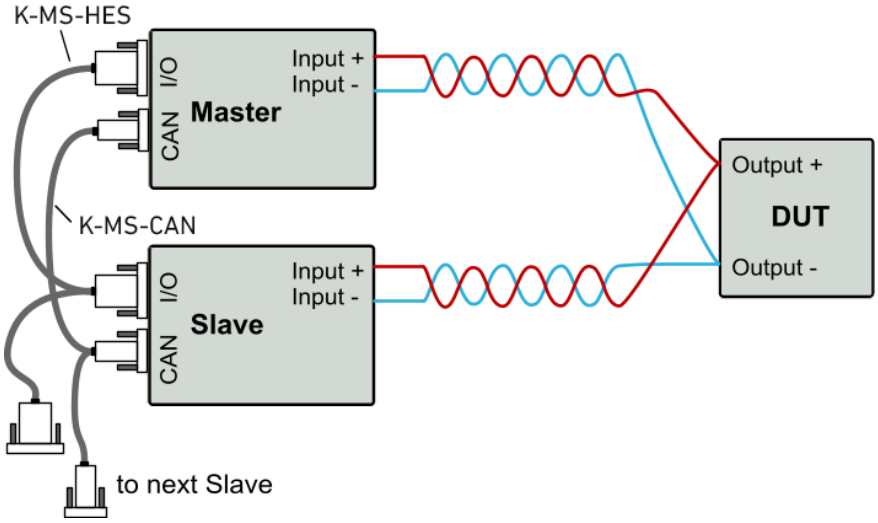


Abbildung 4.23: Verschaltung im Master-Slave-Betrieb

Eine Serienschaltung der Lasteingänge zur Erhöhung der Eingangsspannung ist NICHT zulässig!

6. Alle Systemeinheiten ausschalten.
7. Die CAN-Schnittstellen aller Systemeinheiten mit K-MS-CAN-Kabeln verbinden. I/O-Ports aller Systemeinheiten mit K-MS-HES-Kabeln verbinden.
8. Alle Slave-Einheiten einschalten.
9. Die Master-Einheit einschalten.

   Jede Systemeinheit zeigt jetzt in der Statusleiste die aktive System-Betriebsart („Master“ oder „Slave“) und die Adresse der Systemeinheit an.

   Der Systemverbund ist nun konfiguriert und kann über die Master-Einheit gesteuert werden. Die Master-Einheit bestimmt die Stromaufnahme und den Eingangszustand der Slave-Einheiten und zeigt Mess- und Statuswerte des gesamten Systemverbundes an.

4.20.5 Systemverbund auflösen

1. Die Lasteingänge bei allen Systemeinheiten ausschalten.
2. Bei allen Systemeinheiten Single Mode einstellen.

   Lokale Bedienung:
   Main Menu -> Configuration -> Master/Slave
   Auswahlfeld „Unit mode“: „Single“ auswählen. Mit „OK“ bestätigen. Nachfolgendes Benachrichtigungsfenster schließen.

   Digitale Fernsteuerung:
   Siehe 5.11.18 SYSTem Subsystem.
3. Alle Systemeinheiten ausschalten.
4. Alle K-MS-HES-Kabel von den I/O-Ports und alle K-MS-CAN-Kabel von den CAN-Schnittstellen abstecken.
5. Alle Systemeinheiten einschalten.

4.20.6 Steckerbelegung des K-MS-HES-Kabels

An beiden Enden des Kabels befindet sich ein 25-poliger D-Sub-Stecker.

Steckerbelegung:

Master			Slave*	
Pin	Signal		Pin	Signal
24	GND	←→	24	GND
5	/STAT-ON	←→	9	/INP-ON
1	GNDA	←→	3	LEVEL10V-
15	IMON	←→	16	LEVEL10V+

* und weitere Slaves

Das Kabel K-MS-HES dient zur Verbindung von zwei Systemeinheiten. Es stellt gleich eine Kupplung zum Anschluss einer weiteren Slave-Einheit zur Verfügung.

Für jede weitere Slave-Einheit wird ein Kabel K-MS-HES benötigt.

4.20.7 Buchsenbelegung des K-MS-CAN-Kabels

An beiden Enden des Kabels befindet sich eine 9-polige D-Sub-Buchse.

Buchsenbelegung:

Master			Slave*	
Pin	Signal		Pin	Signal
2	CAN_L	←→	2	CAN_L
3	GND	←→	3	GND
6	GND	←→	6	GND
7	CAN_H	←→	7	CAN_H

* und weitere Slaves

Das Kabel K-MS-CAN dient zur Verbindung von zwei Systemeinheiten. Es stellt eine Kupplung zum Anschluss einer weiteren Slave-Einheit zur Verfügung.

Für jede weitere Slave-Einheit wird ein Kabel K-MS-CAN benötigt.

4.21 Messdaten anzeigen

In der lokalen Bedienung gibt es verschiedene Arten der Messwert- bzw. Messdatenanzeige.

Neben der Messwertanzeige im numerischen Format zeigt der Yt-Graph den zeitlichen Verlauf von Spannung, Strom und/oder Leistung. Der Yt-Graph wird durch Berühren des Blättern-Symbols in der Hauptansicht angezeigt.

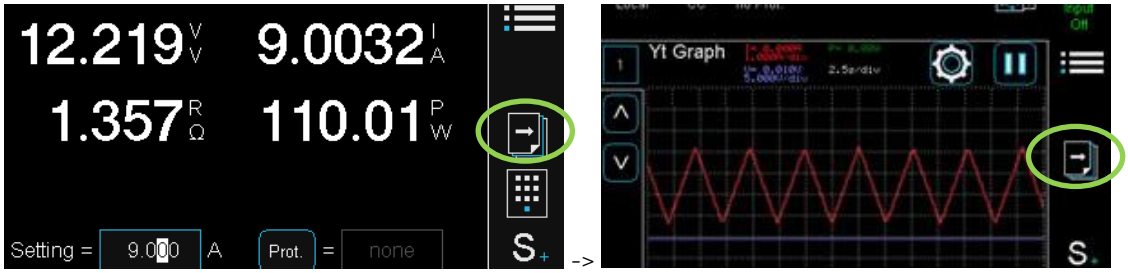


Abbildung 4.24: Hauptansichten der Messwerte/-daten

Lokale Bedienung:
Hauptansicht -> Blättern-Symbol

4.22 Lüftersteuerung

Die Geräte verfügen über eine automatische Lüftersteuerung. Die Drehzahl der Lüfter wird in Abhängigkeit von der Temperatur der Leistungsstufe in zwei Stufen umgeschaltet.

In einigen Anwendungen ist es von Vorteil, die Temperatur der Leistungsstufe so niedrig wie möglich zu halten. Dazu kann die Lüftersteuerung von "Automatic" auf "Full" gestellt werden, so dass die Lüfter mit der maximalen Kühlleistung laufen.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic settings -> Cooling

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.18 SYSTem Subsystem

4.23 Null-Volt-Funktion

Um auch Lastmodelle mit minimalen Eingangsspannungen größer als 0 V bis in den Kurzschluss zu betreiben, kann eine externe Hilfsspannung angeschlossen werden, die die internen Verluste des Gerätes ausgleicht, siehe Abbildung 4.25. Dadurch eignet sich die elektronische Last zur Aufnahme von Strombegrenzungskennlinien bis zum Kurzschluss.

Um diese Hilfsspannung zu nutzen, aktivieren Sie im Basic Configuration Menü die Null-Volt-Funktion oder senden im Fernsteuerbetrieb den entsprechenden Befehl an die Last.

Wird im Strombetrieb ein größerer Laststrom eingestellt als der Prüfling liefern kann, bricht die Spannung des Prüflings auf 0 V zusammen und es fließt der Kurzschlussstrom.

Im Spannungsbetrieb kann die Lastspannung bis 0 V eingestellt werden.

Beim Widerstandsbetrieb wird der Widerstandsbereich bis 0 Ohm erweitert. Wenn die Sense-Klemmen angeschlossen werden, so wird der Kurzschluss bis an die Stelle geregelt, an der die Sense-Klemmen mit den Ausgangsklemmen des Prüflings verbunden sind.

Das heißt, auch der Widerstand der Lastkabel wird bei der Regelung berücksichtigt und ausgeregelt. Dazu können die Lastklemmen sogar leicht negativ werden, um den Spannungsverlust auf den Lastkabeln wieder auszugleichen. Damit kann auch trotz des Widerstandes des Kabels am Prüfling annähernd ein Kurzschluss eingestellt werden.

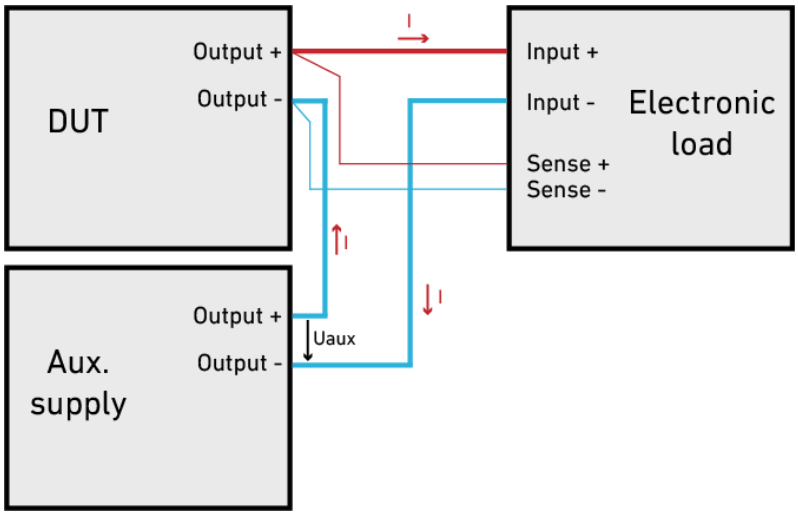


Abbildung 4.25: Verschaltung einer Hilfsspannung bei aktivierter Null-Volt-Funktion

Leistungsminderung durch externe Hilfsspannung
Die Leistungsbegrenzung der elektronischen Last berechnet sich aus der Spannung, die an den Sense-Eingängen gemessen wird. Bei Verwendung einer Hilfsspannung wie in Abbildung 4.25 ist die von der Last gemessene Leistung aber geringer als die tatsächliche Leistung.

Die für die Prüfung verbleibende Leistung Pmax ist abhängig vom Laststrom und errechnet sich nach der folgenden Formel:

Pmax = Pcont – (I · Uaux)

Pmax: Verbleibende maximale Prüfleistung für elektronische Last
Pcont: Dauerleistung der elektronischen Last (s. technische Daten)
I: Laststrom
Uaux: Hilfsspannung

Eine höhere Leistung als Pmax kann die elektronische Last zerstören. Die maximale Leistung Pmax darf deshalb nicht überschritten werden!

Die Hilfsspannung sollte so gering wie möglich sein.
Wir empfehlen 3,5 V. Sie darf nicht höher als 5 V sein.
Sie muss den maximal auftretenden Strom liefern können.

Bei schnellen Regelvorgängen im Bereich um 0 Volt kann es aufgrund von Einschwingvorgängen zur kurzzeitigen Spannungsumkehr bis zur Höhe der angelegten Hilfsspannung Uaux am Prüfling kommen.

- Stellen Sie sicher, dass der Prüfling durch kurzzeitige Spannungsumkehr keinen Schaden nimmt!
- Gegebenenfalls eine Verpoldiode in den Lastkreis schalten!

Die Qualität der Hilfsspannung ist auch maßgebend für die Qualität der zu regelnden Eingangsgröße. Störungen auf der Hilfsspannung wirken sich unter Umständen auf die geregelte Größe aus.

Um Belastungen bis zu 0 Volt ermöglichen zu können, muss bei aktivierter Null-Volt-Funktion der Unterspannungsschutz auf 0,0 Volt gesetzt und in regelndem Modus betrieben werden (siehe 4.3.2 Unterspannungsschutz).

<u>Lokale Bedienung:</u>
Main Menu -> Settings -> Basic settings -> Zero voltage
Markierungsfeld „Enable zero voltage“ aktivieren. Mit „OK“ bestätigen.

<u>Digitale Fernsteuerung:</u>
Siehe 5.11.6 FUNCtion Subsystem

4.24 Triggermodell

Verschiedene Triggeraktionen können im digitalen Fernsteuerbetrieb durch ein Triggerereignis ausgelöst werden:

- Getriggerte Sollwerte aller Betriebsarten setzen
- Aktivierungszustand des Lasteingangs, der List-Funktion und der Messdatenerfassung setzen

4.24.1 Zustände im Triggermodell

In der elektronischen Last ist ein systemspezifisches Triggermodell (s. Abbildung 4.26) integriert. Mögliche Zustände:

- IDLE: Das Triggermodell befindet sich im Ruhezustand. Die elektronische Last wartet nicht auf einen Trigger. Triggerereignisse im Zustand IDLE verursachen einen Fehler. Der Zustand IDLE wird nach dem Befehl ABORt oder nach einem Reset eingenommen.
- INITIATED: Im Zustand INITIATED wartet das Gerät auf ein Triggerereignis.
- ACTION: Die Triggeraktionen werden ausgeführt. Danach wird wieder der Zustand IDLE eingenommen, wenn die kontinuierliche Initialisierung deaktiviert ist. Andernfalls wird der Zustand INITIATED eingenommen.

4.24.2 Trigger-Verzögerungs- und Freihaltezeit

Für den Zustandsübergang von INITIATED zu ACTION kann eine Verzögerungszeit (trigger delay) definiert werden, nach der die getriggerten Aktionen erst ausgeführt werden.

Ebenso kann für den Zustandsübergang von ACTION zu IDLE bzw. INITIATED eine Freihaltezeit (holdoff) definiert werden, um ein unbeabsichtigtes nochmaliges Auslösen eines Triggers z. B. bei Prellen des externen Triggersignals zu verhindern.

Die Latenzzeit (Verzögerungszeit) vom Eintreffen eines Triggerbefehls (*TRG) bis zur Ausführung der Triggeraktion ist den technischen Daten zu entnehmen.

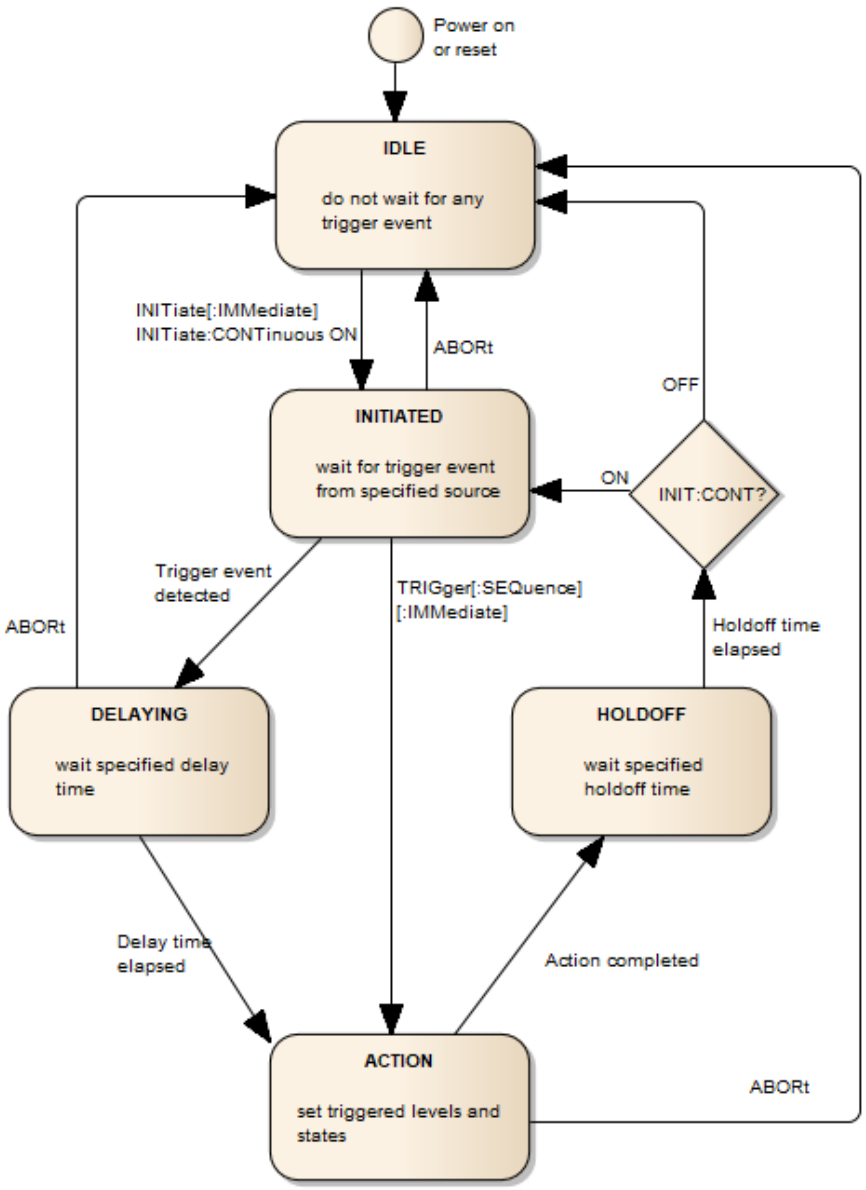


Abbildung 4.26: Triggermodell

4.24.3 Triggerquellen

Ein Trigger-Ereignis wird nur von der ausgewählten Trigger-Quelle akzeptiert. Eine der folgenden Quellen kann ausgewählt werden:

- BUS: Trigger-Befehl auf einer Kommunikationsschnittstelle
- EXTernal: Trigger-Eingangssignal am I/O-Port
- HOLD: Die Erkennung eines Trigger-Ereignisses ist deaktiviert
- MANual: Shortcut-Kombination S+ -> Manual Trigger
- VOLTage: Pegel der Eingangsspannung
- CURRent: Pegel des Eingangsstrom

Tritt ein Trigger-Ereignis ein, dessen Quelle nicht ausgewählt ist, erzeugt die Last einen Trigger ignored Error, z. B. wenn im Zustand INITIATED die Trigger-Taste gedrückt wird, als Trigger-Quelle aber BUS aktiv ist.

Für das Trigger-Eingangssignal am I/O-Port (Trigger-Quelle EXTernal), für den Eingangsstrom (Trigger-Quelle CURRent) und für die Eingangs-spannung (Trigger-Quelle VOLTage) kann außerdem noch die Flanke (SLOPe) vorgegeben werden, die ein Trigger-Ereignis erzeugt:
- Nur ansteigende Flanke (POSitive)
- Nur abfallende Flanke (NEGative)
- Ansteigende oder abfallende Flanke (EITHer)

Trigger-Spannung

In einigen Anwendungen ist es von Vorteil, eine bestimmte Aktion, z. B. eine definierte Lastkurve, durch das Anlegen einer spezifischen Eingangsspannung zu starten. Dazu kann die Trigger-Quelle auf Voltage gesetzt und eine Trigger-Spannung definiert werden.

Für diese Trigger-Quelle gilt auch die eingestellte Trigger-Flanke (Slope), d. h. bei ansteigender Flanke wird ein Trigger-Ereignis erzeugt, wenn die gemessene Eingangsspannung den Wert der programmierten Trigger-Spannung überschreitet. Umgekehrt wird ein Trigger-Ereignis bei fallender Flanke erzeugt, wenn die gemessene Eingangsspannung den Wert der programmierten Trigger-Spannung unterschreitet.

Trigger-Strom

Analog zur Trigger-Quelle Spannung kann eine Aktion durch die Höhe eines gewissen Laststroms gestartet werden. Dazu kann die Trigger-Quelle auf Current gesetzt und ein Trigger-Strom definiert werden.

Für diese Trigger-Quelle gilt auch die eingestellte Trigger-Flanke (Slope), d. h. bei ansteigender Flanke wird ein Trigger-Ereignis erzeugt, wenn der gemessene Eingangsstrom den Wert des programmierten Trigger-Stroms überschreitet. Umgekehrt wird ein Trigger-Ereignis bei fallender Flanke erzeugt, wenn der gemessene Eingangsstrom den Wert des programmierten Trigger-Stroms unterschreitet.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Trigger
Eingabefeld „Delay time“: Trigger-Verzögerung definieren.
Eingabefeld „Hold off time“: Trigger-Freihaltezeit definieren.
Auswahlfeld „Source“: Quelle für Trigger-Ereignisse auswählen. Ist „External“ ausgewählt, ist im Auswahlfeld „Slope“ die Trigger-Flanke festzulegen, die Trigger-Ereignisse erzeugt. Ist „Current“ oder „Voltage“ ausgewählt, ist im Eingabefeld „Level“ zusätzlich der Strom- oder Spannungspegel, der ein Trigger-Ereignis erzeugt, zu definieren.
Auswahlfeld „State“: Trigger-System mit „Single“ oder „Cont.“ aktivieren.
Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.10.12 *TRG, 0
TRIGger Subsystem

4.25 SyncroLink

4.25.1 Funktionsprinzip

Die SyncroLink-Funktion ermöglicht die Synchronisation mehrerer elektronischer Lasten (serienübergreifend) mit Hilfe eines Triggersignals, um eine gleichzeitige Funktionsausführung der Geräte zu gewährleisten. Sie bietet eine präzise Synchronisation und ein deterministisches Verhalten, was sie ideal für Anwendungen macht, bei denen mehrere Lasten synchron gesteuert werden müssen.

Der SyncroLink verwendet die physikalische RS-232-Schnittstelle zur Übertragung des Synchronisationssignals.

Ein Gerät fungiert als SyncroLink Master, welches das Synchronisationssignal erzeugt, während die anderen Geräte als SyncroLink Slaves fungieren und das Signal empfangen. Welches Gerät SyncroLink Master bzw. Slave ist, bestimmt ein spezielles SyncroLink-Kabel, das über die RS-232-Anschlüsse aller Geräte verbunden wird. S. Abbildung 4.27 und Abbildung 4.28.
Alle Geräte im SyncroLink-Netzwerk müssen initial über eine andere Datenschnittstelle (z. B. LAN oder USB) konfiguriert werden.

Konfigurationsbeispiel für die Aktivierung des Lasteingangs:
RS-232-Schnittstelle konfigurieren:
Lokale Bedienung:
Main Menu -> Configuration -> Communication -> RS-232 Configuration
Auswahlfeld „Mode“: „SyncroLink“ wählen. Mit „OK“ bestätigen.

Digitale Fernsteuerung:
`SYST:COMM:SER:MODE SLIN`
Diese Einstellung wird nach einem Neustart aktiv und bleibt dauerhaft erhalten.

SyncroLink aktivieren:
Digitale Fernsteuerung: `SYST:SLIN ON`
Aktivierung des getriggerten Lasteingangs: `INP:TRIG ON`
Triggersystem kontinuierlich initialisieren: `INIT:CONT ON`
Synchronisationssignal erzeugen, nur an SyncroLink Master: `*TRG`

Das Synchronisationssignal wird dann vom Master-Gerät über das SyncroLink-Kabel an alle angeschlossenen Slave-Geräte verteilt.

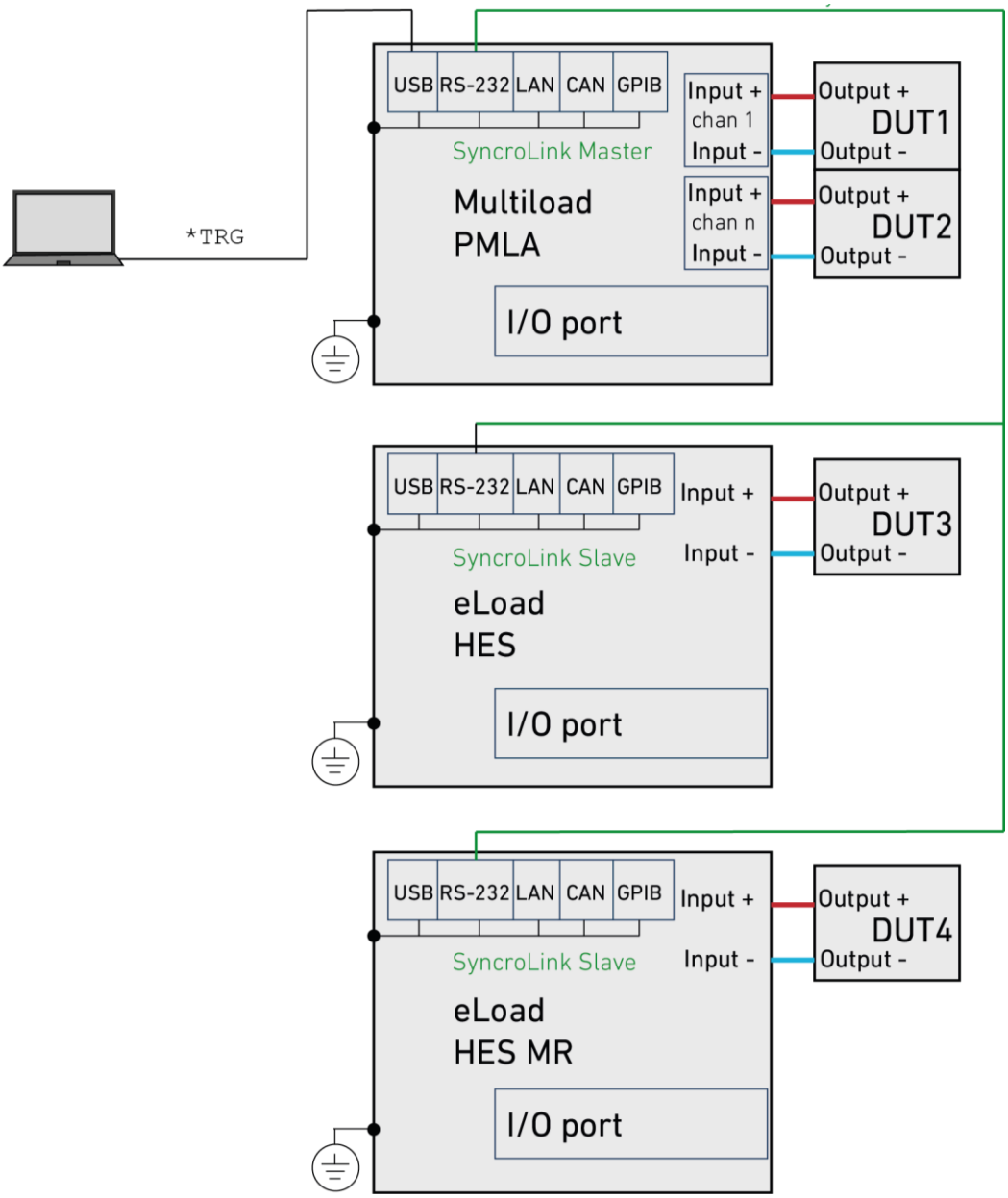


Abbildung 4.27: Verschaltung mehrerer Geräte mit SyncroLink

Vorteile

- Hohe Synchronität: Die SyncroLink-Funktion bietet eine Synchronisation mit einer Verzögerung von typischerweise unter 300 µs.
- Deterministisches Verhalten: Die Ausführung des Lasteingangs erfolgt in einem vorhersagbaren Zeitrahmen.
- Kein I/O-Port nötig: Die RS-232-Schnittstelle wird als physikalisches Medium genutzt, der I/O-Port wird nicht benötigt.
- Galvanische Trennung der Geräte

4.25.2 Pinbelegung SyncroLink-Kabel

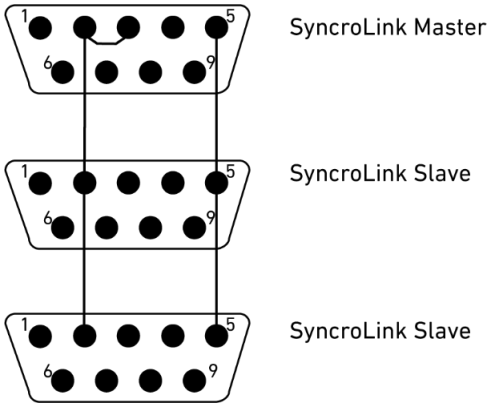


Abbildung 4.28: SyncroLink Kabelverdrahtung

Ausführliche Informationen hierzu bietet die Application Note Nr. 21 auf der H&H Website: www.hoecherl-hackl.de/download/14527/

4.26 Spannungsaufschaltung und PWM-Betrieb

Elektronische Lasten von H&H eignen sich zur Spannungsaufschaltung und zum Betrieb an PWM-Spannungen.

Zur Vermeidung von Einschaltstromspitzen beim Anlegen der Eingangsspannung bzw. bei der steigenden Flanke der PWM-Spannung sollte der Sollwert für den Unterspannungsschutz der elektronischen Last an den Wert der Eingangsspannung angepasst werden. Das heißt: setzen Sie den Sollwert für den Unterspannungsschutz auf einen Wert größer 0 V und kleiner als die Eingangs-spannung.

Um eine möglichst kurze Totzeit bis zum Fließen des Laststromes zu erreichen, stellen Sie die schnelle Regelung ein (siehe 4.3.2 Unterspannungsschutz).

Ausführliche Informationen hierzu bietet die Application Note Nr. 7 auf der H&H Website: www.hoecherl-hackl.de/download/1259/

4.27 Watchdog

Die elektronische Last hat eine Watchdog-Funktion, die den Lasteingang abschaltet, wenn die zuvor programmierte Watchdog-Verzögerungszeit abläuft, ohne dass der Watchdog zurückgesetzt wurde.

Die Watchdog-Verzögerungszeit wird per SCPI-Befehl auf eine definierte Zeit in Sekunden gesetzt. Ein weiterer Befehl aktiviert den Watchdog. Ein Steuerprogramm muss bei aktivem Watchdog dafür sorgen, dass zyklisch der Befehl zum Zurücksetzen des Watchdogs an die elektronische Last gesendet wird, bevor die Verzögerungszeit abläuft.

Beim Zurücksetzen des Watchdogs fängt die Zeit wieder bei der programmierten Verzögerungszeit an herunterzuzählen. Läuft die Zeit ohne einen Watchdog-Rücksetz-Befehl ab, schaltet die Last den Lasteingang aus und setzt den Status WDP. Um in diesem Fall den Lasteingang wieder zu reaktivieren, muss der Watchdog ausgeschaltet werden.

Der Watchdog verändert nicht den Sollwert für den Eingangszustand.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.7 INPut Subsystem

4.28 Tastensperre

Um eine unbeabsichtigte oder unerlaubte Bedienung der elektronischen Last zu verhindern, kann die Tastensperre aktiviert werden.

Die Tastensperre kann lokal über die Tastenfolge Shortcut -> Lock oder per Fernsteuerung mit dem SCPI-Befehl SYSTem:KLOCk ON|OFF aktiviert und deaktiviert werden.

Wird die Tastensperre lokal aktiviert, wird im Hauptmenü ein Schlosssymbol mit 'L' für "Local lock" angezeigt. Die lokal aktivierte Tastensperre kann manuell (nochmaliger Shortcut Lock) oder per Fernsteuerung wieder aufgehoben werden.

Wird die Tastensperre per Fernsteuerbefehl über eine der Datenschnittstellen aktiviert, wird im Hauptmenü ein Schlosssymbol mit "R" für "Remote Lock" angezeigt. Die ferngesteuerte Aktivierung der Tastensperre kann nur per Fernsteuerung wieder aufgehoben werden. Das Remote-Attribut überschreibt das Local-Attribut.

Lokale Bedienung:
Shortcut S+ -> Lock
Shortcut S+ -> Unlock

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.18 SYSTem Subsystem

4.29 Remote-Benachrichtigung

Um den Bediener auf eine bestimmte Situation aufmerksam zu machen, kann eine Steuereinheit über eine der Datenschnittstellen akustische und/oder optische Hinweise am Gerät abgeben.

4.29.1 Piepser

Mit dem Befehl SYSTem:BEEP wird ein akustischer Signalton mit spezifizierbarer Dauer durch den Piepser ausgegeben.

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.18 SYSTem Subsystem

4.29.2 Benachrichtigungs-Fenster

Mit dem Befehl `DISPlay:TEXT` wird ein spezifischer Hinweistext in einem Benachrichtigungs-Fenster auf dem Display der Benutzerschnittstelle angezeigt.

Wird eine leere Zeichenkette ("") übergeben, wird das Benachrichtigungs-Fenster wieder geschlossen. Außerdem kann der Bediener das Benachrichtigungs-Fenster quittieren und schließen.

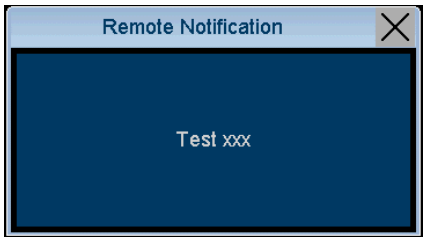


Abbildung 4.29: Hinweistext an Benutzerschnittstelle

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.4 DISPlay Subsystem

4.30 Alarm konfigurieren

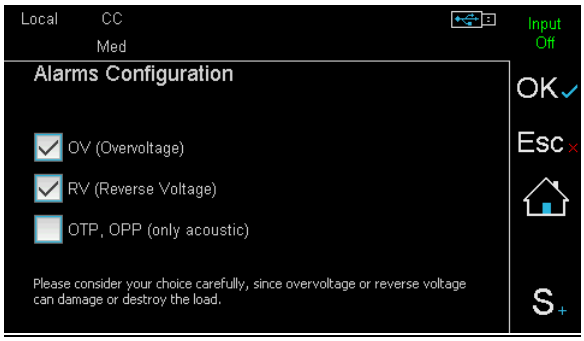


Abbildung 4.30: Alarm-Konfiguration

Beim Auftreten von kritischen Zuständen gibt die elektronische Last akustische und visuelle Meldungen.

Bei Übertemperatur und Überleistung kann ein akustisches Signal aktiviert werden (standardmäßig inaktiv). Bei Überspannung oder verpolter Eingangsspannung wird zusätzlich zum akustischen Alarmsignal ein Benachrichtigungsfenster eingeblendet, dass der Benutzer aktiv bestätigen muss (standardmäßig aktiv).

Für spezielle Anwendungsfälle, in denen die elektronische Last gezielt an der Schwelle eines kritischen Zustands betrieben werden soll, können die OV-, RV- und OTP/OPP-Alarme separat aktiviert oder deaktiviert werden.

Die Einstellung „OTP, OPP (only acoustic)“ aktiviert das akustische Alarmsignal für die Temperatur- und Leistungsbegrenzung. Bei den Gerätezuständen OTP und OPP wird kein Benachrichtigungsfenster angezeigt.

Überspannung oder Verpolung verursachen einen Kurzschluss ohne jegliche Strombegrenzung! Das kann die elektronische Last und den Prüfling zerstören!

- Stellen Sie durch eine Sicherung im Lastkreis sicher, dass der auftretende Laststrom im Testaufbau begrenzt wird!
- Aktivieren Sie die Meldungen wieder, sobald die Anwendung mit deaktivierten Meldungen beendet ist!

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Configuration -> Alarms
Markierungsfeld „OV (Overvoltage)“: Bei gesetztem Haken sind akustische und visuelle Warnungen bei Überspannung am Lasteingang aktiv.
Markierungsfeld „RV (Reverse Voltage)“: Bei gesetztem Haken sind akustische und visuelle Warnungen bei verpolter Spannung am Lasteingang aktiv.
Markierungsfeld „OTP, OPP“: Bei gesetztem Haken ist die akustische Warnung bei Übertemperatur oder Leistungsbegrenzung aktiv.

4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden

4.31.1 Interner Speicher

Die aktiven Einstellungen können nichtflüchtig im Gerät gespeichert werden, so dass sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder geladen werden können. Zum Speichern der aktiven Einstellungen kann der Benutzer aus 9 vorhandenen Speicherpositionen auswählen: Speicherposition 1 bis 9.

In Speicherposition 0 werden stets automatisch die letzten Einstellungen vor dem Ausschalten der elektronischen Last abgelegt. Speicher 0 ist allein dafür reserviert und kann vom Benutzer nicht zum Speichern der Einstellungen ausgewählt werden. Zum Laden hingegen kann Speicher 0 ebenso wie Speicher 1 bis 9 ausgewählt werden.

Bei lokaler Bedienung sind verschiedene zu ladende Einstellungen beim Einschalten wählbar.

Folgende Einstellungen werden beim Ausführen der Speicherfunktion gesichert und beim Laden eingestellt:

- Aktivierungszustand des Lasteingangs
- Getriggerter Aktivierungszustand des Lasteingangs
- Grundbetriebsart für die Regelung
- Sollwerte für alle Grundbetriebsarten
- Grenzwerte für Strom und Spannung
- Betriebsart für Unterspannungsschutz
- Regelgeschwindigkeit
- Aktivierungszustand für die Messdatenerfassung
- Messintervall der Messdatenerfassung
- Aktivierungszustand für die Trigger-Auswertung durch die Messdatenerfassung
- Aktivierungszustand der externen Ansteuerung
- Aktivierungszustände der einzelnen externen Steuersignale
- Sollwerte aller Listen
- Betriebsart für die Listenausführung
- Anzahl der Durchläufe für den Listensatz
- Aktivierungszustand für die Listenausführung
- Aktivierungszustand für die Messdatenerfasssung bei der Listenausführung
- Aktivierungszustand für die Trigger-Auswertung durch die Listenfunktion
- Aktivierungszustand für die Entladefunktion
- Aktivierungszustand aller Stoppkriterien der Entladefunktion
- Werte der Stoppkriterien der Entladefunktion
- Aktivierungszustand der Innenwiderstandsmessung
- Strompegel und Verweildauern der Innenwiderstandsmessung
- Aktivierungszustand der Rechteckfunktion
- Betriebsart der Rechteckfunktion
- Pegel und Verweildauern für die Rechteckfunktion
- Aktivierungszustand der Modulationsfunktion
- Betriebsart der Modulationsfunktion
- Relative Amplitude, Frequenz und Signalform für die Modulation
- Aktivierungszustand der Null-Volt-Funktion
- Aktivierungszustand der MPPT-Funktion
- Sweep-Richtung der MPPT-Funktion
- Sweep-Dauer der MPPT-Funktion
- Sweep-Periode der MPPT-Funktion
- Aktivierungszustand für kontinuierliche Trigger-Initialisierung
- Trigger-Quelle
- Trigger-Flanke
- Trigger-Verzögerung
- Trigger-Freihaltezeit
- Trigger-Strompegel

- Trigger-Spannungspegel
- Aktivierungszustand SyncroLink
- Aktivierungszustand des Digitalausgangs am I/O-Port
- Aktivierungszustand der lokalen Tastensperre

Wird eine Speichernummer zum Laden angegeben, in der zuvor noch keine Einstellungen gespeichert worden sind, generiert die Last einen "Memory use Error".

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Save-Recall
Speicherposition zum Laden von Einstellungen beim Einschalten wählen:
Main Menu -> Configuration -> Power-on

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.10.7 *RCL, 5.10.9 *SAV

4.31.2 USB-Speicher

Die in der elektronischen Last aktiven Einstellungen können auch auf einen angeschlossenen USB-Stick exportiert und davon importiert werden. So können zum Beispiel Einstellungen für verschiedene Prüfaufgaben abgespeichert und verwaltet werden. Außerdem kann in einem möglichen Supportfall der Export der Einstellungen die Unterstützung erleichtern.

Zum Exportieren der Einstellungen kann der Benutzer aus 100 Speichernummern auswählen. Die Einstellungen werden im Verzeichnis „Settings" des angeschlossenen USB-Sticks gespeichert. Für jede Speichernummer wird ein entsprechender Unterordner erzeugt, der die Einstellungsdatei der elektronischen Last enthält.

Namensschema für den Unterordner der Speichernummer:
HES_xx (xx = Speichernummer)

Für den Import von Einstellungen kann aus den vorhandenen Unterordnern der Speichernummern im Ordner „Settings" gewählt werden.

Aufbau einer gültigen Einstellungsdatei:

```
HES3206, 1.0, 2026-02-15 10:00:09
Unit mode: SINGLE
;Device number: 55418
;FW versions: AI1.0.1, DI1.0.0, UI1.0.3

[ACQ]
[:STAT]
1
[:STIM]
0.00215
[END_ACQ]

[CURR]
[:LEV:IMM]
2.158
[:PROT:LEV]
10
…
[END_CURR]

[FUNC]
[:MODE]
CURR
…
```

```
[END_FUNC]

[LIST]
[:CURR]
3.2588, 6.2411, 3.58712, 4.547212, …
…
[END_LIST]

[END_FILE]
```

Eine gültige Einstellungsdatei muss folgende Elemente enthalten:

- Kopfzeile mit Modellbezeichnung und Versionsnummer der Einstellungsdatei
- Subsystem-Starttags (z.B. [ACQ])
- Subsystem-Endetags (z.B. [END_ACQ])
- Befehlstags (z.B. [:TRIG:ENAB])
- Einstellungswerte nach den Befehlstags
- Datei-Endetag

Außerdem muss jede Zeile mit einem LineFeed (‚LF' bzw. ‚0x0A' bzw. ‚\n') abgeschlossen sein.

Leerzeilen dürfen eingefügt werden (Ausnahme**:** Bei Listen (z.B. LIST:CURR:LEV) bedeutet eine Leerzeile, dass keine Liste vorhanden ist.).

Ein Semikolon kennzeichnet einen Kommentar. Kommentare können in einer eigenen Zeile oder am Zeilenende stehen. Die Zeichen zwischen dem Semikolon und dem nächsten LineFeed werden nicht ausgewertet.

Folgende Meldungen sind nach dem Laden der Einstellungsdatei möglich:

- Settings imported successfully: Die Systemeinstellungen wurden erfolgreich geladen.
- Could not open file: Die Einstellungsdatei konnte nicht geöffnet werden.
- Could not close file: Die Einstellungsdatei konnte nicht geschlossen werden.
- USB flash drive not found: Der USB-Stick konnte nicht gefunden werden.
- Device mismatch error: Die Einstellungsdatei und das Zielgerät stimmen nicht überein.
- Document version error: Die Hauptversionsnummer der Einstellungsdatei passt nicht zur Firmwareversion des User Interfaces.
- Document version warning: Die Unterversionsnummer der Einstellungsdatei passt nicht zur Firmwareversion -> Es wurden evtl. nicht alle Einstellungen aus der Einstellungsdatei übernommen.
- Unknown tag error: Ein unbekannter Tag wurde eingelesen.
- Read line error: Beim Lesen einer Zeile von der Einstellungsdatei trat ein Fehler auf.
- Value error: Ein Einstellwert ist außerhalb seines gültigen Bereichs.
- Reset error: Fehler beim Gerätereset am Beginn der Importfunktion.
- Error detected: Ein unspezifizierter Fehler ist aufgetreten

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Save-Recall

4.32 Geräteeinstellungen rücksetzen

Beim Rücksetzen wird die elektronische Last in einen definierten Gerätezustand versetzt.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Reset

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.10.8 *RST

4.33 Werkseinstellungen setzen (Preset)

Beim Setzen der Werkseinstellungen werden alle nichtflüchtig gespeicherten Geräte- und Schnittstellen-Einstellungen in den Auslieferungszustand zurückgesetzt.

Diese Funktion kann mit dem Befehl `SYSTem:PRESet` über eine der Datenschnittstellen ausgelöst werden.

Power-on
Power-on setting: Reset
Quick boot: OFF
RS-232
Mode: SCPI
Baudrate: 115200
Paritätsbit: Keines
Anzahl Stoppbits: 1
LAN
DHCP: An
Port: 1001
IP address: 192.168.0.1
Subnet mask: 255.255.255.0
Gateway: 192.168.0.254
DNS server: 192.168.0.253
GPIB
GPIB-Adresse: 7
CAN
Adresse: 1
Baudrate: 1000000
Terminierung: Aus
User Interface
Display backlight intensity: 50 %
Auto dimming: On
Time to dim: 30s
Help language: English
Alarms
OV: ON
RV: ON
OTP, OPP: OFF
Buzzer
Encoder sound: OFF
Settings-Speicher
Alle gelöscht

Die zurückgesetzten Schnittstellen-Einstellungen werden erst nach dem nächsten Aus- und Wieder-einschalten aktiv.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Configuration -> Factory Settings

Digitale Fernsteuerung:
Siehe 5.11.18 SYSTem Subsystem

4.34 Firmware- und Bedienungsanleitungs-Update

Die Firmware aller mikrocontrollergesteuerten Komponenten kann aktualisiert werden. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit H&H, denn nur der Hersteller kann die Kompatibilität von Hardware und Firmware als auch der Komponenten untereinander beurteilen.

Zur Durchführung eines Firmware-Updates benötigen Sie einen FAT16- oder FAT32-formatierten USB-Massenspeicher. Auf diesen kopieren Sie die Hex-Datei(en) und die dazugehörige Bedienungsanleitung im PDF Format, welche Sie vom H&H Support erhalten.

Es gibt für jede der drei folgenden Baugruppen eine zugehörige Hex-Datei, welche die elektronische Last anhand des Dateinamens erkennt:

Baugruppe	Dateiname
Analog Interface AI	HES_AI_*xx_yy_zz*.hex
Data Interface DI	HES_DI_*xx_yy_zz*.hex
User Interface UI	HES_UI_*xx_yy_zz*.hex

xx_yy_zz steht hier für die Versionsnummer der Firmware.

Die zum Update erforderlichen Dateien müssen sich direkt im Stammverzeichnis des USB-Sticks befinden. Außerdem darf sich pro Baugruppe nur EINE Hex-Datei im Stammverzeichnis des Speichers befinden, andernfalls erscheint die Fehlermeldung „multiple files". Wenn die Last keine Datei mit dem erforderlichen Dateinamen für eine Baugruppe findet, erscheint in der betreffenden Zeile „n.a.".
Während des Firmware-Updates kann das Gerät nicht bedient werden.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Service -> Firmware/User manual update
USB-Stick in die USB-Buchse A2 an der Vorderseite des Geräts anstecken. Wenn die Last das Speichermedium erkannt hat, mit den entsprechenden Markierungsfeldern die Baugruppe(n) auswählen, deren Firmware aktualisiert werden soll. Ebenso mit der Bedienungsanleitung (Manual) verfahren. Mit „OK" das Update aller ausgewählten Komponenten starten. Die ausgewählten Komponenten werden nun nacheinander aktualisiert.

Nachdem Sie alle Komponenten aktualisiert haben, müssen Sie die Last aus- und nach 5 Sekunden wieder einschalten.

4.35 Handbuch-Download

Die Bedienungsanleitung ist in einem internen Speicher des Geräts abgelegt und kann auf einen angeschlossenen USB-Stick exportiert werden.

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Service -> User Manual
USB-Stick in die USB-Buchse A2 an der Vorderseite des Geräts anstecken. Wenn die Last das Speichermedium erkannt hat, die Schaltfläche Export drücken. Der Verlauf des Exports wird mit einem Fortschrittsbalken graphisch dargestellt. Das Handbuch wird als PDF- Datei ins Stammverzeichnis des USB-Sticks kopiert.

5 Digitale Fernsteuerung

Für die elektronische Last sind serienmäßig folgende Datenschnittstellen verfügbar:

- LAN (Ethernet)
- RS-232
- USB
- CAN

Optional gibt es:

- GPIB (Option HES02)

Die meisten Gerätefunktionen sind neben der manuellen Bedienung auch ferngesteuert bedienbar. Lediglich die CAN-Schnittstelle hat einen reduzierten Befehlsumfang gegenüber den übrigen Schnittstellen.

Standard-Einstellungen
Die Standard-Schnittstelleneinstellungen sind aufgeführt in Kapitel 4.33 Werkseinstellungen setzen (Preset).

5.1 Standards

Die Busschnittstellen GPIB, LAN, RS-232 und USB implementieren für die übertragenen Befehle und Abfragen die folgenden Standards:
IEEE 488.1-1987
IEEE 488.2-1992
SCPI Specification 1999.0
IEEE Std 1174-2000 für die Performance Class 1
Universal Serial Bus Specifiation 2.0, Full Speed

5.2 Schnittstelle selektieren und deselektieren

Eine Schnittstelle wird durch den Empfang eines gültigen Befehls automatisch selektiert. Beim Empfang einer Abfrage, die eine Antwort der Last auslöst, wird die Antwort an die gleiche Schnittstelle zurückgesendet, von der die Anfrage gekommen ist.

Sobald die elektronische Last einen gültigen Befehl über eine der Datenschnittstellen empfängt, wechselt die Last in den Remote-Zustand. Das Wort "Local" links oben am User Interface wird durch den Namen der aktiven Datenschnittstelle ersetzt (z. B. RS-232). Kurzzeitig wird ein „Notification"-Fenster am User Interface überblendet.

Eine Schnittstelle wird durch den Empfang eines gültigen Befehls über eine andere Kommunikationsschnittstelle deselektiert, wenn keine Abfrage mehr offen ist, d.h. wenn die Antwort auf eine empfangene Abfrage zurückgesendet worden ist.

Das Betätigen einer Taste (außer „Shortcut" -> „Local") oder des Drehgebers an der Frontplatte wird im Remote-Zustand ignoriert. Dies wird dadurch signalisiert, indem für einige Sekunden ein "Notification"-Fenster am User Interface überblendet wird, wenn Sie eine Taste drücken.

Durch Drücken der Tastenfolge „Shortcut" -> „Local" bzw. mit dem SCPI-Befehl `SYSTem:LOCal` können Sie wieder in den Handbetrieb wechseln.

Die zeitgleiche Kommunikation über verschiedene Schnittstellen ist nicht zulässig, d. h. es dürfen nicht zeitgleich über verschiedene Schnittstellen Befehle an das Gerät gesendet werden. Jedoch können zeitlich nacheinander verschiedene Schnittstellen benutzt werden.
Wird diese Einschränkung nicht befolgt, können an das Gerät gesendete Befehle verlorengehen.

5.3 CAN-Schnittstelle

Die CAN-Schnittstelle unterstützt den Standard CAN 2.0A mit 11-Bit-Identifier.

Nur die wichtigsten, für eine automatisierte Prüfung relevanten Funktionen der elektronischen Last lassen sich über die CAN-Schnittstelle steuern:

- Speichern, Laden und Zurücksetzen von Geräteeinstellungen
- Setzen und Abfragen des Soll- und getriggerten Wertes für den Strom im Strombetrieb
- Setzen und Abfragen des Soll- und getriggerten Wertes für den Widerstand im Widerstandsbetrieb
- Setzen und Abfragen des Soll- und getriggerten Wertes für die Leistung im Leistungsbetrieb
- Setzen und Abfragen des Soll- und getriggerten Wertes für die Spannung im Spannungsbetrieb
- Setzen und Abfragen des Begrenzungswertes für den Strom in allen Betriebsarten
- Setzen und Abfragen des Begrenzungswertes für die Spannung in allen Betriebsarten
- Setzen und Abfragen der Betriebsart
- Setzen und Abfragen des Lasteingangszustands
- Setzen und Abfragen des getriggerten Lasteingangszustands
- Common Commands für Reset, Trigger, Status und Settingsspeicher
- Abfrage von aktuellen Messwerten
- Abfrage von Statuswerten
- Abfrage des aktuellen Wertes für die Spitzenleistung
- Setzen und Abfragen der Betriebsart für die Kühlung
- Abfrage der Anzahl der Fehler in der Error Queue
- Abfrage des letzten Fehlers in der Error Queue

5.3.1 CAN-Stecker

Das Master-Gerät muss durch den 9-poligen D-Sub-Stecker auf der Geräterückseite mit einem CAN-Kommunikationsnetzwerk verbunden werden.
Steckerbelegung:

Pin 1	nicht belegt
Pin 2	CAN_L
Pin 3	GND
Pin 4	nicht belegt
Pin 5	nicht belegt
Pin 6	GND
Pin 7	CAN_H
Pin 8	nicht belegt
Pin 9	nicht belegt

5.3.2 Terminierung

Ein CAN-Kommunikationsbus (ISO 11898-2) muss für eine korrekte Funktion an beiden Enden mit 120 Ω terminiert werden. Ohne Terminierung kommt es ansonsten zu störenden Signalreflexionen auf dem Kommunikationsbus.
Die CAN-Schnittstelle der elektronischen Last enthält einen schaltbaren internen Terminierungs-Widerstand mit 120 Ω, der mit dem SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:CAN:TERMination[:STATe]`
ein- oder ausgeschaltet werden kann, so dass ein Terminierungswiderstand im D-Sub-Steckverbinder ggf. überflüssig wird.

Ein Reset hat keinen Einfluss auf den Aktivierungszustand des Terminierungswiderstandes. Die Werkseinstellung für den Terminierungswiderstand ist OFF.

5.3.3 CAN-Kabel

Die maximale Ausdehnung eines CAN-Kommunikationsbusses und damit der Kabellänge bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung ist primär von der Übertragungsrate abhängig.
Die folgende Tabelle zeigt die theoretisch maximal mögliche Kabellänge bei verschiedenen Übertragungsraten:

Übertragungsrate	Kabellänge
1 Mbit/s	40 m
500 Kbit/s	110 m
250 Kbit/s	240 m
125 Kbit/s	500 m

5.3.4 Übertragungsrate

Die Übertragungsrate für die CAN-Schnittstelle kann durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:CAN:BAUD`
konfiguriert werden.

Bei allen Geräten, die an einen gemeinsamen CAN-Kommunikationsbus angeschlossen sind, muss die identische Übertragungsrate konfiguriert werden!
Nach Änderung des Wertes für die Übertragungsrate muss die elektronische Last zur Übernahme des neuen Wertes aus- und wieder eingeschaltet werden.

5.3.5 CAN-Adresse

Die gerätespezifische CAN-Adresse kann durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:CAN:ADDRess`
konfiguriert werden.

Aus dieser Adresse leiten sich die Identifier der beiden CAN-Nachrichten ab, die von der elektronischen Last für die Kommunikation über die CAN-Schnittstelle verwendet werden:
0x100 + CAN-Adresse: ID der Request-Nachricht
0x300 + CAN-Adresse: ID der Response-Nachricht

Bei allen Geräten, die an einem gemeinsamen CAN-Kommunikationsbus angeschlossen sind, muss eine eindeutige Adresse konfiguriert werden. Nach Änderung des Wertes für die Adresse muss die elektronische Last zur Übernahme des neuen Wertes aus- und wieder eingeschaltet werden.

5.3.6 CAN-Nachrichten

Request-Nachricht:
Diese Nachricht wird für Anfragen an die elektronische Last zur Ausführung einer Funktion verwendet. Sie enthält einen 16-Bit-Multiplexer-Wert für den auszuführenden Befehl oder die auszuführende Abfrage mit den entsprechenden Parameterwerten.

Response-Nachricht:
Diese Nachricht wird für Antworten von der elektronischen Last nach Ausführung einer Funktion verwendet. Sie enthält den 16-Bit-Multiplexer-Wert der Anfrage, den Wert für den Ausführungsstatus sowie den von der elektronischen Last angeforderten Wert bei einer Abfrage.

Jede Request-Nachricht wird mit einer Response-Nachricht von der elektronischen Last beantwortet. Der detaillierte Aufbau der Nachrichten kann einer CAN-Symboldatei (Datenaustauschformat der Firma PEAK-System, Dateiendung .sym) oder einer CAN-Datenbankdatei (Datenaustauschformat der Firma Vector Informatik, Dateiendung .dbc) entnommen werden. Mit Hilfe dieser Dateien ist es möglich, mit dem Software-Tool PCAN-Explorer der Firma PEAK-System oder CANoe der Firma Vector Informatik die elektronische Last über die CAN-Schnittstelle zu steuern. Beide Dateien sind auf Anfrage bei H&H erhältlich.

5.4 LAN-Schnittstelle

Die integrierte LAN-Schnittstelle unterstützt den Austausch von SCPI-Befehlen und -Abfragen zur Konfiguration und Steuerung der elektronischen Last über eine TCP/IP-Socket-Verbindung im lokalen Netzwerk (Local Area Network, LAN).
Für die Inbetriebnahme der LAN-Schnittstelle können deren Konfigurationswerte über die Benutzerschnittstelle oder eine andere SCPI-fähige Geräteschnittstelle (GPIB, RS-232, USB) mit den weiter unten beschriebenen Befehlen und Abfragen angepasst werden.

Ausführliche Informationen zur Konfiguration der LAN-Schnittstelle bietet die Application Note Nr. 19 auf der H&H Website:
www.hoecherl-hackl.de/download/13647/

5.4.1 Ethernet

Die Ethernet-Schnittstelle ist konform zum Ethernet-Standard IEEE 802.3 (100BASE-TX, 10BASE-T).

5.4.2 Ethernet-Stecker

Die elektronische Last ist durch die RJ-45-Buchse (8P8C-Modularbuchse) auf der Geräterückseite mit dem LAN zu verbinden.
Buchsenbelegung:

Pin 1	Tx+
Pin 2	Tx-
Pin 3	Rx+
Pin 4	nicht belegt
Pin 5	nicht belegt
Pin 6	Rx-
Pin 7	nicht belegt
Pin 8	nicht belegt

Die RJ-45-Buchse zeigt anhand zweier LEDs den Status der Ethernet-Verbindung an:

Linke grüne LED:
Diese LED leuchtet dauerhaft bei einer hergestellten Verbindung und blinkt bei einer aktiven Übertragung (Senden oder Empfangen von Daten).
Rechte gelbe LED:
Diese LED zeigt je nach Gerätetyp entweder die Verbindungsgeschwindigkeit oder ebenfalls Datenaktivität an.

5.4.3 Ethernet-Kabel

Für den Anschluss der elektronischen Last an das LAN sind geschirmte oder ungeschirmte Twisted-Pair-Kabel der Kategorie 3 oder 5 zu verwenden. Die Kabellänge darf unabhängig von der Schirmung 100 m nicht überschreiten.

5.4.4 Übertragungsrate

Die Übertragungsrate für Ethernet beträgt 10 Mbit/s oder 100 Mbit/s und kann durch den Anwender nicht konfiguriert werden. Sie wird vom entsprechenden Switch oder Router im LAN, mit dem die elektronische Last verbunden ist, automatisch konfiguriert.

5.4.5 Identifikation

Die elektronische Last kann im Netzwerksegment durch die weltweit eindeutige Ethernet-Adresse (MAC-Adresse) identifiziert werden. Diese kann durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:LAN:MAC[:ADDRess]?`
abgefragt werden. Die Ethernet-Adresse kann durch den Anwender nicht verändert werden.

5.4.6 TCP/IP

Für die Kommunikation im LAN benötigt die elektronische Last eine gültige Konfiguration in Form einer IP-Adresse und Subnetz-Maske. Diese Konfiguration kann automatisch durch einen DHCP-Server im LAN mit Hilfe des DHCP-Protokolls (Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP) durchgeführt werden.

Die durch einen DHCP-Server zugewiesenen, dynamischen Konfigurationswerte, insbesondere die IP-Adresse, können sich im Laufe der Zeit ändern. Wird deshalb die elektronische Last über einen längeren Zeitraum über die LAN-Schnittstelle automatisiert gesteuert, sollte eine Konfiguration mit statischen Konfigurationswerten vorgenommen werden. Fragen Sie in diesem Fall Ihren Netzwerk-Administrator nach statischen Konfigurationswerten für die TCP/IP-Kommunikation.

Automatische Konfiguration der Netzwerkparameter

Zur automatischen Konfiguration der Netzwerkparameter durch einen DHCP-Server im LAN muss die DHCP-Funktionalität der elektronischen Last durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:LAN:DHCP[:STATe] ON`
aktiviert werden.

Nach der Aktivierung der DHCP-Client-Funktionalität muss die elektronische Last zur Übernahme des neuen Wertes für den Aktivierungszustand aus- und wieder eingeschaltet werden.

Durch den DHCP-Server werden die IP-Adresse der elektronischen Last, die Subnetz-Maske des Netzwerks sowie die IP-Adressen des DNS- und Gateway-Servers konfiguriert. Die aktuellen Konfigurationswerte können durch die SCPI-Befehle
`SYSTem:COMMunicate:LAN:DNS[:ADDRess]?`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:GATeway[:ADDRess]?`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:IP[:ADDRess]?`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:SUBNet[:MASK]?`
abgefragt überprüft werden.
Sollten die abgefragten Werte für die Adresse bzw. Maske den Wert "0:0:0:0" haben, so wurde durch den DHCP-Server noch keine Konfiguration durchgeführt.

Sollte keine Konfiguration der LAN-Parameter durch den DHCP-Server innerhalb von 60 Sekunden erfolgen, wenden Sie sich an Ihren Netzwerk-Administrator.

Manuelle Konfiguration der Netzwerkparameter

Zur manuellen Konfiguration der Netzwerkparameter muss die DHCP-Client-Funktionalität der elektronischen Last durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:LAN:DHCP[:STATe] OFF`
deaktiviert werden.

Nach der Deaktivierung der DHCP-Client-Funktionalität muss die elektronische Last zur Übernahme des neuen Wertes für den Aktivierungszustand aus- und wieder eingeschaltet werden.

Die statischen Konfigurationswerte für die IP-Adresse der elektronischen Last, die Subnetz-Maske des Netzwerks sowie die IP-Adressen des DNS- und Gateway-Servers können durch die SCPI-Befehle
`SYSTem:COMMunicate:LAN:IP[:ADDRess]`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:SUBNet[:MASK]`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:DNS[:ADDRess]`
`SYSTem:COMMunicate:LAN:GATeway[:ADDRess]`
gesetzt werden.

Stimmen Sie die Konfigurationswerte für die Netzwerkparameter mit Ihrem Netzwerk-Administrator ab. Ungültige Konfigurationswerte können das Netzwerk stören!

Nach der Änderung eines Wertes für einen Kommunikationsparameter muss die elektronische Last zur Übernahme des neuen Wertes bzw. der neuen Werte aus- und wieder eingeschaltet werden.

Identifikation

Die elektronische Last kann im LAN durch den Hostnamen identifiziert werden. Dieser kann durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:LAN:HOSTname?`
abgefragt werden. Der Hostname kann nicht verändert werden.

5.4.7 TCP-Socket

Zum Austausch von SCPI-Befehlen und -Abfragen muss eine TCP-Verbindung zum integrierten TCP-Socket der elektronischen Last aufgebaut werden. Hierzu kann ein Terminalprogramm oder ein kunden-/anwendungsspezifisches Programm eingesetzt werden.
Die Port-Nummer des Sockets kann durch den SCPI-Befehl
`SYSTem:COMMunicate:LAN:PORT?`
abgefragt werden. Sie ist standardmäßig auf den Wert 1001 konfiguriert.

5.5 RS-232-Schnittstelle

Die RS-232-Schnittstelle erlaubt die Programmierung der elektronischen Last in der Standard-Programmiersprache SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments).
Sie realisiert die Anforderungen des Standards IEEE Std 1174-2000 für die Performance Class 1.

Die RS-232-Schnittstelle der elektronischen Last ist ein 9-poliger Standard Sub-D-Stecker.

5.5.1 RS-232-Kabel

Als RS-232-Kabel ist ein Standard-Nullmodem-Kabel mit RTS-CTS-Handshake zu verwenden oder ein nach folgendem Verdrahtungsschema gefertigtes Kabel (Buchsen in Verdrahtungsansicht):

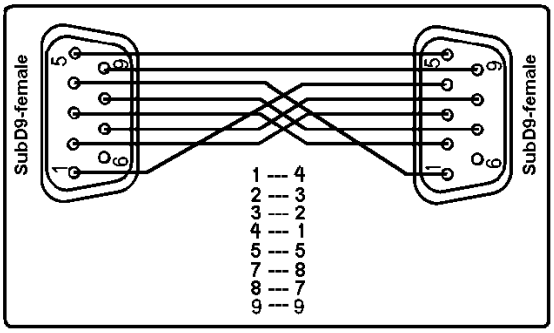


Abbildung 5.1: Verdrahtungsschema RS-232-Kabel

Die RxD- und TxD-Leitung (Pin 2 und 3) werden ausgekreuzt, d. h. Pin 2 der linken Buchse wird mit Pin 3 der rechten verbunden, Pin 3 der linken Buchse wird mit Pin 2 der rechten verbunden.
Ebenso werden jeweils die RTS- und CTS-Leitungen (Pin 7 und 8) sowie die DCD- und DTR-Leitungen (Pin 1 und 4) ausgekreuzt verdrahtet.
Pin 5 und Pin 9 werden durchverdrahtet.

Bei Verwendung des H&H SyncroLink ist die RS-232-Kommunikationsschnittstelle nicht verfügbar.

5.5.2 RS-232-Schnittstellenparameter

Die RS-232-Schnittstellenparameter können durch die SCPI-Befehle
`SYSTem:COMMunicate:SERial:BAUD`
`SYSTem:COMMunicate:SERial:PARity`
`SYSTem:COMMunicate:SERial:SBITs`
konfiguriert werden.

Nachdem ein oder mehrere Parameter verändert worden sind, müssen Sie das Gerät aus- und einschalten, um die neuen Einstellungen zu übernehmen.

5.5.3 Datenformat bei RS-232-Kommunikation

Die RS-232-Schnittstelle der elektronischen Last erwartet als Terminierungszeichen (Endekennung) das Zeichen <LineFeed> (10 dez.).

Als Terminierungszeichen beim Senden von Daten sendet die Last ebenfalls <LineFeed> (10 dez.).

5.6 USB-Schnittstelle

Die USB-Schnittstelle ist zu folgenden Standards kompatibel:
Universal Serial Bus Specifiation 2.0, Full Speed.
Die USB-Schnittstelle realisiert einen Virtual COM Port (VCP) und erlaubt die Programmierung der elektronischen Last in der Standard-Programmiersprache SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments).
Sie realisiert die Anforderungen des Standards IEEE Std 1174-2000 für die Performance Class 1.

Nach dem Verbinden der elektronischen Last mit einem Steuerrechner durch ein USB-Kabel kann die Last über einen virtuellen seriellen Anschluss (äquivalent zu RS-232) angesprochen werden.

Die Datenflusskontrolle wird vom USB-Protokoll sichergestellt.

5.6.1 USB-Kabel

Zur Steuerung der elektronischen Last per USB ist ein handelsübliches USB 2.0-Kabel vom Typ A/B-Kabel zu verwenden. Dieses ist im Lieferumfang nicht enthalten.

5.6.2 Treiber und Datenformat

Seit Windows 10 wird nach dem Verbinden des Gerätes mit dem PC der Treiber automatisch installiert. Für ältere Betriebssysteme stellt ST einen entsprechenden Treiber bereit.

Die Einstellungen des VCP (Baudrate, Datenbits, Stoppbits, Parität) müssen nicht eingestellt werden, da die integrierte USB-Peripherie des Mikrocontrollers verwendet wird.

Die USB-Schnittstelle der elektronischen Last erwartet als Terminierungszeichen (Endekennung) das Zeichen <LineFeed> (10 dez.). Als Terminierungszeichen beim Senden von Daten sendet die Last ebenfalls <LineFeed> (10 dez.).

5.7 GPIB-Schnittstelle (Option HES02)

Die optionale GPIB-Schnittstelle erlaubt die Programmierung der elektronischen Last in der Standard-Programmiersprache SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments).
Sie ist an die Anforderungen des Standards IEEE 488.2 angelehnt.

Die GPIB-Schnittstelle implementiert die folgenden standardisierten Funktionen:

Source handshake SH1
Acceptor handshake AH1
Talker T6
Listener L4
Service request SR1
Remote local RL1
Device clear DC1
Device trigger DT1
Electrical interface E1

Die folgenden Funktionen werden nicht unterstützt:
Parallel poll PP0
Controller C0

5.7.1 GPIB-Kabel

H&H empfiehlt die Verwendung von doppelt geschirmten Standardkabeln. Diese sind nicht im Lieferumfang enthalten, können aber bei diversen Messgeräteherstellern bezogen werden.

Sind in einem System mehrere GPIB-Geräte enthalten, darf die Gesamtlänge aller Kabel höchstens 2 m mal die Anzahl der GPIB-Geräte sein, wobei jedoch insgesamt 20 m keinesfalls zu überschreiten sind.

Nicht mehr als 15 Geräte dürfen an den GPIB-Bus angeschlossen sein. Mindestens zwei Drittel der angeschlossenen Geräte müssen eingeschaltet sein.

5.7.2 GPIB-Adresse

Die Einstellung der GPIB-Adresse ist mit dem Befehl
`SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess`
möglich.

Bei der Auslieferung einer elektronischen Last von H&H ist standardmäßig die GPIB-Adresse 7 eingestellt.

Nachdem die GPIB-Adresse verändert worden ist, müssen Sie die elektronische Last aus- und einschalten, um die neue Einstellung zu übernehmen.

5.7.3 Datenformat bei GPIB-Kommunikation

Die GPIB-Schnittstelle der elektronischen Last erwartet beim Empfang von Daten als Terminierungszeichen (Endekennung) das Zeichen <LineFeed> (10 dez.) oder EOI mit dem letzten Datenbyte oder EOI mit <LineFeed>.

Als Terminierungszeichen beim Senden von Daten über den GPIB-Bus sendet die Last <LineFeed> mit EOI.

Der Ausgabepuffer für SCPI-Antworten beträgt bei der GPIB-Schnittstelle 15.000 Bytes.

5.8 SCPI-Befehlssyntax

Der SCPI-Standard (Standard Commands for Programmable Instruments) beschreibt einen einheitlichen Befehlssatz zur Programmierung von Geräten, unabhängig von Gerätetyp und Hersteller. Damit sollen die gerätespezifischen Befehle vereinheitlicht werden.

Grundsätzlich gibt es zwei Gruppen von SCPI-Befehlen:

- Common Commands
- Gerätespezifische Befehle

Common Commands sind geräteunabhängige Befehle, die in der Norm IEEE 488.2 definiert sind. Sie bestehen aus einem Stern (*) und drei Buchstaben mit evtl. folgendem Parameter. Abfragebefehle werden durch Anhängen eines Fragezeichens gebildet.

Gerätespezifische Befehle unterliegen einer gewissen Syntax, die im Folgenden beschrieben wird.

5.8.1 Aufbau des Headers

Die Struktur der gerätespezifischen Befehle ist hierarchisch aufgebaut. Ein Befehl besteht aus einem sog. Header und eventuell einem oder mehreren folgenden Parametern, durch ein "White Space" (s.u.) vom Header getrennt.

Der Header besteht aus einem oder mehreren Schlüsselwörtern, die wiederum durch einen Doppelpunkt (:) voneinander getrennt werden.

5.8.2 Einrückungen

Die verschiedenen Ebenen der Befehlshierarchie sind in der Übersicht durch Einrücken nach rechts dargestellt. Je tiefer die Ebene liegt, desto weiter wird nach rechts eingerückt.

Beispiel: Befehlssystem CURRent:

```
CURRent
  [:LEVel]
     [:IMMediate] <num>
     [:IMMediate]?
      :TRIGgered <num>
      :TRIGgered?
   :PROT
     [:LEVel] <num>
     [:LEVel]?
```

5.8.3 Auswahl

Für einige Befehle existiert eine Auswahl an möglichen Parametern. Diese Schlüsselwörter werden in der Befehlsübersicht in der gleichen Zeile angegeben, durch einen senkrechten Strich (|) getrennt. Nur eines der alternativen Schlüsselwörter darf im Befehlsstring angegeben werden.

Beispiel: Befehlssystem FUNCtion:

```
FUNCtion
  [:SPEed] FAST|MEDium|SLOW
  [:SPEed]?
```

5.8.4 White Space

Zum "White Space" gehören alle Zeichen mit dem ASCII-Code von 0 bis 9 und von 11 bis 32 dezimal. Das Zeichen LineFeed (10 dez.) ist also vom White Space ausgeschlossen. Dieses dient zur Terminierung.

Das White Space wird benutzt, um Parameter vom Header zu trennen. Es dürfen mehrere White Spaces nacheinander folgen.

5.8.5 Lang- und Kurzform, Groß- und Kleinschreibung

Es gibt bei den Schlüsselwörtern eine Kurz- und eine Langform (soweit das Wort aus mehr als vier Zeichen besteht).
Es kann entweder nur die Kurzform oder die vollständige Langform eines Schlüsselwortes angegeben werden. Andere Abkürzungen sind nicht erlaubt und verursachen einen Syntaxfehler.

Zur Unterscheidung wird in diesem Handbuch die Kurzform in Großbuchstaben geschrieben. Der restliche String, der zusammen mit der Kurzform die Langform ergibt, wird in Kleinbuchstaben an die Kurzform angehängt.

Das Gerät selbst unterscheidet nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung.

Es gibt z.B. folgende Möglichkeiten, einen Strombegrenzungswert von 5A zu programmieren:

```
CURRENT:PROT 5
curr:protection 5
Curr:PRot 5
```

nicht jedoch: `CURR:PROTECT 5`

Für möglichst kurze Übertragungszeiten ist die Kurzform zu verwenden.

5.8.6 Optionale Schlüsselwörter

In manchen Befehlssystemen ist es aus Gründen der SCPI-Konformität möglich, bestimmte Schlüsselwörter wahlweise in den Header einzufügen oder auszulassen. In dieser Beschreibung sind solche Wörter durch eckige Klammern gekennzeichnet.

Beachten Sie, dass sich der Befehlsstring durch Weglassen der wahlweisen Schlüsselwörter erheblich verkürzen kann.

Beispiel: Laststrom 10 A
`CURRent[:LEVel][:IMMediate] 10`
lässt sich verkürzen zu:
`CURR 10`

5.8.7 Parameter

Zu den meisten Befehlen muss an den Header ein Parameter angehängt werden (mit White Space getrennt, s.o.). Je nach dem erkannten Header wird vom Gerät ein bestimmter Parametertyp erwartet. Dieser Typ kann sein:
Zahlenwert, Boolean, Text

Benötigt ein Befehl mehrere Parameter, so werden diese durch ein Komma (,) voneinander getrennt.

Beispiel:
`LIST:CURR 5.5,44,83.2`

5.8.8 Zahlenwerte

Zahlenwerte können grundsätzlich in jeder im IEEE488.2 Standard (Kap. 7.7.2) definierten dezimalen Form an die elektronische Last gesendet werden.

<NR1> Dezimale Ganzzahl (z. B. 132)

<NR2> Fließkommazahl (z. B. 132.0)

<NR3> Zahl im Exponentialformat (z. B.+1.320000E+02)

<NRf> Flexible numerische Repräsentation
<NR1>|<NR2>|<NR3>

Dezimaltrennzeichen ist der Punkt (.), kein Komma! Als Platzhalter für von der Last empfangene Zahlenwerte steht in der Befehlsübersicht <NRf> (flexible numeric representation).

Beispiel (Widerstand 0.558 Ohm):
```
RESistance 55.8E-2
RES .558
```

5.8.9 Einheiten und Multiplizierer

Nach den meisten Zahlenwerten kann die Einheit (Suffix) mit angegeben werden. Außerdem kann vor die Einheit ein Multiplizierer gesetzt werden.

Gebräuchliche Multiplizierer sind bei den elektronischen Lasten:

Mnemonic	Definition	Multiplikator
M	Milli	0,001
K	Kilo	1000

In Bezug auf die physikalische Größe sind bei den elektronischen Lasten grundsätzlich folgende Einheiten erlaubt:

Größe	Einheit	Beschreibung
Strom	A	Ampere
	MA	Milliampere
	KA	Kiloampere
Widerstand	OHM	Ohm
	KOHM	Kiloohm
Leistung	W	Watt
	MW	Milliwatt
	KW	Kilowatt
Spannung	V	Volt
	MV	Millivolt
Zeit	S	Sekunde
	MS	Millisekunde

Beispiel (Laststrom 520 mA):
```
CURRENT 520MA
CURR:IMM 0.52
CURR 520E-3
```

5.8.10 Zahlen- und Extremwerte <NRf>|MIN|MAX

Bei den meisten Befehlen, die einen numerischen Wert als Parameter haben, können auch die Text-Parameter MIN und MAX angegeben werden. MIN bezeichnet den kleinstmöglichen Wert, den ein Parameter annehmen kann (meist 0). MAX bezeichnet den größtmöglichen Wert eines Parameters.

Beispiel: maximalen Strom einstellen
```
CURR MAX
```

An MIN und MAX darf kein Suffix angehängt werden.

Minimal- und Maximalwert eines Zahlenparameters können durch Abfrage ermittelt werden. Dazu wird nach dem Fragezeichen ein White Space und MIN bzw. MAX angehängt.

Beispiel: Ermittlung des maximalen Laststromes:
`CURR? MAX` könnte zurückgeben:
```
+3.000000E+01
```

5.8.11 Boolesche Parameter <boolean>

Einige Befehle benötigen einen booleschen Parameter, z.B. der Befehl zum Schalten des Geräteeinganges:
```
INPut ON
```

Boolesche Parameter haben zwei logische Zustände. Der logische Zustand "FALSE" wird durch den Parameter OFF oder den Zahlenwert 0 repräsentiert. Entsprechend steht für den Zustand "TRUE" der Parameter ON oder 1.

Bei der Programmierung eines booleschen Parameters ist es egal, ob die Zahlenform oder die Textform gewählt wird. Zahlen werden grundsätzlich von der elektronischen Last gerundet. Ist die Zahl nach dem Runden größer als Null, bedeutet das logisch TRUE.

So hat z.B. der Befehl
```
INPut ON        die gleiche Wirkung wie
INPut 1         oder
INPut 34.8
```

Bei der Abfrage von booleschen Zuständen wird immer der boolesche Zahlenwert 0 oder 1 zurückgegeben.

Beispiel:
`INPut?` (Antwort: 1)

5.8.12 Text-Parameter

Text-Parameter folgen den syntaktischen Regeln für Schlüsselwörter, besitzen also eine Lang- und eine Kurzform. Die Trennung vom Header erfolgt wie bei jedem Parameter durch ein White Space.

Beispiel:
`FUNC:MODE VOLT`

Bei der Abfrage von Text-Parametern wird die Kurzform zurückgegeben.

Beispiel:
`FUNC:MODE?` Antwort: `VOLT`

5.8.13 Benutzung des Semikolons

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, mehrere Befehle in einem einzigen Befehlsstring zu kombinieren.

Ein Semikolon (;) am Ende des ersten Befehls kehrt zum letzten Doppelpunkt (:) zurück, und es kann ein weiterer Befehl der selben Hierarchiestufe eines Befehlssystems hinzugefügt werden.

Beispiel:
Die beiden einzelnen Anweisungen
`CURR:IMM 10` und
`CURR:PROT 15`
können zu einem String zusammengefasst werden:
`CURR:IMM 10;PROT 15`

In die höchste Hierarchiestufe gelangt man, indem man an das Semikolon direkt einen Doppelpunkt anhängt (;:).

Beispiel:
`CURR:LEV:IMM 10;PROT 15;:INP ON`

Hat der erste Befehl nur eine Hierarchiestufe, kann man den Doppelpunkt nach dem Semikolon weglassen, da man sich nach dem Semikolon ohnehin wieder in der höchsten Hierarchiestufe befindet.

Beispiel:
`CURR 15;:INP ON` ergibt dasselbe wie
`CURR 15;INP ON`

Jedoch bei
`FUNC:MODE RES;:INP ON`
muss die Folge ;: angegeben werden.

Wenn das Ende einer Zeichenkette erreicht ist, wechselt der SCPI-Parser automatisch wieder in die höchste Hierarchiestufe.
Das Ende einer Zeichenkette wird durch das Zeichen LineFeed (10 dez.) gekennzeichnet.

5.8.14 Abfragebefehle (Queries)

Zu den meisten Befehlen gibt es einen zugehörigen Abfragebefehl, der den aktuellen Sollwert zurückgibt. Dazu wird dem Header ein Fragezeichen (?) angehängt.

Beispiel: Ermittlung des aktuellen Sollwertes für den Laststrom
`CURRent?`
Antwort z.B. `+1.000000E+01`

Die vom Gerät gesendete Zahl erscheint im Exponentialformat mit Vorzeichen, einer Vorkomma-, sechs Nachkommastellen, Exponent, Vorzeichen, zwei Exponentstellen. Das Gerät sendet grundsätzlich keine Einheiten nach Zahlenwerten.

Zur Ermittlung des minimal bzw. maximal zulässigen Sollwertes für den dazugehörigen Befehl hängen Sie dem Fragezeichen ein White Space und MIN bzw. MAX an. Als Antwort erhalten Sie den Zahlenwert ohne Einheit.

Beispiel: Ermittlung des Maximalstromes
`CURRent? MAX`
Antwort z. B.: `+1.200000E+02`

5.9 Fehlerwarteschlange

Wenn die elektronische Last einen ungültigen Befehl empfängt oder ein Befehl einen Konflikt mit dem momentanen Zustand auslöst, trägt die Last einen Fehler in die Fehlerwarteschlange (Error Queue) ein. Dabei ertönt ein kurzer Piepton.

Siehe Befehl SYSTem:ERRor in 5.11.18 SYSTem Subsystem und 9.1 Fehlercodes

5.10 Befehlsbeschreibung Common Commands

Common Commands sind im IEEE488.2 Standard definiert. Sie beginnen mit einem * und enthalten drei Zeichen bei einem Befehl bzw. drei Zeichen und ein Fragezeichen ('?') bei einer Abfrage.

5.10.1 *CLS

Löscht den Inhalt folgender Statusregister:
- Questionable Status Event Register
- Operation Status Event Register
- Standard Event Status Register
- Status Byte Register
- Fehlerwarteschlange (Error Queue)

5.10.2 *ESE <NRf>, *ESE?

Setzt den Wert des Standard Event Status Enable Registers.

Parameter: 0 ... 255
Der numerische Parameter spezifiziert den neuen Wert des Registers und wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet.

Abfrage: *ESE?

Fragt den Wert des Standard Event Status Enable Registers als dezimale Ganzzahl ab.

Siehe auch 5.11.17 STATus Subsystem.

5.10.3 *ESR?

Fragt den Wert des Standard Event Status Registers als dezimale Ganzzahl ab. Durch diese Abfrage wird der Registerwert gelöscht, d.h. auf den Wert 0 zurückgesetzt.

Siehe auch 5.11.17 STATus Subsystem.

5.10.4 *IDN?

Fragt die Identifikationsdaten der elektronischen Last ab.

Der zurückgegebene ID-String besteht aus den folgenden Angaben:
Hersteller, Modellbezeichnung, Seriennummer, Firmware-Version.

5.10.5 *OPC, *OPC?

Setzt das Operation Complete Bit (Bit 0) im Standard Event Status Register, wenn alle vorausgegangenen Befehle abgearbeitet worden sind.

Abfrage: *OPC?
Fragt den Ausführungsstatus aller vorausgegangenen Befehle ab. Sind alle vorausgegangenen Befehle abgearbeitet worden, so wird der numerische Wert 1 als dezimale Ganzzahl zurückgeliefert.

5.10.6 *OPT?

Fragt die aktuell im Gerät verbauten und aktivierten Optionen ab.

Ein String wird zurückgeliefert, der aus aneinandergereihten, durch Komma getrennten Teilstrings besteht.

Position 0: "ISO" (Isolierter I/O-Port)
Position 1: "GPIB"
Position 2: reserviert
Position 3: ZV (Zero Volt-Modul)
Position 4: reserviert
Position 5: reserviert
Position 6: reserviert
Position 7: reserviert

Ist eine Option in der elektronischen Last aktiviert, wird bei der Antwort der entsprechende Teilstring an die dafür vorgesehene Position gesetzt. Ist die Option nicht aktiviert, steht an der entsprechenden Stelle im Antwortstring das Zeichen ‚0'.

Beispiel
*OPT?
Antwortstring, wenn Option GPIB verfügbar:
0,GPIB

5.10.7 *RCL <NRf>

Lädt die Einstellungen für die elektronische Last aus einem bestimmten Settingsspeicher und aktiviert diese.

Parameter: 0 ... 9

Der numerische Parameter wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet und spezifiziert die Speichernummer.
Siehe 4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden.

5.10.8 *RST

Führt einen Reset der elektronischen Last durch. Folgende Einstellungen werden bei einem Reset eingestellt:

ABORt
ACQuisition OFF
ACQuisition:TRIGger OFF
ACQuisition:STIMe MIN
CURRent MIN
CURRent:PROTection MAX
CURRent:TRIGgered MIN
FORMat:BORDer NORM
FORMat:DATA ASCii,7
FORMat:SREGister ASCii
FUNCtion:DISCharge OFF
FUNCtion:DISCharge:STOP:CHARge 0
FUNCtion:DISCharge:STOP:CURRent 0
FUNCtion:DISCharge:STOP:ENERgy 0
FUNCtion:DISCharge:STOP:TIME 1
FUNCtion:DISCharge:STOP:VOLTage 0
FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle CHARge,OFF
FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle CURRent,OFF
FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle ENERgy,OFF
FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle TIME,OFF
FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle VOLTage OFF
FUNCtion:MEASure:IRESistance OFF
FUNCtion:MEASure:IRESistance:CURRent 0,0
FUNCtion:MEASure:IRESistance:DWELl 10,1
FUNCtion:MODE CURRent
FUNCtion:MODulate OFF
FUNCtion:MODulate:MODE CURR
FUNCtion:MODulate:WAVeform:AMPLitude 0.0
FUNCtion:MODulate:WAVeform:FREQuency 1.0
FUNCtion:MODulate:WAVeform:TYPE SINEFUNCtion:MODE CURRent
FUNCtion:MPPT OFF
FUNCtion:MPPT:SWEep:DIRection DOWN
FUNCtion:MPPT:SWEep:TIME 1.0
FUNCtion:MPPT:SWEep:PERiod MIN
FUNCtion:SPEed MEDium
FUNCtion:ZVOLtage OFF
INITiate:CONTinuous OFF
INPut OFF
INPut:TRIGgered OFF
LIST OFF

LIST:ACQuisition OFF
LIST:COUNt MIN
LIST:CURRent <undefined>
LIST:DWELl <undefined>
LIST:MODE CURRent
LIST:POWer <undefined>
LIST:RESistance <undefined>
LIST:RTIMe <undefined>
LIST:STIMe:RTIMe <undefined>
LIST:STIMe:VOLTage <undefined>
LIST:TRIGgered OFF
LIST:VOLTage <undefined>
POWer MIN
POWer:TRIGgered MIN
RANGe MIN (only with HES MR)
RECT OFF
RECT:CURR MIN,MIN
RECT:DWEL 0.5,0.5
RECT:MODE CURR
RECT:RES MAX,MAX
RECT:VOLT MAX,MAX
RESistance MAX
RESistance:TRIGgered MAX
SETTing:EXTernal OFF
SETTing:EXTernal:ENABle INPut, OFF
SETTing:EXTernal:ENABle MODE, OFF
SETTing:EXTernal:ENABle ILEVel, OFF
SETTing:EXTernal:ENABle PLEVel, OFF
SYSTem:COOLing AUTO
SYSTem:KLOCk OFF
SYSTem:SLINk OFF
TRIGger:DELay 0
TRIGger:HOLDoff 0
TRIGger:LEVel:CURRent MAX
TRIGger:LEVel:VOLTage <default>
TRIGger:SLOPe POSitive
TRIGger:SOURce BUS
VOLTage MAX
VOLTage:PROTection <default>
VOLTage:PROTection:REGulation OFF
VOLTage:TRIGgered MAX

5.10.9 *SAV

Speichert die aktiven Einstellungen in einen bestimmten Settingsspeicher.

Parameter: 0 ... 9

Der numerische Parameter wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet und spezifiziert die Speichernummer.
Siehe 4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden

5.10.10 *SRE <NRf>, *SRE?

Setzt den Wert des Service Request Enable Registers.

Parameter: 0 ... 255
Der numerische Parameter spezifiziert den neuen Wert des Registers und wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet.

Abfrage: *SRE?
Fragt den Wert des Service Request Enable Registers als dezimale Ganzzahl ab.

Siehe auch 5.11.17 STATus Subsystem.

5.10.11 *STB?

Fragt den Wert des Status Byte Registers als dezimale Ganzzahl ab.

Siehe auch 5.11.17 STATus Subsystem.

5.10.12 *TRG

Erzeugt ein Trigger-Ereignis zur Ausführung von Trigger-Aktionen, wenn die Trigger-Quelle BUS ausgewählt ist.

5.10.13 *TST?

Startet den Selbsttest der elektronischen Last und liefert das Testergebnis.
Ist der zurückgegebene numerische Wert 0, so sind im Rahmen des Selbsttests keine Fehler aufgetreten. Andernfalls wird ein durch SCPI definierter Fehlercode zurückgeliefert.

5.10.14 *WAI

Blockiert die Abarbeitung weiterer Befehle, bis alle vorhergehenden Befehle ausgeführt worden sind.

5.11 Befehlsbeschreibung Gerätespezifische Befehle

In diesem Kapitel werden die gerätespezifischen SCPI-Befehle der elektronischen Last beschrieben. Sie sollten mit der grundlegenden SCPI-Syntaxbeschreibung in Kapitel 5.8 vertraut sein.

Die Befehle werden mit folgenden Angaben beschrieben:

Syntax
Syntaxdefinitionen sind immer in der Langform mit optionalen Schlüsselwörtern aufgeführt.

Parameter
Die meisten Befehle brauchen einen oder mehrere Parameter. Bei einigen Befehlen hängt der gültige Bereich der zugehörigen Parameter vom Modelltyp (also vom Strom-, Spannungs-, Widerstands-, Leistungsbereich) der elektronischen Last ab. Die tatsächlichen kleinst- und größtmöglichen Parameterwerte können durch Abfrage mit Anhängen von MIN oder MAX abgefragt werden, z.B. `CURR? MAX`

Einheit
Wenn nach dem Parameter eine Einheit erlaubt ist, wird diese ggf. mit dem gültigen Multiplizierer angegeben, z. B. A|MA

**RST Wert*
Bei Befehlen, deren Sollwert sich durch einen Reset ändert, ist der *RST Wert angegeben. Dieser entspricht auch dem Wert nach dem Einschalten.

Beispiele
Beispiele sind immer in der Kurzform angegeben, ohne optionale Schlüsselwörter.

Abfragesyntax
Die meisten Befehle haben einen zugehörigen Abfragebefehl, die den entsprechenden Sollwert zurückgeben.

Rückgabewert
Der Parametertyp der Abfrage ist in der Beschreibung angegeben.

In Kapitel 5.12 und 5.13 sind alle Befehle in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet.

5.11.1 ACQuisition Subsystem

ACQuisition

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand der Messdatenerfassung.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Messdatenerfassung, der Parameter ON oder 1 aktiviert sie.

Syntax	ACQuisition[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	ACQ ON
Abfragesyntax	ACQuisition[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

ACQuisition:TRIGger

Dieser Befehl setzt den Trigger-Zustand der Messdatenerfassung.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Messdatenerfassung bei Auftreten eines Trigger-Ereignisses, der Parameter ON oder 1 aktiviert die Messdatenerfassung bei Eintreten eines Trigger-Ereignisses.

Syntax	ACQuisition[:STATe]:TRIGger <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	ACQ:TRIG ON
Abfragesyntax	ACQuisition[:STATe]:TRIGger?
Rückgabewert	0|1

ACQuisition:STIMe

Dieser Befehl setzt das Abtastintervall für die Messdatenerfassung.

Der numerische Parameter spezifiziert das Abtastintervall in der Grundeinheit Sekunden.

Syntax	ACQuisition:STIMe <NRf>
Parameter	1E-03 ... 100|MIN|MAX
Einheit	S|MS
**RST Wert*	0.001
Beispiel	ACQ:STIM 0.5
Abfragesyntax	ACQuisition:STIM? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

5.11.2 CURRent Subsystem

CURRent

Dieser Befehl setzt den Sollwert für den geregelten Eingangsstrom im Strombetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert die Stromstärke in der Grundeinheit Ampere. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Stromstärke, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Stromstärke.

Der <max>-Wert entspricht dem Strombereich und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	CURRent[:LEVel][:IMMediate] <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	A|MA
**RST Wert*	0
Beispiel	CURR 12.5
Abfragesyntax	CURRent[:LEVel][:IMMediate]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

CURRent:PROTection

Dieser Befehl setzt den benutzerspezifischen oberen Grenzwert für den Eingangsstrom unabhängig von der Betriebsart.

Der numerische Parameter spezifiziert die Stromstärke in der Grundeinheit Ampere. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Stromstärke, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Stromstärke.

Der <max>-Wert entspricht dem Strombereich und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	CURRent:PROTection[:LEVel] <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	A|MA
**RST Wert*	MAX
Beispiel	CURR:PROT 6.5
Abfragesyntax	CURRent[:PROTection][:LEVel]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

CURRent:PROTection:RANGe

Dieser Befehl fragt den maximalen Wert für die Strombegrenzung für den spezifizierten Bereich ab. Er ist nur für Mehrbereichsgeräte (HES MR) verfügbar.

Der numerische Parameter spezifiziert die Nummer des Bereichs. Bei Übergabe des Parameters MIN wird der maximale Strom für Bereich 1 abgefragt, bei Übergabe des Parameters MAX wird der maximale Strom für den größten Bereich abgefragt.

Abfragesyntax	CURRent:PROTection:RANGe? [NRf|MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

CURRent:RANGe?

Dieser Befehl fragt den maximalen Strom für den spezifizierten Bereich ab. Er ist nur für Mehrbereichsgeräte (HES MR) verfügbar.

Der numerische Parameter spezifiziert die Nummer des Bereichs. Bei Übergabe des Parameters MIN wird der maximale Strom für Bereich 1 abgefragt, bei Übergabe des Parameters MAX wird der maximale Strom für den größten Bereich abgefragt.

Abfragesyntax	CURRent[:LEVel]:RANGe? [NRf|MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

CURRent:TRIGgered

Dieser Befehl setzt den getriggerten Wert für den Eingangsstrom im Strombetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert die Stromstärke in der Grundeinheit Ampere. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Stromstärke, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Stromstärke.

Der <max>-Wert entspricht dem Strombereich und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	CURRent[:LEVel]:TRIGgered <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	A|MA
**RST Wert*	0
Beispiel	CURR:TRIG 18.5
Abfragesyntax	CURRent[:LEVel]:TRIGgered? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

5.11.3 DATA Subsystem

Das DATA Subsystem steht zum Auslesen von in der elektronischen Last gespeicherten Messdatensätzen zur Verfügung.

Ein Messdatensatz besteht aus einer Folge von <NRf>-Werten in der Reihenfolge Zeitstempel_x, Spannung_x, Strom_x. Die zurückgelesenen Messdatensätze werden in folgender Weise aneinandergereiht:
Zeitstempel_1, Spannung_1, Strom_1, Zeitstempel_2, Spannung_2, Strom_2, ... Zeitstempel_n, Spannung_n, Strom_n.
Alle Werte sind im ASCII-Format durch Komma mit nachfolgendem Leerzeichen voneinander getrennt. Im REAL-Format werden die Daten im IEEE 754-Format zurückgegeben.
Siehe 5.11.5 FORMat Subsystem, 4.13Datenübertragung nach IEEE 488.2 – Binäre Blockdaten.

DATA:DELete

Dieser Befehl löscht alle in der elektronischen Last gepufferten Messdatensätze.
Dieser Befehl hat keine Abfrageform.

Syntax	DATA:DELete
Parameter	Keine
Beispiel	DATA:DEL

DATA:LAST?

Dieser Befehl fragt den letzten in der elektronischen Last gespeicherten Messdatensatz ab.

Abfragesyntax	DATA:LAST?
Rückgabewert	<NR3>,<NR3>,<NR3>

DATA:POINts?

Dieser Befehl fragt die Anzahl der in der elektronischen Last gespeicherten Messdatensätze ab.

Abfragesyntax	DATA:POINts? [VMEM]
Rückgabewert	<NR1>

DATA:REMove?

Dieser Befehl fragt die durch den Parameter spezifizierte Anzahl von in der elektronischen Last gespeicherten Messdatensätzen ab.

In einer Abfrage kann nur eine begrenzte Anzahl von Messdatensätzen gelesen werden. Wenn mehr Datensätze zur Verfügung stehen als in einem Lesevorgang ausgelesen werden können, so sind die vorhandenen Datensätze auf mehrere Abfragen aufzuteilen.

Der Parameter des Abfragebefehls darf nicht größer sein als die Anzahl der gespeicherten Datensätze.

Während der Messdatenerfassung können keine Messdatensätze ausgelesen werden.

Abfragesyntax	DATA:REMove? <NRf>
Parameter	1 ... 100
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}
Beispiel	DATA:POIN? *// Antwort: 324*
	DATA:REM? 100
	DATA:REM? 100
	DATA:REM? 100
	DATA:REM? 24

5.11.4 DISPlay Subsystem

DISPlay:TEXT

Dieser Befehl zeigt die spezifizierte Zeichenkette in einem Benachrichtigungs-Fenster an der Benutzerschnittstelle an bzw. fragt diese ab.

Der Parameter spezifiziert die Zeichenkette mit einer maximalen Länge von 32 Zeichen. Ist die Zeichenkette leer ("), wird das Benachrichtigungs-Fenster geschlossen.

Das Benachrichtigungs-Fenster mit dem Hinweistext kann durch den Bediener bestätigt und geschlossen werden. Mit der Abfrage `DISPlay:TEXT?` kann festgestellt werden, ob das Benachrichtigungs-Fenster mit dem Hinweistext noch sichtbar ist. Die Abfrage liefert entweder den angezeigten Text oder eine leere Zeichenkette ("") wenn kein Benachrichtigungs-Fenster angezeigt wird.

Syntax	DISPlay:TEXT[:DATA] <string>
Parameter	<string>
Beispiel	DISP:TEXT "Funktion abgebrochen"
Abfragesyntax	DISPlay:TEXT[:DATA]?
Rückgabewert	<string>

5.11.5 FORMat Subsystem

FORMat

Dieser Befehl setzt das Datenformat für dezimale Zahlenwerte, die durch SCPI-Befehle abgefragt werden.

Durch den ersten Parameter ASCii werden die Werte in Form von ASCII-Zeichen zurückgegeben. Durch den Parameter REAL werden die Werte im IEEE 754-Format zurückgegeben. Siehe 4.13 Datenübertragung nach IEEE 488.2 – Binäre Blockdaten.
Der zweite Parameter bestimmt die Anzahl von signifikanten Stellen eines abgefragten Wertes.

Das Datenformat und die Anzahl der signifikanten Stellen sind flüchtig, d. h. sie werden nach dem Aus- und Einschalten wieder auf ihre Defaultwerte gesetzt.

Syntax	FORMat[:DATA] <format>,<NRf>
Parameter1	ASCii|REAL
Parameter2	1 ... 7|32
**RST Wert*	7
Beispiel	FORM REAL,32
Abfragesyntax	FORMat[:DATA]?
Rückgabewert	ASC|REAL,<NR1>

FORMat:BORDer

Dieser Befehl setzt die Byte-Reihenfolge für abgefragte Messdaten im REAL-Format.

Bei Übergabe des Parameters NORM werden die Messdaten im Little Endian Format (LSBF) übertragen.

Bei Übergabe des Parameters SWAP werden die Messdaten im Big Endian Format (MSBF) übertragen.

Syntax	FORMat:BORDer <order>
Parameter	NORMal|SWAPped
Default Wert	NORMal
Beispiel	FORM:BORD NORM
Abfragesyntax	FORMat:BORDer?
Rückgabewert	NORM|SWAP

FORMat:SREGister

Dieser Befehl setzt das Datenformat für abgefragte SCPI-Status-Registerwerte.

Bei Übergabe des Parameters ASCii wird ein abgefragter Registerwert als ASCII-String im Dezimalzahl-Format zur Basis 10 gemäß des Standards IEEE 488.2 übertragen.

Bei Übergabe des Parameters HEXadecimal wird ein abgefragter Registerwert als ASCII-Zeichen im Hexadezimal-Format zur Basis 16 gemäß des Standards IEEE 488.2 übertragen. Die elektronische Last sendet dann jedem angeforderten Registerwert die Zeichenfolge "#H" voran.

Bei Übergabe des Parameters OCTal wird ein abgefragter Registerwert als ASCII-Zeichen im Oktal-Format zur Basis 8 gemäß des Standards IEEE 488.2 übertragen. Die elektronische Last stellt dann jedem angeforderten Registerwert die Zeichenfolge "#Q" voran.

Syntax	FORMat:SREGister <format>
Parameter	ASCii|HEXadecimal|OCTal
**RST Wert*	ASCii
Beispiel	FORM:SREG ASC
Abfragesyntax	FORMat:SREGister?
Rückgabewert	ASC|HEX|OCT

5.11.6 FUNCtion Subsystem

FUNCtion:DISCharge

Die Befehlsgruppe FUNCtion:DISCharge konfiguriert und bedient die Entladefunktion der elektronischen Last.
Der Befehl `FUNCtion:DISCharge[:STATe]` setzt den Aktivierungszustand für die Entladefunktion.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Entladefunktion, der Parameter ON oder 1 aktiviert die Entladefunktion.

Syntax	FUNCtion:DISCharge[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	FUNC:DISC ON
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

FUNCtion:DISCharge:CHARge?

Dieser Befehl fragt die Ladungsmenge in Ah ab, die dem Prüfling seit Aktivierung der Entladefunktion entnommen worden ist.

Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:CHARge?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:ENERgy?

Dieser Befehl fragt die Energiemenge in Wh ab, die dem Prüfling seit Aktivierung der Entladefunktion entnommen worden ist.

Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:ENERgy?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:STOP:CHARge

Dieser Befehl setzt den Wert für die Ladungsmenge, bei der die Entladefunktion deaktiviert und der Lasteingang ausgeschaltet wird. Die Freigabe des Stoppkriteriums erfolgt mit dem Befehl `FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle`.

Der numerische Parameter spezifiziert die Ladungsmenge in der Einheit Amperestunden. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Ladungsmenge, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Ladungsmenge.

Syntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:CHARge <NRf>
Parameter	0 ... 999999.9|MIN|MAX
Einheit	AH|MAH|KAH
**RST Wert*	0
Beispiel	FUNC:DISC:STOP:CHAR 1.2
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:CHARge? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:STOP:CURRent

Dieser Befehl setzt den Wert für die minimale Stromstärke, bei der die Entladefunktion deaktiviert und der Lasteingang ausgeschaltet wird. Die Freigabe des Stoppkriteriums erfolgt mit dem Befehl `FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle`.

Der numerische Parameter spezifiziert die Stomstärke in der Einheit Ampere. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Stromstärke, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Stromstärke.

Der <max>-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:CURRent[:LEVel] <NRf>
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	A|MA|KA
**RST Wert*	0
Beispiel	FUNC:DISC:STOP:CURR 1.2
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:CURRent[:LEVel]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für ein Kriterium zum Beenden der Entladefunktion (Stoppkriterium).

Der erste Parameter spezifiziert das Stoppkriterium:
CHARge: Stopp wenn definierte Ladungsmenge akkumuliert
CURRent: Stopp wenn definierte Minimal-Stromstärke erreicht
ENERgy: Stopp wenn definierte Energiemenge akkumuliert
TIME: Stopp wenn definierte Entladezeit verstrichen
VOLTage: Stopp wenn definierte Minimal-Spannung erreicht

Der zweite Parameter spezifiziert den Aktivierungszustand für das Stoppkriterium:
0|OFF: Das Kriterium kann die Entladung nicht beenden.
1|ON: Das Kriterium kann die Entladung beenden.

Syntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle <signal>,<boolean>
Parameter1	CHARge|CURRent|ENERgy|TIME|VOLTage
Parameter2	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	Alle OFF
Beispiel	FUNC:DISC:STOP:ENAB CHAR,ON
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle? <signal>
Rückgabewert	0|1

FUNCtion:DISCharge:STOP:ENERgy

Dieser Befehl setzt den Wert für die Energiemenge, bei der die Entladefunktion deaktiviert und der Lasteingang ausgeschaltet wird. Die Aktivierung des Stoppkriteriums erfolgt mit dem Befehl `FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle`.

Der numerische Parameter spezifiziert die Energiemenge in der Einheit Wattstunden. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Energiemenge, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Energiemenge.

Syntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:ENERgy <NRf>
Parameter	0 ... 999999.9|MIN|MAX
Einheit	WH|MWH|KWH
**RST Wert*	0
Beispiel	FUNC:DISC:STOP:ENER 10.56
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:ENERgy? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:STOP:EVENt?

Dieser Abfragebefehl fragt das Ereignis ab, durch das die Entladefunktion zuletzt beendet wurde.

Der Rückgabewert kann einen der folgenden Werte annehmen:
NONE: kein Ereignis eingetreten
CHAR: definierte Ladungsmenge akkumuliert
CURR: definierte Minimal-Stromstärke erreicht
ENER: definierte Energiemenge akkumuliert
TIME: definierte Entladezeit verstrichen
VOLT: definierte Minimal-Spannung erreicht

Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:EVENt?
Rückgabewert	NONE|CHAR|CURR|ENER|TIME|VOLT

FUNCtion:DISCharge:STOP:TIME

Dieser Befehl setzt den Wert für die Zeitdauer, nach der die Entladefunktion deaktiviert und der Lasteingang ausgeschaltet wird. Die Aktivierung des Stoppkriteriums erfolgt mit dem Befehl `FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle`.

Der numerische Parameter spezifiziert die Zeit in der Einheit Sekunden. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Zeit, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Zeit.

Syntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:TIME <NRf>
Parameter	1 ... 999999|MIN|MAX
Einheit	S|MS
**RST Wert*	1
Beispiel	FUNC:DISC:STOP:TIME 18000
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:TIME? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:STOP:VOLTage

Dieser Befehl setzt den Wert für die minimale Spannung, nach der die Entladefunktion deaktiviert und der Lasteingang ausgeschaltet wird. Die Aktivierung des Stoppkriteriums erfolgt mit dem Befehl `FUNCtion:DISCharge:STOP:ENABle`.

Der numerische Parameter spezifiziert die Spannung in der Einheit Volt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Spannung, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Spannung.

Der <max>-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:VOLTage [:LEVel] <NRf>
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	V|MV
**RST Wert*	0
Beispiel	FUNC:DISC:STOP:VOLT 1.253
Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:STOP:VOLTage [:LEVel]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:DISCharge:TIME?

Dieser Befehl fragt die Zeitdauer in Sekunden ab, die seit Aktivierung der Entladefunktion verstrichen ist.

Abfragesyntax	FUNCtion:DISCharge:TIME?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MEASure:IRESistance

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die Funktion, den Innenwiderstand eines angeschlossenen Prüflings zu messen.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Funktion, der Parameter ON oder 1 aktiviert die Funktion.

Syntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance [:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	FUNC:MEAS:IRES ON
Abfragesyntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance[:STATe]?
Rückgabewert	0|1
**RST Wert*	OFF

FUNCtion:MEASure:IRESistance:CURRent

Dieser Befehl setzt die beiden Lastströme zur Ermittlung des Innenwiderstands. Der zweite Strom muss größer sein als der erste.

Die numerischen Parameter spezifizieren die Stromstärken in der Grundeinheit Ampere. Sie werden als zwei durch Komma separierte Parameter angegeben.

Der <max>-Wert entspricht dem Strombereich und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance:CURRent [:LEVel] <NRf>,<NRf>
Parameter 1	0 ... <max>
Parameter 2	0 ... <max>
Einheit	A
Beispiel	FUNC:MEAS:IRES:CURR 0.5, 4.5
Abfragesyntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance:CURRent [:LEVel]?
Rückgabewerte	<NR3>,<NR3>
**RST Werte*	0, 0

FUNCtion:MEASure:IRESistance:DWELl

Dieser Befehl setzt die beiden Verweildauern der jeweiligen Lastströme zur Ermittlung des Innenwiderstands.

Die numerischen Parameter spezifizieren die Verweildauern in der Grundeinheit Sekunden. Sie werden als zwei durch Komma separierte Parameter angegeben.

Syntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance:DWELl <NRf>,<NRf>
Parameter 1	0.1 ... 100
Parameter 2	0.1 ... 100
Einheit	S
Beispiel	FUNC:MEAS:IRES:DWEL 1.5,12
Abfragesyntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance:DWELl?
Rückgabewerte	<NR3>,<NR3>
**RST Werte*	10, 1

FUNCtion:MEASure:IRESistance:RESistance?

Dieser Befehl fragt den Innenwiderstand des angeschlossenen Prüflings ab, den die elektronische Last zuletzt ermittelt hat.

Hat die elektronische Last noch keinen Wert für den Innenwiderstand ermittelt, gibt sie den Wert 0 zurück.

Abfragesyntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance :RESistance?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MEASure:IRESistance:TIME?

Dieser Befehl fragt die Zeitdauer in Sekunden ab, die seit Aktivierung der Innenwiderstands-Messfunktion verstrichen ist.

Der Wert wird beim Start der Funktion auf 0 zurückgesetzt.

Abfragesyntax	FUNCtion:MEASure:IRESistance:TIME?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MODE

Dieser Befehl setzt die Betriebsart für die Regelung.

Der Parameter CURRent aktiviert die Stromregelung.
Der Parameter RESistance aktiviert die Widerstandsregelung.
Der Parameter VOLTage aktiviert die Spannungsregelung.
Der Parameter POWer aktiviert die Leistungsregelung.

Syntax	FUNCtion:MODE <mode>
Parameter	CURRent|RESistance|VOLTage|POWer
**RST Wert*	CURRent
Beispiel	FUNC:MODE VOLT
Abfragesyntax	FUNCtion:MODE?
Rückgabewert	CURR|RES|VOLT|POW

FUNCtion:MODulate

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand der Modulation.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert diese Funktion, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert diese Funktion.

Syntax	FUNCtion:MODulate[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	FUNC:MOD ON
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate[:STATe]?
Rückgabewert	0|1
**RST Wert*	OFF

FUNCtion:MODulate:MODE

Dieser Befehl setzt die Betriebsart der Regelung für die Modulation.

Der Parameter CURRent aktiviert die Stromregelung.
Der Parameter VOLTage aktiviert die Spannungsregelung.

Syntax	FUNCtion:MODulate:MODe <mode>
Parameter	CURRent|VOLTage
Beispiel	FUNC:MOD VOLT
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:MODe?
Rückgabewert	CURR|VOLT
**RST Wert*	CURRent

FUNCtion:MODulate:SWEep

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand der Modulator-Sweep-Funktion.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert diese Funktion, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert diese Funktion.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	FUNC:MOD:SWE ON
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:SWEep[:STATe]?
Rückgabewert	0|1
**RST Wert*	OFF

FUNCtion:MODulate:SWEep:COUNt

Dieser Befehl setzt die Anzahl von Sweep-Durchläufen.

Der numerische Parameterwert spezifiziert die Anzahl der Durchläufe und wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert. Ein größerer Wert als der MAX-Wert oder der numerische Wert für Unendlich (9.9E37) bewirkt eine kontinuierliche Ausführung des Sweep-Vorgangs, bis dieser mit FUNCtion:MODulate:SWEep OFF beendet wird.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:COUNt <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<NRf>|MIN|MAX
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:COUN 10
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:COUNt? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NRf>
**RST Wert*	1

FUNCtion:MODulate:SWEep:COUNt:ACTual?

Dieser Befehl fragt die Anzahl der abgeschlossenen Sweep-Durchläufe ab.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:COUNt:ACTual?
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:COUN:ACT?
Rückgabewert	<NRf>

FUNCtion:MODulate:SWEep:DWELl

Dieser Befehl setzt die Verweilzeit für jede Frequenzstufe in s.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:DWELl <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<NRf>|MIN|MAX
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:DWEL 0.1
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:DWELl? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NRf>
**RST Wert*	0.1

FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQuency:STARt

Dieser Befehl setzt die Startfrequenz in Hz.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQency:STARt <NRf>|MIN|MAX

Parameter	<NRf>|MIN|MAX
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:FREQ:STAR 1E3
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQency:STARt? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NRf>
**RST Wert*	MIN

FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQuency:STEP

Dieser Befehl setzt die Schrittweite der Frequenz in Hz.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQency:STEP <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<NRf>|MIN|MAX
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:FREQ:STEP 100
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQency:STEP? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NRf>
**RST Wert*	100

FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQuency:STOP

Dieser Befehl setzt die Endfrequenz in Hz.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQency:STOP <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<NRf>|MIN|MAX
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:FREQ:STOP 10E3
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQency:STOP? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NRf>
**RST Wert*	MAX

FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQuency?

Dieser Befehl fragt die momentane Sweep-Frequenz in Hz ab.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:FREQuency?
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:FREQ?
Rückgabewert	<NRf>

FUNCtion:MODulate:SWEep:TIME?

Dieser Befehl fragt die verstrichene Zeit seit Aktivierung der Sweep-Funktion in s ab.

Syntax	FUNCtion:MODulate:SWEep:TIME?
Beispiel	FUNC:MOD:SWE:TIME?
Rückgabewert	<NRf>

FUNCtion:MODulate:WAVeform:AMPLitude

Dieser Befehl setzt die Amplitude für die Modulation.

Der numerische Parameterwert spezifiziert den Sollwert für die Amplitude im normierten Bereich von 0 bis 1. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert 0 für die Amplitude, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert 1 für die Amplitude.

Syntax	FUNCtion:MODulate:WAVeform:AMPLitude <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... 1|MIN|MAX
Beispiel	FUNC:MOD:WAV:AMPL 0.27
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:WAVeform:AMPLitude?
Rückgabewert	<NR3>
**RST Wert*	0.0

FUNCtion:MODulate:WAVeform:FREQuency

Dieser Befehl setzt die Frequenz für die Modulation.

Der numerische Parameterwert spezifiziert den Sollwert für die Frequenz in der Einheit Hertz. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Frequenz, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Frequenz.

Syntax	FUNCtion:MODulate:WAVeform:FREQuency <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0.1 ... 10000|MIN|MAX
Einheit	HZ
Beispiel	FUNC:MOD:WAV:FREQ 50.0
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:WAVeform:FREQuency?
Rückgabewert	<NR3>
**RST Wert*	1.0

FUNCtion:MODulate:WAVeform:TYPE

Dieser Befehl setzt die Wellenform für die Modulation.

Der Parameter SINE aktiviert die sinusförmige Modulation.
Der Parameter SQUare aktiviert die rechteckförmige Modulation.
Der Parameter TRIangle aktiviert die dreieckförmige Modulation.

Syntax	FUNCtion:MODulate:WAVeform:TYPE <type>
Parameter	SINE|SQUare|TRIangle
Beispiel	FUNC:MOD:WAV:TYPE TRI
Abfragesyntax	FUNCtion:MODulate:WAVeform:TYPE?
Rückgabewert	SINE|SQU|TRI
**RST Wert*	SINE

FUNCtion:MPPT

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die MPP Tracking-Funktion.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die MPPT-Funktion, der Parameter ON oder 1 aktiviert die MPPT-Funktion.

Syntax	FUNCtion:MPPT[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	FUNC:MPPT ON
Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

FUNCtion:MPPT:ENERgy?

Dieser Befehl fragt die bei einer MPP Tracking-Funktion kumulierte Energie in Wh ab.

Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:ENERgy?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MPPT:MPP?

Dieser Befehl fragt den zuletzt gefundenen und geregelten MPP ab.
Der Rückgabewert ist ein Tupel bestehend aus folgenden Werten:
Umpp, Impp, Pmpp

Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:MPP?
Rückgabewert	<NR3>,<NR3>,<NR3>

FUNCtion:MPPT:SWEep

Dieser Befehl löst einen sofortigen Sweep aus, sofern nicht bereits ein Sweep läuft.

Syntax	FUNCtion:MPPT:SWEep[:IMMediate]
Beispiel	FUNC:MPPT:SWE

FUNCtion:MPPT:SWEep:DATA?

Dieser Befehl fragt die aufgenommenen Messdaten des letzten Sweeps ab.

Die zurückgelesenen Messdaten bestehen aus 100 Spannung-Strom-Wertepaaren und sind folgendermaßen zusammengesetzt:

<Volt_0>,<Curr_0>,....,<Volt_99>,<Curr_99>

Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:DATA?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

FUNCtion:MPPT:SWEep:DATA:POINts?

Dieser Befehl fragt die Anzahl der Messdatenpunkte des letzten Sweeps ab.

Ist noch kein Sweep durchgeführt worden, ist die Anzahl der Messdatenpunkte gleich 0, ansonsten immer 100.

Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:DATA:POINts?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MPPT:SWEep:DIRection

Dieser Befehl setzt die Sweep-Richtung der MPP Tracking-Funktion.

Der Textparameter spezifiziert die Sweep-Richtung:
DOWN: von Uoc aus in Richtung 0 V
UP: von 0 V aus in Richtung Uoc

Syntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:DIRection DOWN|UP
Parameter	DOWN|UP
**RST Wert*	DOWN
Beispiel	FUNC:MPPT:SWE:DIR UP
Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:DIRection?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MPPT:SWEep:PERiod

Dieser Befehl setzt die Sweep-Periode der MPP Tracking-Funktion.

Der numerische Parameter spezifiziert die Sweep-Periode in der Einheit Sekunden. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Zeit, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Zeit.

Syntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:PERiod <NRf>
Parameter	10 ... 3600
**RST Wert*	10
Beispiel	FUNC:MPPT:SWE:PER 60
Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:PERiod? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MPPT:SWEep:TIME

Dieser Befehl setzt die Sweep-Dauer der MPP Tracking-Funktion.

Der numerische Parameter spezifiziert die Sweep-Dauer in der Einheit Sekunden. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Zeit, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Zeit.

Syntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:TIME <NRf>
Parameter	0.1 ... 5
**RST Wert*	1
Beispiel	FUNC:MPPT:SWE:TIME 60
Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:SWEep:TIME? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:MPPT:TIME?

Dieser Befehl fragt die Zeitdauer ab, die seit Aktivierung der MPPT-Funktion verstrichen ist.

Der zurückgegebene Wert hat die Einheit Sekunden.

Abfragesyntax	FUNCtion:MPPT:TIME?
Beispiel	FUNC:MPPT:TIME?
Rückgabewert	<NR3>

FUNCtion:SPEed

Dieser Befehl setzt die Regelgeschwindigkeit für die hardwarebasierte Regelung.

Der Parameter kann einen der folgenden Werte annehmen:
SLOW: geringe Regelgeschwindigkeit
FAST: hohe Regelgeschwindigkeit

Syntax	FUNCtion:SPEed <speed>
Parameter	SLOW|FAST
**RST Wert*	FAST
Beispiel	FUNC:SPE SLOW
Abfragesyntax	FUNCtion:SPEed?
Rückgabewert	SLOW|FAST

FUNCtion:ZVOLtage

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand der Null-Volt-Funktion.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert die Null-Volt-Funktion, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Null-Volt-Funktion.

Syntax	FUNCtion:ZVOLtage[:ENABle] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	FUNC:ZVOL ON
Abfragesyntax	FUNCtion:ZVOLtage[:ENABle]?
Rückgabewert	0|1

5.11.7 INPut Subsystem

INPut

Dieser Befehl setzt den Zustand des Lasteingangs.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den Eingang, der Parameter ON oder 1 aktiviert den Eingang.

Der Abfragebefehl liefert immer den Sollzustand. D. h. wenn der Befehl INPut ON bei der elektronischen Last eingegangen ist, sendet diese bei der Abfrage 1 zurück, auch wenn z. B. durch einen Übertemperaturschutz tatsächlich der Lasteingang ausgeschaltet ist. Den tatsächlichen Aktivierungszustand des Lasteingangs liefert die Abfrage des Operation Status Registers.

Syntax	INPut[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	INP ON
Abfragesyntax	INPut[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

INPut:TRIGgered

Dieser Befehl setzt den Trigger-Zustand des Lasteingangs.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den Lasteingang bei Auftreten eines Trigger-Ereignisses, der Parameter ON oder 1 aktiviert den Lasteingang bei Eintreten eines Trigger-Ereignisses.

Syntax	INPut[:STATe]:TRIGgered <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON

**RST Wert*	OFF
Beispiel	INP:TRIG ON
Abfragesyntax	INPut[:STATe]:TRIGgered?
Rückgabewert	0|1

INPut:WDOG

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand des Watchdogs.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den Watchdog, der Parameter ON oder 1 aktiviert den Watchdog.

Der Watchdog ist nach dem Einschalten der elektronischen Last deaktiviert. Ein Geräte-Reset verändert den Aktivierungszustand nicht.

Syntax	INPut:WDOG[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	INP:WDOG ON
Abfragesyntax	INPut:WDOG[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

INPut:WDOG:DELay

Dieser Befehl setzt die Verzögerungszeit für den Watchdog.

Der numerische Parameterwert spezifiziert die Verzögerungszeit in Sekunden. Der numerische Wert wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert.

Die Verzögerungszeit beträgt nach dem Einschalten der elektronischen Last 60 s. Ein Geräte-Reset verändert die Verzögerungszeit nicht.

INPut:WDOG:RESet

Dieser Befehl setzt den Watchdog zurück.

Dieser Befehl hat keine Abfrageform.

Syntax	INPut:WDOG:RESet
Beispiel	INP:WDOG:RES

5.11.8 LIST Subsystem

LIST

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die Ausführung einer Liste.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert die Ausführung einer Liste, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Ausführung einer Liste.

Syntax	LIST[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	LIST ON
Abfragesyntax	LIST[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

LIST:ACQuisition

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die synchrone Datenerfassung bei Ausführung einer Liste.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert die Datenerfassung, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert sie.

Syntax	LIST:ACQuisition[:ENABle] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	LIST:ACQ ON
Abfragesyntax	LIST:ACQuisition[:ENABle]?
Rückgabewert	0|1
Reset-Wert	OFF

LIST:COUNt

Dieser Befehl setzt die Anzahl, wie oft eine Liste nach dem Aktivieren abgearbeitet wird.

Der numerische Parameterwert spezifiziert die Anzahl der Durchläufe und wird implizit zur nächsten Ganzzahl gerundet. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert. Ein größerer Wert als der MAX-Wert oder der numerische Wert für Unendlich (9.9E37) bewirkt eine kontinuierliche Ausführung der Liste, bis diese mit LIST:STATe OFF beendet wird.

Syntax	LIST:COUNt <NRf>
Parameter	1 ... 999999|MIN|MAX
**RST Wert*	1
Beispiel	LIST:COUN 23
Abfragesyntax	LIST:COUNt? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

LIST:CURRent

Dieser Befehl setzt die einzelnen Sollwerte in der Liste für den Eingangsstrom.

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Stromstärke in der Grundeinheit Ampere. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 100.

Syntax	LIST:CURRent[:LEVel] <NRf>{,<NRf>}
Parameter	<NRf>{,<NRf>}
Einheit	A|MA
**RST Wert*	Ungültige Liste
Beispiel	LIST:CURR 12.75,56.2,0
Abfragesyntax	LIST:CURRent[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

LIST:CURRent:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an spezifizierten Sollwerten für den Eingangsstrom in der Liste ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:CURR[:LEVel]:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:DWELl

Dieser Befehl setzt die einzelnen Sollwerte in der Liste für die Verweilzeiten (Dwell time).

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Verweilzeit in der Grundeinheit Sekunde. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 100.

Syntax	LIST:DWELl <NRf>{,<NRf>}
Parameter	0.0002 ... 1000.0{,0.0002 ... 1000.0}
Einheit	S|MS
**RST Wert*	Ungültige Liste
Beispiel	LIST:DWEL 5.5E-3,0.01,1.02
Abfragesyntax	LIST:DWELl?

Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

LIST:DWELl:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an spezifizierten Verweilzeiten in der Liste ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:DWELl:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:MODE

Dieser Befehl setzt die für die LIST-Funktion gültige Betriebsart. Sie wählt die zugehörige Sollwert-Liste aus.

Syntax	LIST:MODE <mode>
Parameter	CURRent|POWer|RESistance|VOLTage
**RST Wert*	CURRent
Beispiel	LIST:MODE VOLT
Abfragesyntax	LIST:MODE?
Rückgabewert	CURR|POW|RES|VOLT

LIST:POINts?

Dieser Befehl fragt die Anzahl der ausgeführten Listenpunkte seit Aktivierung der Liste ab.

Abfragesyntax	LIST:POINts?
Rückgabewert	<NR1>

LIST:POWer

Dieser Befehl setzt die einzelnen Sollwerte für eine Leistungsliste.

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Leistung in der Grundeinheit Watt. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 100.

Syntax	LIST:POWer[:LEVel] <NRf>{,<NRf>}
Parameter	<NRf>{,<NRf>}
Einheit	W|MW|KW
**RST Wert*	Ungültige Liste
Beispiel	LIST:POW 50,8.5,26.8
Abfragesyntax	LIST:POWer[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

LIST:POWer:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an spezifizierten Sollwerten für die Leistung in der Liste ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:POWer[:LEVel]:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:RESistance

Dieser Befehl setzt die einzelnen Sollwerte für eine Widerstandsliste.

Ein numerischer Parameter spezifiziert den Eingangswiderstand in der Grundeinheit Ohm. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 100.

Syntax	LIST:RESistance[:LEVel] <NRf>{,<NRf>}
Parameter	<NRf>{,<NRf>}

Einheit	OHM|KOHM
**RST Wert*	Ungültige Liste
Beispiel	LIST:RES 5.0,0.85,2.667E-2
Abfragesyntax	LIST:RESistance[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

LIST:RESistance:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an spezifizierten Sollwerten für den Eingangswiderstand in der Liste ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:RESistance[:LEVel]:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:RTIMe

Dieser Befehl setzt die einzelnen Sollwerte in der Liste für die Rampenzeiten (Ramp time).

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Rampenzeit in der Grundeinheit Sekunde. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 100.

Syntax	LIST:RTIMe <NRf>{,<NRf>}
Parameter	0.0 ... 1000.0{,0.0 ... 1000.0}
Einheit	S|MS
**RST Wert*	Ungültige Liste
Beispiel	LIST:RTIMe 5.5E-3,0.01,1.02
Abfragesyntax	LIST:RTIMe?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

LIST:RTIMe:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an spezifizierten Rampenzeiten in der Liste ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:RTIMe:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:STIMe:DWELl

Dieser Befehl setzt die Sollwerte in der Liste für Abtastzeiten während den Verweilzeiten.

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Abtastzeit in der Grundeinheit Sekunden. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 300.

Syntax	LIST:STIMe:DWELl <NRf>{,<NRf>}
Parameter	2E-04 ... 1E+03{,2E-04 ... 1E+03}
Einheit	S
Beispiel	LIST:STIM:DWEL 1E-3,0.01,0.05
Abfragesyntax	LIST:STIMe:DWELl?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}
Reset-Wert	Leere Liste

LIST:STIMe:DWELl:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an Sollwerten in der Liste für Abtastzeiten während den Verweilzeiten ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste, zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte, zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:STIMe:DWELl:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:STIMe:RTIMe

Dieser Befehl setzt die Sollwerte in der Liste für Abtastzeiten während den Rampenzeiten.

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Abtastzeit in der Grundeinheit Sekunden. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 300.

Syntax	LIST:STIMe:RTIMe <NRf>{,<NRf>}
Parameter	2E-04 ... 1E+03{,2E-04 ... 1E+03}
Einheit	S
Beispiel	LIST:STIM:RTIM 1E-3,0.01,0.05
Abfragesyntax	LIST:STIMe:RTIMe?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}
Reset-Wert	Leere Liste

LIST:STIMe:RTIMe:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an Sollwerten in der Liste für Abtastzeiten während den Rampenzeiten ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste, zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte, zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:STIMe:RTIMe:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

LIST:TIME?

Dieser Befehl fragt die Zeitdauer ab, die seit Aktivierung der Liste verstrichen ist.

Der zurückgegebene Wert hat die Einheit Sekunden.

Abfragesyntax	LIST:TIME?
Rückgabewert	<NR3>

LIST:TRIGger

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die Trigger-Auswertung zum Starten oder Stoppen einer Liste.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert die Trigger-Auswertung, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Trigger-Auswertung.

Syntax	LIST:TRIGger[:ENABle] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	LIST:TRIG ON
Abfragesyntax	LIST:TRIGger[:ENABle]?
Rückgabewert	0|1

LIST:VOLTage

Dieser Befehl setzt die spezifizierten Sollwerte in der Liste für die Eingangsspannung.

Ein numerischer Parameter spezifiziert die Eingangsspannung in der Einheit Volt. Die maximale Anzahl an Parameterwerten ist 100.

Syntax	LIST:VOLTage[:LEVel] <NRf>{,<NRf>}
Parameter	<NRf>{,<NRf>}
Einheit	V|MV
**RST Wert*	Ungültige Liste
Beispiel	LIST:VOLT 12.75,56.2,0
Abfragesyntax	LIST:VOLTage[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>{,<NR3>}

LIST:VOLTage:POINts?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an spezifizierten Sollwerten für die Spannung in der Liste ab.

Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste zulässige Wert für die Anzahl abgefragt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte zulässige Wert für die Anzahl abgefragt.

Abfragesyntax	LIST:VOLTage[:LEVel]:POINts? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

5.11.9 MEASure Subsystem

Die elektronische Last liefert Messwerte für den Laststrom, die Eingangsspannung, die aufgenommene Leistung, den Eingangswiderstand und die Endstufentemperatur.

Beim Empfang einer Messwertabfrage sendet die Last standardmäßig den Wert, der mit Hilfe des schnellen, niedrigauflösenden A/D-Wandlers ermittelt wurde. Sie haben aber auch die Möglichkeit, durch Anhängen des optionalen Parameters SLOW den Wert des langsamen, hochauflösenden A/D-Wandlers abzufragen (nicht bei `MEASure:TEMPerature?`, `MEASure:VOLTage:EXTernal?`, `MEASure:VOLTage:FET?`). Wird der optionale Parameter FAST oder kein Parameter an den Abfragebefehl angehängt, sendet die Last den Wert des schnellen ADC.

MEASure:CURRent?

Dieser Befehl fragt den aktuellen, gemessenen Wert für den Laststrom ab.

Der zurückgegebene Wert für die Stromstärke hat die Einheit Ampere.

Abfragesyntax	MEASure:CURRent? [FAST|SLOW]
Rückgabewert	<NR3>

MEASure:POWer?

Dieser Befehl fragt den aktuellen, aus Spannung und Strom berechneten Wert für die Eingangsleistung ab.

Der zurückgegebene Wert für die Leistung hat die Einheit Watt.

Abfragesyntax	MEASure:POWer? [FAST|SLOW]
Rückgabewert	<NR3>

MEASure:RESistance?

Dieser Befehl fragt den aktuellen, aus Spannung und Strom berechneten Wert für den Eingangswiderstand ab.

Der zurückgegebene Wert für den Widerstand hat die Einheit Ohm.

Abfragesyntax	MEASure:RESistance? [FAST|SLOW]
Rückgabewert	<NR3>

MEASure:TEMPerature?

Dieser Befehl fragt den aktuellen, gemessenen Wert für die Endstufentemperatur ab, wenn der Parameter PSTage oder kein Parameter angehängt wird.

Optional kann der Parameter CPU zur Messung der CPU-Temperatur angehängt werden.

Der zurückgegebene Wert für die Temperatur hat die Einheit Grad Celsius.

Abfragesyntax	MEASure:TEMPerature? [PSTage|CPU]
Rückgabewert	<NR3>

MEASure:VOLTage?

Dieser Befehl fragt den aktuellen, gemessenen Wert für die Eingangsspannung ab.

Der zurückgegebene Wert für die Spannung hat die Einheit Volt.

Abfragesyntax	MEASure:VOLTage? [FAST|SLOW]
Rückgabewert	<NR3>

MEASure:VOLTage:EXTernal?

Dieser Befehl fragt den aktuellen gemessenen Wert für die Spannung am analogen Ansteuereingang LEVEL+ gegen LEVEL- am I/O-Port ab.

Der zurückgegebene Wert für die Spannung hat die Einheit Volt.

Abfragesyntax	MEASure:VOLTage:EXTernal?
Rückgabewert	<NR3>

MEASure:VOLTage:FET?

Dieser Befehl fragt den aktuellen gemessenen Wert für die Spannung am Leistungshalbleiter der Endstufe ab.

Der zurückgegebene Wert für die Spannung hat die Einheit Volt.

Abfragesyntax	MEASure:VOLTage:FET?
Rückgabewert	<NR3>

5.11.10 PORT Subsystem

PORT:IO:IPIN?

Dieser Befehl fragt den logischen Zustand des digitalen Logikeingangs am I/O-Port ab.

Der numerische Parameterwert ist 0, da es nur einen abfragbaren Logikeingang am I/O-Port gibt.
Bei Rückgabe des Wertes 0 ist der Pin logisch low, bei Rückgabe des Wertes 1 ist der Pin logisch high.

Siehe auch 6.3 Steckerbelegung I/O-Port.

Abfragesyntax	PORT:IO:IPIN? <NRf>
Parameter	0
Beispiel	PORT:IO:IPIN? 0
Rückgabewert	0|1

POWer:IO:OPIN

Dieser Befehl setzt den logischen Zustand für den programmierbaren Logikausgang am I/O-Port.

Der erste numerische Parameterwert ist 0, da es nur einen programmierbaren Logikausgang am I/O-Port gibt. Der zweite numerische Parameterwert setzt den Zustand des Pins: ON oder 1 setzt den Pin auf logisch high, OFF oder 0 setzt den Pin auf logisch low.

Siehe auch 6.3 Steckerbelegung I/O-Port.

Syntax	PORT:IO:OPIN <NRf>,<boolean>
Parameter 1	0
Parameter 2	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	PORT:IO:OPIN 0,ON
Abfragesyntax	PORT:IO:OPIN? <NRf>
Rückgabewert	0|1

5.11.11 POWer Subsystem

POWer

Dieser Befehl setzt den Sollwert für die geregelte Leistung im Leistungsbetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert die Leistung in der Grundeinheit Watt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Leistung, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Leistung.

Der <max> bzw. MAX-Wert entspricht der maximalen Kurzzeitleistung und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	POWer[:LEVel][:IMMediate] <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	W|KW|MW
**RST Wert*	0
Beispiel	POW 57.88
Abfragesyntax	POWer[:LEVel][:IMMediate]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

POWer:TRIGgered

Dieser Befehl setzt den getriggerten Sollwert für die geregelte Leistung im Leistungsbetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert die Leistung in der Grundeinheit Watt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Leistung, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Leistung.

Der <max> bzw. MAX-Wert entspricht der maximalen Kurzzeitleistung und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	POWer[:LEVel]:TRIGgered <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	W|KW|MW
**RST Wert*	0
Beispiel	POW:TRIG 2.3E3
Abfragesyntax	POWer[:LEVel]:TRIGgered? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

POWer:PEAK?

Dieser Befehl fragt die aktuell mögliche Spitzenleistung, welche von der Endstufentemperatur abhängt, ab.

Der zurückgegebene Wert für die Spitzenleistung hat die Einheit Watt.

Abfragesyntax	POWer:PEAK?
Rückgabewert	<NR3>

POWer:RANGe?

Dieser Befehl fragt die maximale Leistung für den spezifizierten Bereich ab. Er ist nur für Mehrbereichsgeräte (HES MR) verfügbar.

Der numerische Parameter spezifiziert die Nummer des Bereichs. Bei Übergabe des Parameters MIN wird die maximale Leistung für Bereich 1 abgefragt, bei Übergabe des Parameters MAX wird die maximale Leistung für Bereich 3 (3-Bereichsgerät) bzw. 4 (4-Bereichsgerät) abgefragt.

Abfragesyntax	POWer:RANGe? [NRf|MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

5.11.12 RANGe Subsystem

RANGe

Dieser Befehl setzt den Sollwert für die Bereichsauswahl im Strom-, Leistungs- und Widerstands-Betrieb. Er ist nur für Mehrbereichsgeräte HES MR verfügbar.

Der numerische Parameter spezifiziert die Nummer des auszuwählenden Bereichs. Der Parameter MIN setzt die kleinste zulässige Nummer (1), der Parameter MAX setzt die größte, zulässige Nummer, abhängig von der Anzahl der verfügbaren Bereiche.

Durch Anhängen des optionalen Parameters 1 werden die Sollwerte beim Setzen des neuen Bereichs automatisch korrigiert. Ohne optionalen Parameter werden die Sollwerte nicht korrigiert.

Beachten Sie die Abhängigkeiten in Kap. 4.4Einstell- und Messbereiche (HES MR)!

Syntax	RANGe <NRf>|MIN|MAX[,1}
Parameter	1 ... 4|MIN|MAX
**RST Wert*	1
Beispiel	RANG 3
Abfragesyntax	RANGe? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

5.11.13 RECTangle Subsystem

RECTangle

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die Ausführung der Rechteckfunktion.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert die Ausführung der Funktion, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Ausführung der Funktion.

Syntax	RECTangle[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	RECT ON
Abfragesyntax	RECTangle[:STATe]?
Rückgabewert	0|1
Reset-Wert	OFF

RECTangle:CURRent

Dieser Befehl setzt die beiden Sollwerte für den Laststrom während den Verweilzeiten der Rechteck-funktion.

Der <max>-Wert entspricht dem maximalen Strom und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Die numerischen Parameter spezifizieren den Strom in der Grundeinheit Ampere.

Syntax	RECTangle:CURRent[:LEVEL] <NRf>,<NRf>
Parameter 1	0 ... <max>
Parameter2	0 ... <max>

Einheit	A
Beispiel	RECT:CURR 4.33,0
Abfragesyntax	RECTangle:CURRent[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>
Reset-Wert	0.0,0.0

RECTangle:DWELl

Dieser Befehl setzt die beiden Sollwerte für die Verweilzeiten der Rechteckfunktion.

Die numerischen Parameter spezifizieren die Verweilzeiten in der Grundeinheit Sekunde.

Syntax	RECTangle:DWELl <NRf>,<NRf>
Parameter 1	0.000001 ... 9.999999
Parameter2	0.000001 ... 9.999999
Einheit	A
Beispiel	RECT:DWELl 5.67E-3,1.1E-3
Abfragesyntax	RECTangle:DWELl?
Rückgabewert	<NRf>,<NRf>
Reset-Wert	0.5,0.5

RECTangle:MODE

Dieser Befehl setzt die Betriebsart der Regelung für die Ausführung der Rechteckfunktion.

Der Parameter CURRent aktiviert die Stromregelung.
Der Parameter RESistance aktiviert die Widerstandsregelung.
Der Parameter VOLTage aktiviert die Spannungsregelung.

Syntax	RECTangle:MODE <mode>
Parameter	CURRent|RESistance|VOLTage
Beispiel	RECT:MODE VOLT
Abfragesyntax	RECTangle:MODE?
Rückgabewert	CURR|RES|VOLT
Reset-Wert	CURRent

RECTangle:RESistance

Dieser Befehl setzt die beiden Sollwerte für den Widerstand während den Verweilzeiten der Rechteck-funktion.

Der <max>-Wert entspricht dem maximalen Widerstand und ist aus den technischen Daten ersicht-lich.

Die numerischen Parameter spezifizieren den Widerstand in der Grundeinheit Ohm.

Syntax	RECTangle:RESistance[:LEVEL] <NRf>,<NRf>
Parameter 1	0 ... <max>
Parameter 2	0 ... <max>
Einheit	OHM
Beispiel	RECT:RES 800.0,80.0
Abfragesyntax	RECTangle:RESistance[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>
Reset-Wert	<max>,<max>

RECTangle:VOLTage

Dieser Befehl setzt die beiden Sollwerte für die Spannung während den Verweilzeiten der Rechteck-funktion.

Der <max>-Wert entspricht der maximalen Spannung und ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Die numerischen Parameter spezifizieren die Spannungen in der Grundeinheit Volt.

Syntax	RECTangle:VOLTage[:LEVEL] <NRf>,<NRf>

Parameter 1	0 ... <max>
Parameter 2	0 ... <max>
Einheit	VOLT
Beispiel	RECT:VOLT 22.4,5.5
Abfragesyntax	RECTangle:VOLTage[:LEVel]?
Rückgabewert	<NR3>
Reset-Wert	<max>,<max>

5.11.14 RESistance Subsystem

RESistance

Dieser Befehl setzt den Sollwert für den geregelten Eingangswiderstand im Widerstandsbetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert den Widerstand in der Grundeinheit Ohm. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für den Widerstand, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für den Widerstand.

<min> und MIN-Werte sind die kleinstmöglichen Sollwerte, <max> und MAX-Werte die größtmöglichen Sollwerte. Sie sind aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	RESistance[:LEVel][:IMMediate] <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<min> ... <max>|MIN|MAX
Einheit	OHM|KOHM
**RST Wert*	MAX
Beispiel	RES 3.77
Abfragesyntax	RESistance[:LEVel][:IMMediate]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

RESistance:TRIGgered

Dieser Befehl setzt den getriggerten Sollwert für den geregelten Eingangswiderstand.

Der numerische Parameter spezifiziert den Widerstand in der Grundeinheit Ohm. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für den Widerstand, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für den Widerstand.

Die Werte für <min> und <max> bzw. MIN und MAX sind aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	RESistance[:LEVel]:TRIGgered <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<min> ... <max>|MIN|MAX
Einheit	OHM|KOHM
**RST Wert*	MAX
Beispiel	RES:TRIG 0.91
Abfragesyntax	RESistance[:LEVel]:TRIGgered? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

RESistance:RANGe?

Dieser Befehl fragt den maximalen Widerstand für den spezifizierten Bereich ab. Er ist nur für Mehrbereichsgeräte (HES MR) verfügbar.

Der numerische Parameter spezifiziert die Nummer des Bereichs. Bei Übergabe des Parameters MIN wird der maximale Widerstand für Bereich 1 abgefragt, bei Übergabe des Parameters MAX wird der maximale Widerstand für Bereich 3 (3-Bereichsgerät) bzw. 4 (4-Bereichsgerät) abgefragt.

Abfragesyntax	RESistance:RANGe? [NRf|MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

5.11.15 SERVice Subsystem

SERVice:CALibration

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für den Justiermodus.

Der erste Parameter spezifiziert den Zustand: der Parameter ON oder 1 aktiviert den Kalibriermodus, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den Kalibriermodus. Der zweite Parameter spezifiziert das Kennwort zur Aktivierung des Modus. Er ist zur Deaktivierung nicht nötig.

Der Abfragebefehl liefert lediglich den Aktivierungszustand des Kalibriermodus. Bei Rückgabe des numerischen Wertes 0 ist der Kalibriermodus deaktiviert, bei Rückgabe des Wertes 1 ist der Kalibriermodus aktiviert.

Dieser Befehl ist nur für geschultes Fachpersonal vorgesehen, die mit dem Kalibriervorgang der elektronischen Lasten von H&H vertraut sind. Er ist daher kennwortgeschützt.
Missbrauch dieses Befehls kann zur Fehlfunktion der elektronischen Last führen und diese unbrauchbar machen!

Syntax	SERVice:CALibration[:STATe] <boolean>[,<code>]
Parameter1	0|OFF|1|ON
Parameter2	<code>
**RST Wert*	OFF
Beispiel	SERV:CAL OFF
Abfragesyntax	SERVice:CALibration[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

SERVice:PRODuction

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für den Produktionsmodus.

Der erste Parameterwert spezifiziert den neuen Zustand: der Parameter ON oder 1 aktiviert den Produktionsmodus, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den Produktionsmodus. Der zweite Parameterwert spezifiziert das Kennwort zur Aktivierung des Produktionsmodus. Er ist zur Deaktivierung nicht nötig.

Der Abfragebefehl liefert lediglich den Aktivierungszustand des Produktionsmodus. Bei Rückgabe des numerischen Wertes 0 ist der Produktionsmodus deaktiviert, bei Rückgabe des Wertes 1 ist der Produktionsmodus aktiviert.

Dieser Befehl ist nur für geschultes Fachpersonal vorgesehen, die mit dem Produktionsvorgang der elektronischen Lasten von H&H vertraut sind. Er ist daher kennwortgeschützt.
Missbrauch dieses Befehls kann zur Fehlfunktion der elektronischen Last führen und diese unbrauchbar machen!

Syntax	SERVice:PRODuction[:STATe] <boolean> [,<code>]
Parameter1	0|OFF|1|ON
Parameter2	<code>
**RST Wert*	OFF
Beispiel	SERV:PROD OFF
Abfragesyntax	SERVice:PRODuction[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

SERVice:STRing

Dieser Befehl setzt den spezifizierten Parameter-String mit der spezifizierten Zeichenkette im nichtflüchtigen Speicher.

Der erste numerische Parameter spezifiziert die Nummer des Strings. Der zweite Parameter spezifiziert die zu setzende Zeichenkette.

Dieser Befehl ist nur für geschultes Fachpersonal vorgesehen, die mit dem Produktionsvorgang der elektronischen Lasten von H&H vertraut sind. Er ist daher kennwortgeschützt und nur im Produktionsmodus erlaubt.
Missbrauch dieses Befehls kann zur Fehlfunktion der elektronischen Last führen und diese unbrauchbar machen!

Syntax	SERVice[:PARameter]:STRing <NRf>,<string>
Parameter1	0 ... 19
Parameter2	<string>
Beispiel	SERV:STR 8,"Abc123"
Abfragesyntax	SERVice[:PARameter]:STRing? <NRf>
Rückgabewert	<string>

SERVice:VALue

Dieser Befehl setzt den spezifizierten Systemparameter mit dem spezifizierten Wert im nichtflüchtigen Speicher.

Der erste numerische Parameter spezifiziert die Nummer des Systemparameters. Der zweite numerische Parameter spezifiziert den zu setzenden Parameterwert.

Die Systemparameter sind bis auf einen kleinen ungeschützten Teil für geschultes Fachpersonal vorgesehen, die mit dem Produktionsvorgang der elektronischen Lasten von H&H vertraut sind. Ein gewisser Parameterbereich ist daher kennwortgeschützt und nur im Produktions- bzw. Kalibriermodus beschreibbar.
Missbrauch dieses Befehls kann zur Fehlfunktion der elektronischen Last führen und diese unbrauchbar machen!

Siehe auch 5.11.18 SYSTem Subsystem (Befehl `SYSTem:PRESet`).

Syntax	SERVice[:PARameter]:VALue <NRf>,<NRf>
Parameter1	0 ... 2015
Parameter2	<NRf>
Beispiel	SERV:VAL 7,0.8
Abfragesyntax	SERVice[:PARameter]:VALue? <NRf>
Rückgabewert	<NR3>

5.11.16 SETTing Subsystem

SETTing:EXTernal

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die externe Ansteuerung über den I/O-Port.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert die externe Ansteuerung, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die externe Ansteuerung.

Mit dem Befehl SETTing:EXTernal:ENABle müssen die gewünschten, extern steuerbaren Signale freigegeben werden.

Syntax	SETTing:EXTernal[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	SETT:EXT ON
Abfragesyntax	SETTing:EXTernal[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

SETTing:EXTernal:ENABle

Dieser Befehl setzt den Freigabezustand des entsprechenden externen Signals für die Regelung.

Der erste Parameter spezifiziert das externe Signal:

INPut: Aktivierungszustand des Lasteingangs
MODE: Grundbetriebsart
ILEVel: Sollwert für die Regelung (Immediate Level)
PLEVel: Strom- und Spannungsbegrenzung (Protection Level)

Der zweite Parameter spezifiziert den Freigabezustand:
0|OFF: Das externe Signal ist für die Regelung nicht freigegeben.
1|ON: Das externe Signal ist für die Regelung freigegeben.

Syntax	SETTing:EXTernal:ENABle <signal>,<boolean>
Parameter1	INPut|MODE|ILEVel|PLEVel
Parameter2	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	Alle OFF
Beispiel	SETT:EXT:ENAB INP,ON
Abfragesyntax	SETTing:EXTernal:ENABle? <signal>
Rückgabewert	0|1

5.11.17 STATus Subsystem

Das Subsystem STATus dient zur Ermittlung des Status der elektronischen Last und zur Konfiguration des Sammelzustands im Status Byte.
Der Inhalt eines Statusregisters wird durch eine Dezimalzahl repräsentiert, die sich aus den Werten der gesetzten Bits zusammensetzt:

Bit	Wert	Bit	Wert
0	1	8	256
1	2	9	512
2	4	10	1024
3	8	11	2048
4	16	12	4096
5	32	13	8192
6	64	14	16384
7	128	15	32768

Nach dem Einschalten sind alle Bits sämtlicher Statusregister FALSE – mit Ausnahme von Bit 7 (PON) im Standard Event Register (s.u.).

Das Statusmodell gliedert sich in folgende Gruppen (s.u.):

- Questionable Status
- Operation Status
- Standard Event Status
- Status Byte

Die Questionable, Condition und Standard Event-Statusgruppen sind unterteilt in

- Condition Register (nur Questionable und Operation Status)
- Event Register
- Enable Register

Condition Register
Repräsentiert den momentanen Status von Zuständen/Funktionen und Fehlern. Der Bitzustand eines Condition Registers wird durch das Lesen nicht verändert. Ein Zustand/Fehler ist aktiv, wenn das zugehörige Bit gesetzt ist. Ist der entsprechende Zustand nicht mehr aktiv, wird auch das jeweilige Bit im zugehörigen Condition Register wieder gelöscht.

Event Register

Speichert Informationen über aufgetretene Ereignisse und Fehler. Jedes Bit eines Event Registers korrespondiert mit einem Bit im Condition Register (beim Questionable Status und Operation Status) oder direkt mit bestimmten Ereignissen (Standard Event Status).
Ein Bit im Event Register ist gesetzt, wenn das zugehörige Ereignis aktiv geworden ist. Das Ereignis bleibt so lange gesetzt, bis das entsprechende Event Register gelesen worden ist. Beim Lesen werden alle Bits im betreffenden Event Register auf 0 zurückgesetzt.

Enable Register
Bestimmt, welche Bits des zugehörigen Event Registers logisch zu einem Summenbit verODERt werden. Das Enable Register wirkt wie ein Filter auf das zugehörige Event Register.
Der Bitzustand eines Enable Registers wird durch das Lesen nicht verändert.

HES Statusmodell

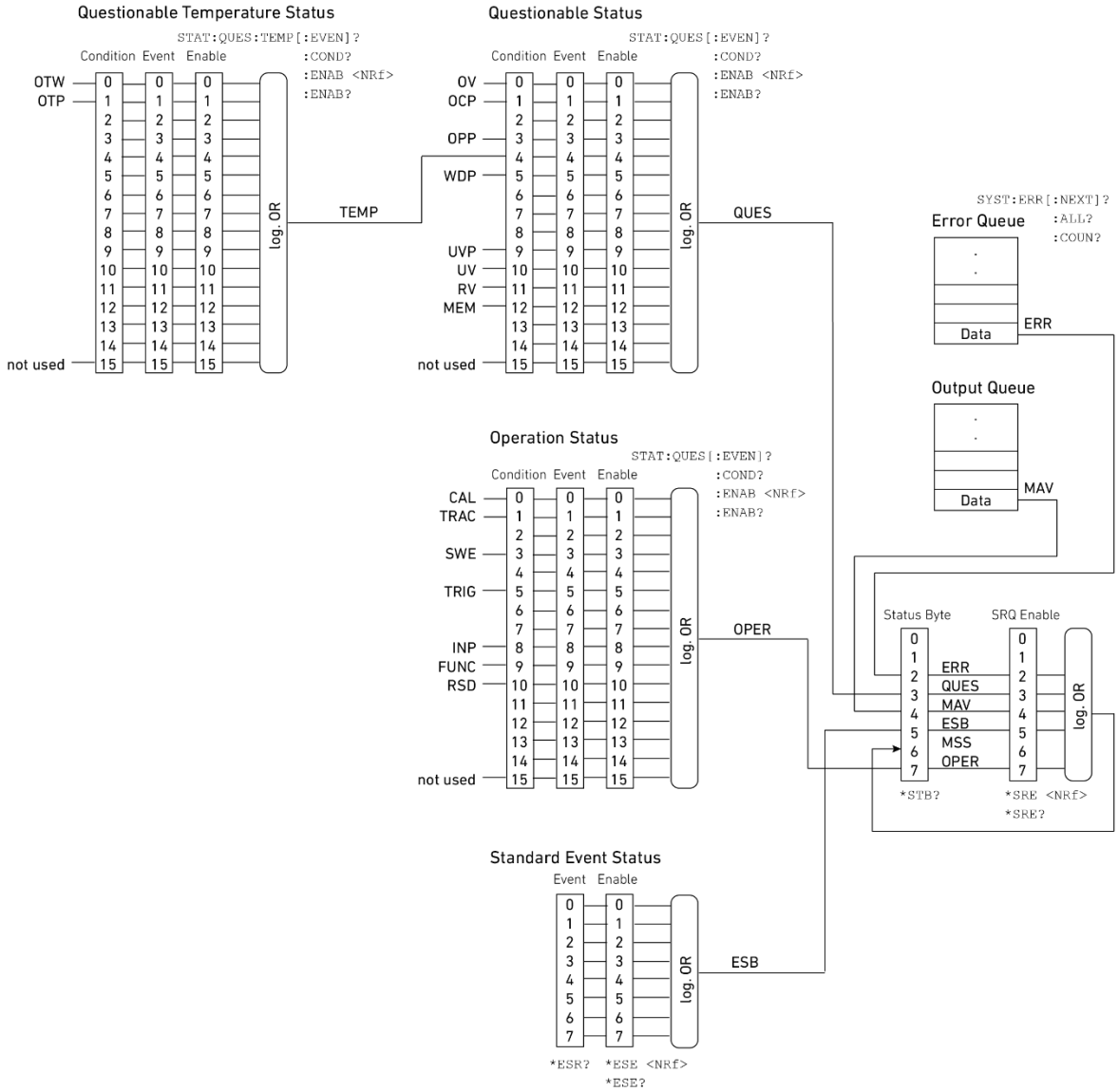


Abbildung 5.2: HES Statusmodell

Questionable Temperature Status

Die Questionable Temperature Status Register enthalten wichtige Informationen zu aktuellen und aufgetretenen fragwürdigen Temperaturzuständen des Geräts. Sie haben eine Breite von 16 Bits.

Der Inhalt dieser Registergruppe wird mit Hilfe einer ODER-Funktion verknüpft und über das Bit 4 (TEMP) im Questionable Status Register abgebildet.

Bit	Wert	Bedeutung
0 OTW	1	Übertemperaturwarnung aktiv. OTW wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
1 OTP	2	Übertemperaturbegrenzung aktiv. OTP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.

Questionable Status

Die Questionable Status Register informieren über bestimmte Fehler- bzw. Überlastzustände. Sie haben eine Breite von 16 Bits.

S. u. die Befehle zum Lesen und Schreiben der Questionable Status Register.

Bit	Wert	Bedeutung
0 OV	1	Überspannung aktiv. OV wird an der Benutzer-schnittstelle angezeigt.
1 OCP	2	Überstrombegrenzung aktiv. OCP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
3 OPP	8	Überleistungsbegrenzung aktiv. OPP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
4 TEMP	16	Fragwürdiger Temperaturzustand. OTW oder OTP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
5 WDP	32	Watchdog ausgelöst. WDP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
9 UVP	512	Unterspannungsschutz aktiv. UVP wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
10 UV	1024	Unterspannung aktiv. UV wird an der Benutzer-schnittstelle angezeigt.
11 RV	2048	Reverse Voltage aktiv. RV wird an der Benutzerschnittstelle angezeigt.
12 MEM	4096	Speicherüberlauf. Wird gesetzt, wenn der Ringpuffer für Messdatenspeicherung voll ist und die alten Daten überschrieben werden.

Operation Status

Die Operation Status Register geben Auskunft über den Betriebszustand der elektronischen Last. Sie haben eine Breite von 16 Bits.

S. u. die Befehle zum Lesen und Schreiben der Operation Status Register.

Bit	Wert	Bedeutung
0 CAL	1	Ein Kalibriervorgang ist aktiv.
1 TRAC	2	MPP Tracking ist aktiv.
3 SWE	8	MPP Sweeping ist aktiv.
5 TRIG	32	Die elektronische Last wartet auf einen Trigger.
8 INP	256	Der Lasteingang ist aktiv.
9 FUNC	512	Eine der Funktionen ACQ, LIST, MOD, RECT, MPPT, DISC, MEAS_IRES ist aktiv.
10 RSD	1024	Remote Shutdown ist aktiv.

Standard Event Status

Das systemspezifische Standard Event Status Register enthält Informationen über Standardereignisse, die in der Norm IEEE 488.2 definiert sind.
Es hat eine Breite von 8 Bits und wird mit dem Common Command `*ESR?` gelesen (s. 5.10.3).

Der Befehl `*ESE <NRf>` (s. 5.10.2) setzt die durch den dezimalen Parameter festgelegte Bitkombination im Standard Event Status Enable Register. Damit wird festgelegt, welche Bits aus dem Standard Event Register in der Auswertung für das ESB Summenbit relevant sind. Mit `*ESE?` kann das Enable Register ausgelesen werden.

Bit	Wert	Bedeutung
0 OPC	1	Operation Complete. Das Gerät hat alle anstehenden Befehle ausgeführt. Bei den elektronischen Lasten immer TRUE, da die Befehle nicht im Overlapped Modus ausgeführt werden, sondern immer nacheinander.
2 QYE	4	Query Error. Fehler im Bereich von -400 bis -499 können dieses Bit setzen.
3 DDE	8	Device Dependent Error. Fehler im Bereich von -399 bis -300 können dieses Bit setzen.
4 EXE	16	Execution Error. Fehler im Bereich von -299 bis -200 können dieses Bit setzen.
5 CME	32	Command Error. Fehler im Bereich von -199 bis -100 können dieses Bit setzen.
7 PON	128	Power On. Zeigt an, dass seit dem letzten Lesen des Registerwerts die elektronische Last aus- und wieder eingeschaltet wurde bzw. ein Netzausfall aufgetreten ist.

Status Byte

Im Status Byte Register sind die Status Events aller Status Register sowie die Summenbits für die systemspezifischen QUES und OPER Status gesammelt.
Es hat eine Breite von 8 Bits und wird mit dem Common Command `*STB?` gelesen (s. 5.10.11).

Bit	Wert	Bedeutung
2 ERR	4	Error. Ein Fehlereintrag ist in der Error Queue.
3 QUES	8	Questionable. Ein enabeltes Questionable Event ist eingetreten.
4 MAV	16	Message Available.
5 ESB	32	Event Status Bit. Ein enabeltes Standard Event ist eingetreten.
6 MSS	64	Master Summary Status.
7 OPER	128	Operation. Ein enabeltes Operation Event ist eingetreten.

STATus:OPERation?

Dieser Befehl fragt den Wert des Operation Status Event Registers ab.

Durch diese Abfrage wird der Registerwert gelöscht, das heißt, auf den Wert 0 zurückgesetzt.

Abfragesyntax	STATus:OPERation[:EVENt]?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:OPERation:CONDition?

Dieser Befehl fragt den Wert des Operation Status Registers ab.

Abfragesyntax	STATus:OPERation:CONDition?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:OPERation:ENABle

Dieser Befehl setzt die durch den dezimalen Parameter festgelegte Bitkombination des Operation Status Enable Registers.

Der numerische Parameter spezifiziert den neuen Wert für das Register.
Der Registerinhalt bleibt nach einem Reset (*RST) erhalten.

Syntax	STATus:OPERation:ENABle <NRf>
Parameter	0 ... 32767
Beispiel	STAT:OPER:ENAB 16
Abfragesyntax	STATus:OPERation:ENABle?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:PRESet

Dieser Befehl setzt alle SCPI Status Enable Register auf definierte Werte.

Operation Status Enable Register: 0
Questionable Status Enable Register: 0
SRQ Enable Register: 0
Standard Event Status Enable Register: 0

Dieser Befehl hat keine Abfrageform.

Syntax	STATus:PRESet
Beispiel	STAT:PRES

STATus:QUEStionable?

Dieser Befehl fragt den Wert des Questionable Status Event Registers ab.

Durch diese Abfrage wird der Registerwert gelöscht, das heißt, auf den Wert 0 zurückgesetzt.

Abfragesyntax	STATus:QUEStionable[:EVENt]?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:QUEStionable:CONDition?

Dieser Befehl fragt den Wert des Questionable Status Registers ab.

Abfragesyntax	STATus:QUEStionable:CONDition?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:QUEStionable:ENABle

Dieser Befehl setzt den Wert des QUEStionable Status Enable Registers.

Der numerische Parameter spezifiziert den neuen Wert für das Register.
Der Registerinhalt bleibt nach einem Reset (*RST) erhalten.

Syntax	STATus:QUEStionable:ENABle <NRf>
Parameter	0 ... 32767
Beispiel	STAT:QUES:ENAB 16
Abfragesyntax	STATus:QUEStionable:ENABle?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:QUEStionable:TEMPerature?

Dieser Befehl fragt den Wert des Questionable Temperature Status Event Registers ab.

Durch diese Abfrage wird der Registerwert gelöscht, das heißt, auf den Wert 0 zurückgesetzt.

Abfragesyntax	STATus:QUEStionable:TEMPerature[:EVENt]?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:QUEStionable:TEMPerature:CONDition?

Dieser Befehl fragt den Wert des Questionable Temperature Status Registers ab.

Abfragesyntax	STATus:QUEStionable:TEMPerature:CONDition?
Rückgabewert	<NR1>

STATus:QUEStionable:TEMPerature:ENABle

Dieser Befehl setzt den Wert des QUEStionable Temperature Status Enable Registers.

Der numerische Parameter spezifiziert den neuen Wert für das Register.
Der Registerinhalt bleibt nach einem Reset (*RST) erhalten.

Syntax	STATus:QUEStionable:TEMPerature:ENABle <NRf>
Parameter	0 ... 32767
Beispiel	STAT:QUES:ENAB 16
Abfragesyntax	STATus:QUEStionable:TEMPerature:ENABle?
Rückgabewert	<NR1>

5.11.18 SYSTem Subsystem

SYSTem:BEEP

Dieser Befehl aktiviert den Piepser der elektronischen Last für die spezifizierte Zeitdauer.

Der numerische Parameter spezifiziert die Zeitdauer in Sekunden (Wertebereich von 0,1 bis 2,0 s). Der Parameter MIN aktiviert den Piepser für die kürzest mögliche Zeitdauer, der Parameter MAX aktiviert den Piepser für die am längsten mögliche Zeitdauer.

Syntax	SYSTem:BEEP <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0.1 ... 2.0
Beispiel	SYST:BEEP 0.8

SYSTem:COMMunicate:CAN:ADDRess

Dieser Befehl setzt die Adresse für die CAN-Schnittstelle.

Der numerische Parameter spezifiziert die neue Adresse für die CAN-Schnittstelle. Der Parameter MIN setzt die kleinste zulässige Adresse, der Parameter MAX setzt die größte zulässige Adresse.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:CAN:ADDRess <NRf>
Parameter	1 ... 127|MIN|MAX
Beispiel	SYST:COMM:CAN:ADDR 4
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:CAN:ADDRess? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:COMMunicate:CAN:BAUD

Dieser Befehl setzt die Baudrate für die CAN-Schnittstelle.

Der numerische Parameter spezifiziert die Baudrate in der Einheit Bits/Sekunde. Der Parameter MIN setzt die kleinste zulässige Baudrate, der Parameter MAX setzt die größte zulässige Baudrate.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:CAN:BAUD <NRf>
Parameter	125000|250000|500000|1000000|MIN|MAX
Einheit	Bits/s
Beispiel	SYST:COMM:CAN:BAUD 500000
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:CAN:BAUD? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:COMMunicate:CAN:TERMination

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für den Abschlusswiderstand zur Bus-Terminierung.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den Abschlusswiderstand, der Parameter ON oder 1 aktiviert den Abschlusswiderstand.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:CAN:TERMination[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	SYST:COMM:CAN:TERM ON
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:CAN:TERMination[:STATe]?

Rückgabewert	0|1

SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess

Dieser Befehl setzt die Adresse für die GPIB-Schnittstelle.

Der numerische Parameter spezifiziert die neue Adresse für die GPIB-Schnittstelle. Der Parameter MIN setzt die kleinste zulässige Adresse, der Parameter MAX setzt die größte zulässige Adresse.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess <NRf>
Parameter	1 ... 30|MIN|MAX
Beispiel	SYST:COMM:GPIB:ADDR 12
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:COMMunicate:LAN:DHCP

Dieser Befehl aktiviert/deaktiviert die Verwendung des Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP).

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Verwendung von DHCP, der Parameter ON oder 1 aktiviert die Verwendung von DHCP.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:DHCP[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	SYST:COMM:LAN:DHCP ON
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunication:LAN:DHCP[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

SYSTem:COMMunicate:LAN:DNS

Dieser Befehl setzt die statische IP-Adresse des Servers für das Domain Name System (DNS).

Der Parameter spezifiziert die IP-Adresse in der Punktnotation ("XXX.XXX.XXX.XXX"). Für XXX sind die Werte 0 bis 255 zulässig.

Der Abfragebefehl liest durch Anhängen des Schlüsselwortes STATic die konfigurierte Adresse. Durch Anhängen des Schlüsselwortes ACTual bzw. ohne Anhängen eines Schlüsselwortes wird die tatsächlich verwendete DNS-Adresse gelesen.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:DNS[:ADDRess] <string>
Parameter	<string>
Beispiel	SYST:COMM:LAN:DNS "192.168.0.253"
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunication:LAN:DNS[:ADDRess]? [ACTual|STATic]
Rückgabewert	<string>

SYSTem:COMMunicate:LAN:GATeway

Dieser Befehl setzt die statische IP-Adresse des Gateways.

Der Parameter spezifiziert die IP-Adresse in der Punktnotation ("XXX.XXX.XXX.XXX"). Für XXX sind die Werte 0 bis 255 zulässig.

Der Abfragebefehl liest durch Anhängen des Schlüsselwortes STATic die konfigurierte Gateway-Adresse. Durch Anhängen des Schlüsselwortes ACTual bzw. ohne Anhängen eines Schlüsselwortes wird die tatsächlich verwendete Gateway-Adresse gelesen.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:GATeway[:ADDRess] <string>
Parameter	<string>
Beispiel	SYST:COMM:LAN:GAT "192.168.0.254"
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:GATeway[:ADDRess]? [ACTual|STATic]
Rückgabewert	<string>

SYSTem:COMMunicate:LAN:HOSTname?

Dieser Befehl fragt den Host-Namen für die elektronische Last ab.

Der Host-Name wird in Form eines Strings zurückgegeben.

Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:HOSTname?
Rückgabewert	<string>

SYSTem:COMMunicate:LAN:IP

Dieser Befehl setzt die statische IP-Adresse für die LAN-Schnittstelle.

Der Parameter spezifiziert die IP-Adresse in der Punktnotation ("XXX.XXX.XXX.XXX"). Für XXX sind die Werte 0 bis 255 zulässig.

Der Abfragebefehl liest durch Anhängen des Schlüsselwortes STATic die konfigurierte IP-Adresse. Durch Anhängen des Schlüsselwortes ACTual bzw. ohne Anhängen eines Schlüsselwortes wird die tatsächlich verwendete IP-Adresse gelesen.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:IP[:ADDRess] <string>
Parameter	<string>
Beispiel	SYST:COMM:LAN:IP "192.168.0.1"
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:IP[:ADDRess]? [ACTual|STATic]
Rückgabewert	<string>

SYSTem:COMMunicate:LAN:MAC?

Dieser Befehl fragt die Media Access Control (MAC)-Adresse der Ethernet-Schnittstelle ab. Diese 48-Bit lange Adresse ist weltweit eindeutig und lässt sich nicht ändern.

Die MAC-Adresse wird in der Form "XX:XX:XX:XX:XX:XX" zurückgegeben, wobei XX jeweils ein hexadezimaler Wert zwischen 00 und FF ist.

Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:MAC[:ADDRess]?
Rückgabewert	<string>

SYSTem:COMMunicate:LAN:PORT

Dieser Befehl setzt die TCP-Port-Nummer für die LAN-Schnittstelle.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:PORT <NRf>
Parameter	0 ... 65535
Beispiel	SYST:COMM:LAN:PORT 1001
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:PORT?
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:COMMunicate:LAN:SUBNet

Dieser Befehl setzt die Subnet Mask für die LAN-Schnittstelle.

Der Parameter spezifiziert die Netzmaske in der Punktnotation ("XXX.XXX.XXX.XXX"). Für XXX sind die Werte 0 bis 255 zulässig.

Der Abfragebefehl liest durch Anhängen des Schlüsselwortes STATic die konfigurierte Subnet Mask. Durch Anhängen des Schlüsselwortes ACTual bzw. ohne Anhängen eines Schlüsselwortes wird die tatsächlich verwendete Subnet Mask gelesen.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:SUBNet[:MASK] <string>
Parameter	<string>
Beispiel	SYST:COMM:LAN:SUBN "255.255.255.0"
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:LAN:SUBNet[:MASK]? [ACTual|STATic]
Rückgabewert	<string>

SYSTem:COMMunicate:SERial:BAUD

Dieser Befehl setzt die Baudrate für die RS-232-Schnittstelle.

Der numerische Parameter spezifiziert die Baudrate in der Einheit Bits/Sekunde. Der Parameter MIN setzt die kleinste, zulässige Baudrate, der Parameter MAX setzt die größte, zulässige Baudrate.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:BAUD <NRf>
Parameter	1200|2400|4800|9600|19200|38400|57600|115200|250000|MIN|MAX
Beispiel	SYST:COMM:SER:BAUD 57600
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:BAUD?[MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:COMMunicate:SERial:BITS?

Dieser Befehl fragt die aktuelle Anzahl an Daten-Bits eines Zeichens ab, das über die RS-232-Schnittstelle übertragen wird.

Der optionale Parameter MIN fragt die kleinste zulässige Bitzahl ab, der optionale Parameter MAX fragt die größte zulässige Bitzahl ab.

Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:BITS?[MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:COMMunicate:SERial:MODE

Dieser Befehl setzt den Kommunikationsmodus der RS-232-Schnittstelle.

Der Parameter kann die folgenden Werte annehmen:
SCPI: Verwendung der Schnittstelle zur Kommunikation mit SCPI-Protokoll
SLINk: Verwendung der Schnittstelle als SyncroLink zur Synchronisierung mehrerer Geräte

Ein Reset hat keinen Einfluss auf den konfigurierten Mode.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:MODE <NRf>
Parameter	[SCPI|SLINk]
Beispiel	SYST:COMM:SER:MODE SLIN
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:MODE?
Rückgabewert	SCPI|SLINk

SYSTem:COMMunicate:SERial:PARity

Dieser Befehl konfiguriert die Parität der einzelnen Zeichen, die über die RS-232-Schnittstelle übertragen werden.

Der Parameter kann die folgenden Werte annehmen:
EVEN: Die Parität eines Zeichens ist gerade.
NONE: Die Parität wird nicht geprüft und nicht erzeugt.
ODD: Die Parität eines Zeichens ist ungerade.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:PARity <parity>
Parameter	EVEN|NONE|ODD
Beispiel	SYST:COMM:SER:PAR EVEN
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:PARity?
Rückgabewert	EVEN|NONE|ODD

SYSTem:COMMunicate:SERial:SBITs

Dieser Befehl setzt die Anzahl der Stopp-Bits eines Zeichens, das über die RS-232-Schnittstelle übertragen wird.

Der numerische Parameter spezifiziert die Anzahl der Stopp-Bits pro Datenbyte.

Syntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:SBITs <NRf>
Parameter	1 ... 2|MIN|MAX
Beispiel	SYST:COMM:SER:SBIT 2
Abfragesyntax	SYSTem:COMMunicate:SERial:SBITs? [MIN|MAX]
Rückgabewert	1|2

SYSTem:COOLing

Dieser Befehl setzt den Modus für die Kühlung der Leistungsendstufe.

Wird der Parameter AUTO übergeben, so wird die Endstufe temperaturgeregelt gekühlt. Wird der Parameter FULL übergeben, so wird die Endstufe mit voller Lüfterleistung gekühlt.

Syntax	SYSTem:COOLing[:MODE] <mode>
Parameter	AUTO|FULL
**RST Wert*	AUTO
Beispiel	SYST:COOL FULL
Abfragesyntax	SYSTem:COOLing[:MODE]?
Rückgabewert	AUTO|FULL

SYSTem:DATE

Dieser Befehl setzt das Datum.

Alle Parameterwerte müssen numerisch sein. Der erste Parameterwert spezifiziert das Jahr, der zweite Wert den Monat und der dritte Wert den Tag.

Ebenso ist bei der Abfrage der erste Rückgabewert das Jahr, der zweite Wert der Monat und der dritte Wert der Tag.

Syntax	SYSTem:DATE <NRf>,<NRf>,<NRf>
Parameter1	2000 ... 2099
Parameter2	1 ... 12
Parameter3	1 ... 31
Beispiel	SYST:DATE 2016,10,28
Abfragesyntax	SYSTem:DATE?
Rückgabewert	<NR1>,<NR1>,<NR1>

SYSTem:ERRor?

Dieser Befehl fragt den nächsten Eintrag aus der Fehler-Warteschlange (Error Queue) ab und löscht anschließend diesen Eintrag aus der Warteschlange.

Die Fehlerwarteschlange ist ein FIFO-Puffer (first in, first out), d.h. die älteren Fehlermeldungen werden als erstes ausgelesen. Wenn mehr Fehler aufgelaufen sind, als die Error Queue aufnehmen kann, wird als letzter Eintrag
-350,"Queue Overflow;DI"
gespeichert.

Der zurückgegebene Eintrag besteht aus der Fehler-/Ereignisnummer, einem Text für die Beschreibung des Fehlers/Ereignisses und der Angabe über die Fehlerquelle <source>.
Ist der Fehler im Dateninterface (CAN, GPIB, LAN, RS-232, USB) aufgetreten, wird als dritter Parameter die Zeichenkette DI gelesen. Ist der Fehler im internen Analoginterface aufgetreten, wird als dritter Parameter die Zeichenkette AI gelesen.

Ist die Warteschlange leer, ist die Antwort:
0,"No error"

Abfragesyntax	SYSTem:ERRor[:NEXT]?
Rückgabewert	<NR1>,<string>;<source>

Eine Tabelle mit möglichen Fehlercodes ist in Anhang 9.1 Fehlercodes ersichtlich.

SYSTem:ERRor:ALL?

Dieser Befehl fragt alle ungelesenen Einträge aus der Warteschlange für Fehler und Ereignisse (Error Queue) ab und löscht anschließend diese Einträge.

Die in der Reihenfolge ihres Auftretens zurückgegebenen Einzeleinträge (s. SYSTem:ERRor[:NEXT]?) werden durch Kommazeichen separiert und bestehen jeweils aus der Fehler-/Ereignisnummer, einem Text für die Beschreibung des Fehlers /Ereignisses und der Fehlerquelle <source>.

Ist die Warteschlange leer, ist die Antwort:
0,"No error"

Abfragesyntax	SYSTem:ERRor:ALL?
Rückgabewert	<NR1>,<string>;<source>{,<NR1>,<string>;<source>}

Eine Tabelle mit möglichen Fehlercodes ist in Anhang 9.1 Fehlercodes ersichtlich.

SYSTem:ERRor:COUNt?

Dieser Befehl fragt die Anzahl an ungelesenen Einträgen in der Warteschlange für Fehler und Ereignisse (Error Queue) ab.

Der zurückgegebene, numerische Wert spezifiziert die Anzahl der ungelesenen Einträge in der Warteschlange.

Abfragesyntax	SYSTem:ERRor:COUNt?
Rückgabewert	<NR1>

Eine Tabelle mit möglichen Fehlercodes bei den elektronischen Lasten ist in Anhang 9.1 Fehlercodes ersichtlich.

SYSTem:HELP:HEADers?

Dieser Befehl fragt alle SCPI-Header (kompletter Befehl ohne Parameter) von der elektronischen Last ab. Die Header sind durch das Zeichen Line Feed (10 dez.) voneinander getrennt.

Am Ende der Liste aller SCPI-Header sendet die elektronische Last deshalb zwei Line Feed Zeichen (10 dez.), eins zur Terminierung der letzten Zeile und eins zur Terminierung der Antwort.

In der ersten Zeile sendet die elektronische Last ein Doppelkreuz (#), gefolgt von einer mehrstelligen Zahl. Die erste Ziffer dieser Zahl gibt die Anzahl der übrigen Ziffern an, welche die Zahl für die Anzahl der folgenden Zeichen incl. aller Zeilenterminierungen angibt.

Wenn zu einem Befehl keine Abfrage verfügbar ist, wird an den zurückgegebenen Header die Zeichenkette /nquery/ angehängt.

Wenn zu einem Header nur eine Abfrage, aber kein Befehl verfügbar ist, wird an den zurückgegebenen Header die Zeichenkette /qonly/ angehängt.

Abfragesyntax	SYSTem:HELP:HEADers?
Rückgabewert	#<NR1> <header 1><LF> {<header n><LF>}

SYSTem:KLOCk

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für die Tastensperre.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert die Tastensperre, der Parameter ON oder 1 aktiviert die Tastensperre.

Wenn die Tastensperre per Fernsteuerung aktiviert worden ist, kann sie manuell nicht deaktiviert werden. Dies wird durch den Buchstaben 'R' im Sperrsymbol am User Interface angezeigt.

Syntax	SYSTem:KLOCk <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	SYST:KLOC ON
Abfragesyntax	SYSTem:KLOCk?
Rückgabewert	0|1

SYSTem:LOCal

Dieser Befehl aktiviert die manuelle Steuerung der elektronischen Last über die Benutzerschnittstelle.

Syntax	SYSTem:LOCal
Beispiel	SYST:LOC

SYSTem:PRESet

Dieser Befehl setzt alle nichtflüchtig in der elektronischen Last gespeicherten Schnittstelleneinstellungen auf Werkseinstellungen zurück.

Die betreffenden Parameter sind beschrieben in Kap. 4.33 Werkseinstellungen setzen.

Syntax	SYSTem:PRESet
Beispiel	SYST:PRES

SYSTem:REMote

Dieser Befehl aktiviert die Ansteuerung der elektronischen Last über eine Datenschnittstelle (z.B. RS-232, GPIB, LAN, USB).

Syntax	SYSTem:REMote
Beispiel	SYST:REM

SYSTem:SLINk

Dieser Befehl setzt den Aktivierungszustand für den SyncroLink.

Der Parameter ON oder 1 aktiviert den SyncroLink, der Parameter OFF oder 0 deaktiviert den SyncroLink.

Syntax	SYSTem:SLINk[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	SYST:SLIN ON
Abfragesyntax	SYSTem:SLINk[:STATe]?
Rückgabewert	0|1

SYSTem:TIME

Dieser Befehl setzt die Zeit.

Alle Parameterwerte müssen numerisch sein. Der erste Parameterwert spezifiziert die Stunde, der zweite Parameterwert spezifiziert die Minute und der dritte Parameterwert spezifiziert die Sekunde.

Ebenso ist bei der Abfrage der erste zurückgelesene Rückgabewert die Stunde, der zweite Wert die Minute und der dritte Wert die Sekunde.

Syntax	SYSTem:TIME <NRf>,<NRf>,<NRf>
Parameter1	0 ... 23
Parameter2	0 ... 59
Parameter3	0 ... 59
Beispiel	SYST:TIME 10,22,30
Abfragesyntax	SYSTem:TIME?
Rückgabewert	<NR1>,<NR1>,<NR1>

SYSTem:UNIT:CATalog?

Dieser Befehl fragt eine Liste aller Adressen der Systemeinheiten (Master- und Slave-Einheiten) eines konfigurierten Systemverbunds ab.

Die zurückgegebenen Adressen sind durch Komma voneinander getrennt. Ist keine der Einheiten als Master oder Slave konfiguriert, wird eine leere Liste, also nur ein Terminierungszeichen, zurückgegeben.

Abfragesyntax	SYSTem:UNIT:CATalog?
Rückgabewert	{<address 1>,...,<address n>}

SYSTem:UNIT:COUNt?

Dieser Befehl fragt die Anzahl der Systemeinheiten (Master- und Slave-Einheiten) des konfigurierten Systemverbunds ab.

Abfragesyntax	SYSTem:UNIT:COUNt?
Rückgabewert	<NR1>

SYSTem:UNIT:MODE

Dieser Befehl setzt die Betriebsart der Systemeinheit.

Der Parameter MASTer setzt die Betriebsart Master.
Der Parameter SLAVe setzt die Betriebsart Slave.
Der Parameter SINGle setzt die Betriebsart Single, d. h. das Gerät ist nicht in einen Systemverbund integriert. Die Betriebsart Single ist die Werkseinstellung.

Die Betriebsart der Systemeinheit wird durch einen Reset nicht verändert.

Syntax	SYSTem:UNIT:MODE <sysmode>
Parameter	MASTer|SLAVe|SINGle
Beispiel	SYST:UNIT:MODE MAST
Abfragesyntax	SYSTem:UNIT:MODE?
Rückgabewert	MAST|SLAV|SING
Werkseinstellung	SINGle

SYSTem:UNIT:SLAVe:ADDRess

Dieser Befehl setzt die Slave-Adresse der System-Einheit (für die Betriebsart Slave).

Die Adresse der Master-Einheit ist immer 1. Sie wird automatisch verwendet, wenn die Betriebsart Master für eine System-Einheit aktiviert wird.

Die Slave-Adresse wird bei einem Reset nicht verändert.

Syntax	SYSTem:UNIT:SLAVe:ADDRess <address>
Parameter	2|3|4|5
Beispiel	SYST:UNIT:SLAV:ADDR 2
Abfragesyntax	SYSTem:UNIT:SLAVe:ADDRess?
Rückgabewert	2|3|4|5

SYSTem:VERSion?

Dieser Befehl fragt die Versionsnummer des SCPI-Standards ab, an dem sich die SCPI-Befehlssyntax und Befehlssemantik orientiert.

Der zurückgegebene Wert hat das folgende Format:
YYYY.V

YYYY: Freigabejahr des SCPI-Standards
V: Revisionsnummer des SCPI-Standards im Freigabejahr

Abfragesyntax	SYSTem:VERSion?
Rückgabewert	<NR1>.<NR1>
Beispiel	1999.0

5.11.19 TRIGger Subsystem, ABORt Subsystem, INITiate Subsystem

ABORt

Dieser Befehl stoppt das Trigger-System, das heißt setzt das Trigger-System in den Zustand IDLE zurück. Die getriggerten Werte folgen den Immediate-Werten. Der INIT:CONT Zustand wird auf OFF gesetzt.

Syntax	ABORt
Beispiel	ABOR

INITiate

Dieser Befehl initialisiert das Trigger-System, das heißt setzt das Trigger-System vom Zustand IDLE in den Zustand INITiated. In diesem Zustand ist das Trigger-System bereit, Trigger-Ereignisse zu empfangen und auszuwerten.

Dieser Befehl hat keine Abfrageform.

Syntax	INITiate[:IMMediate]
Parameter	Keiner
Beispiel	INIT

INITiate:CONTinuous

Dieser Befehl aktiviert/deaktiviert das kontinuierliche Initialisieren des Trigger-Systems nach Empfang und Abarbeitung eines Trigger-Ereignisses.

Der Parameter OFF oder 0 deaktiviert das kontinuierliche Starten des Trigger-Systems, der Parameter ON oder 1 aktiviert das kontinuierliche Starten.

Syntax	INITiate:CONTinuous <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
**RST Wert*	OFF
Beispiel	INIT:CONT ON
Abfragesyntax	INITiate:CONTinuous?
Rückgabewert	0|1

TRIGger:DELay

Dieser Befehl setzt die Wartezeit, die zwischen dem Empfang eines Triggers und dem Auslösen einer Aktion gewartet wird.

Der numerische Parameter spezifiziert die Wartezeit in der Grundeinheit Sekunden. Bei Übergabe des optionalen Parameters MIN wird der kleinste, zulässige Wert für die Wartezeit gesetzt, bei Übergabe des optionalen Parameters MAX wird der größte, zulässige Wert für die Wartezeit gesetzt.

Syntax	TRIGger:DELay <NRf>|MIN|MAX
Parameter	<0 ... 10>|MIN|MAX
**RST Wert*	0
Beispiel	TRIG:DEL 0.4
Abfragesyntax	TRIGger:DELay?
Rückgabewert	<NR3>

TRIGger:HOLDoff

Dieser Befehl definiert die Trigger-Freihaltezeit in Sekunden, d. h. die Zeitdauer, innerhalb welcher das Triggersystem nach Empfang eines Triggersignals keine weiteren Triggersignale annimmt.

Syntax	TRIGger:HOLDoff <NRf>
Parameter	0 ... 1|MIN|MAX
**RST Wert*	0
Beispiel	TRIG:HOLD 0.15
Abfragesyntax	TRIGger:HOLDoff?

Rückgabewert	NR3

TRIGger:LEVel:CURRent

Dieser Befehl definiert den Wert des Laststroms (Triggerstrom), der über- bzw. unterschritten werden muss, damit eine Triggeraktion erzeugt werden soll, wenn die Triggerquelle auf LEVel:CURRent gesetzt ist.

Der numerische Parameter spezifiziert den Strom in der Grundeinheit Ampere. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für den Strom, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für den Strom.

Der <max> bzw. MAX-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Ob der Trigger durch Über- oder Unterschreiten des definierten Stromes ausgelöst wird, bestimmt die eingestellte Triggerflanke, die mit dem Befehl TRIGger:SLOPe programmiert wird.

Syntax	TRIGger:LEVel:CURRent <NRf>
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	A|MA
**RST Wert*	<max>
Beispiel	TRIG:LEV:CURR 20
Abfragesyntax	TRIGger:LEVel:CURRent?
Rückgabewert	<NR3>

TRIGger:LEVel:VOLTage

Dieser Befehl definiert den Wert der Eingangsspannung (Triggerspannung), die über- bzw. unterschritten werden muss, damit eine Triggeraktion erzeugt werden soll, wenn die Triggerquelle auf LEVel:VOLTage gesetzt ist.

Der numerische Parameter spezifiziert die Spannung in der Grundeinheit Volt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert für die Spannung, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Spannung.

Der <max> bzw. MAX-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Ob der Trigger durch Über- oder Unterschreiten der definierten Spannung ausgelöst wird, bestimmt die eingestellte Triggerflanke, die mit dem Befehl TRIGger:SLOPe programmiert wird.

Syntax	TRIGger:LEVel:VOLTage <NRf>
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	V|MV
**RST Wert*	0,5 V
Beispiel	TRIG:LEV:VOLT 20
Abfragesyntax	TRIGger:LEVel:VOLTage?
Rückgabewert	<NR3>

TRIGger:SLOPe

Dieser Befehl definiert die Art der Flanke, bei der eine Triggeraktion erzeugt werden soll, wenn die Triggerquelle auf EXTernal oder auf LEVel:CURRent oder auf LEVel:VOLTage gesetzt ist.

Der Parameter kann einen der folgenden Werte annehmen:
EITHer: Ein Trigger-Ereignis wird bei fallender oder steigender Flanke des Trigger-Signals erzeugt.
NEGative: Ein Trigger-Ereignis wird bei fallender Flanke des Trigger-Signals erzeugt.
POSitive: Ein Trigger-Ereignis wird bei steigender Flanke des Trigger-Signals erzeugt.

Syntax	TRIGger:SLOPe <slope>
Parameter	EITHer|NEGative|POSitive
**RST Wert*	POSitive
Beispiel	TRIG:SLOP NEG
Abfragesyntax	TRIGger:SLOPe?
Rückgabewert	EITHer|NEGative|POSitive

TRIGger:SOURce

Dieser Befehl setzt die Quelle für Trigger-Ereignisse.

Der Parameter kann einen der folgenden Werte annehmen:
BUS: Trigger-Befehl auf einer Kommunikationsschnittstelle
CURRent: Höhe des Laststroms
EXTernal: Trigger-Eingangssignal am I/O-Port
HOLD: Die Erkennung eines Trigger-Ereignisses ist deaktiviert.
MANual: Trigger-Taste am Bedienteil
VOLTage: Höhe der Eingangsspannung

Syntax	TRIGger:SOURce <source>
Parameter	BUS|CURRent|EXTernal|HOLD|MANual|VOLTage
**RST Wert*	BUS
Beispiel	TRIG:SOUR MAN
Abfragesyntax	TRIGger:SOURce?
Rückgabewert	BUS|CURRent|EXTernal|HOLD|MANual|VOLTage

5.11.20 VOLTage Subsystem

VOLTage

Dieser Befehl setzt den Sollwert für die geregelte Eingangsspannung im Spannungsbetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert die Spannung in der Grundeinheit Volt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert 0 für die Spannung, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Spannung.

Der <max> bzw. MAX-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	VOLTage[:LEVel][:IMMediate] <NRf>|MIN|MAX
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	V|MV
**RST Wert*	MAX
Beispiel	VOLT 45.6
Abfragesyntax	VOLTage[:LEVel][:IMMediate]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

VOLTage:TRIGgered

Dieser Befehl setzt den getriggerten Sollwert für die geregelte Eingangsspannung im Spannungsbetrieb.

Der numerische Parameter spezifiziert die Spannung in der Grundeinheit Volt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert 0 für die Spannung, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für die Spannung.

Der <max> bzw. MAX-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	VOLTage[:LEVel]:TRIGgered <NRf>
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	V|MV
**RST Wert*	MAX
Beispiel	VOLT:TRIG 1.08E1
Abfragesyntax	VOLTage[:LEVel]:TRIGgered? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

VOLTage:PROTection

Dieser Befehl setzt den benutzerspezifischen unteren Grenzwert für die Eingangsspannung unabhängig von der Betriebsart.

Der numerische Parameter spezifiziert die Spannung in der Grundeinheit Volt. Der Parameter MIN setzt den kleinsten zulässigen Wert 0 für den Unterspannungsschutz, der Parameter MAX setzt den größten zulässigen Wert für den Unterspannungsschutz.

Der <max> bzw. MAX-Wert ist aus den technischen Daten ersichtlich.

Syntax	VOLTage:PROTection[:LEVel] <NRf>
Parameter	0 ... <max>|MIN|MAX
Einheit	V|MV
**RST Wert*	0.0
Beispiel	VOLT:PROT 1.65
Abfragesyntax	VOLTage:PROTection[:LEVel]? [MIN|MAX]
Rückgabewert	<NR3>

VOLTage:PROTection:REGulation

Dieser Befehl setzt das Verhalten der elektronischen Last bei Erreichen oder Über-/Unterschreiten des Sollwertes für den Unterspannungsschutz.

Der Parameter darf einen der folgenden Werte annehmen:
ON: Die elektronische Last regelt den Eingangsstrom zur Erhaltung der Eingangsspannung.
OFF: Die elektronische Last schaltet den Eingangsstrom bei Überschreiten des Grenzwertes ein, bei Unterschreiten des Grenzwertes aus.

Syntax	VOLTage:PROTection:REGulation[:STATe] <boolean>
Parameter	0|OFF|1|ON
Beispiel	VOLT:PROT:REG OFF
Abfragesyntax	VOLTage:PROTection:REGulation[:STATe]?
Rückgabewert	0|1
Reset-Wert	ON

5.12 Befehlsübersicht Common Commands

Command	Parameter	Beschreibung
*CLS		Status löschen
*ESE	<NRf>	Wert des Standard Event Status Enable Register setzen
*ESE?		Wert des Standard Event Status Enable Register lesen
*ESR?		Wert des Standard Event Status Register lesen
*IDN?		Identifikationsdaten lesen
*OPC		Operation Complete Bit setzen
*OPC?		Operation Complete Bit lesen
*OPT?		Optionen lesen
*RCL	<NRf>	Geräteeinstellungen laden
*RST		Geräteeinstellungen zurücksetzen
*SAV	<NRf>	Geräteeinstellungen speichern
*SRE	<NRf>	Wert des Service Request Enable Register setzen
*SRE?		Wert des Service Request Enable Register lesen
*STB?		Status Byte lesen
*TRG		Triggerereignis erzeugen
*TST?		Selbsttest durchführen
*WAI		Warten, bis alle Kommandos ausgeführt sind

5.13 Befehlsübersicht Gerätespezifische Befehle

Befehl	Parameter	Einheit	Beschreibung
ABORt			Triggersystem zurücksetzen zu IDLE Zustand
ACQuisition			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für die Mess-datenerfassung setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für die Mess-datenerfassung abfragen
:TRIGgered	<Boolean>		Trigger-Zustand für die Messdaten-erfassung setzen
:TRIGgered?			Trigger-Zustand für die Messdaten-erfassung setzen
:CONTinuous	<Boolean>		Aktivierungszustand für kontinu-ierliche Messdatenspeicherung setzen
:CONTinuous?			Aktivierungszustand für kontinu-ierliche Messdatenspeicherung abfragen
:STIMe	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	Abtastintervall setzen
:STIMe?	[MIN|MAX]		Abtastintervall abfragen
CURRent			
[:LEVel]			
[:IMMediate]	<NRf>|MIN|MAX	[A|MA]|KA	Sollwert für Laststrom setzen
[:IMMediate]?	[MIN|MAX]		Sollwert für Laststrom abfragen
:TRIGgered	<NRf>|MIN|MAX	[A|MA]|KA	Sollwert für getriggerten Laststrom setzen
:TRIGgered?	[MIN|MAX]		Sollwert für getriggerten Laststrom abfragen
:PROTection			
[:LEVel]	<NRf>|MIN|MAX		Wert für Strombegrenzung setzen
[:LEVel]?	[MIN|MAX]		Wert für Strombegrenzung abfragen
DATA			
:POINts?	[VMEM]		Anzahl der gespeicherten Messdatensätze abfragen
:REMove?	<NRf>		Messdatensätze auslesen
DISPlay			
:TEXT	<String>		String in Benachrichtigungsfenster an Benutzerschnittstelle anzeigen
:TEXT?			String in Benachrichtigungsfenster an Benutzerschnittstelle abfragen
FORMat			
[:DATA]	ASCii|REAL,<NRf>		Datenformat für abgefragte <NRf>-Werte setzen
[:DATA]?			Datenformat für abgefragte <NRf>-Werte abfragen
:BORDer	NORMal|SWAPped		Byte-Reihenfolge für abgefragte Messdaten im Real-Format setzen
:BORDer?			Byte-Reihenfolge für abgefragte Messdaten im Real-Format abfragen
:SREGister	ASCii|HEXadecimal		Datenformat für abgefragte Statusregister-Werte setzen

:SREGister?			Datenformat für abgefragte Statusregister-Werte abfragen
FUNCtion			
:DISCharge			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für Entlade-funktion setzen
:CHARge?			Entnommene Ladung abfragen
:ENERgy?			Entnommene Energie abfragen
:STOP			
:CHARge	<NRf>|MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Ladung setzen
:CHARge?	MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Ladung abfragen
:CURRent			
[:LEVel]	<NRf>|MIN|MAX	[A|MA|KA]	Wert für Stoppkriterium Mindest-strom setzen
[:LEVel]?	MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Mindest-strom abfragen
:ENABle	CHARge|CURRent|ENERgy|TIME|VOLTage, <Boolean>		Freigabezustand für das spezifizierte Ereignis zum Beenden der Entlade-Funktion setzen
:ENABle?	CHARge|CURRent|ENERgy|TIME|VOLTage		Freigabezustand für das spezifizierte Ereignis zum Beenden der Entlade-Funktion abfragen
:ENERgy	<NRf>|MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Energie setzen
:ENERgy?	MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Energie abfragen
:EVENt?			Stoppereignis abfragen
:TIME	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	Wert für Stoppkriterium Entladezeit setzen
:TIME?	MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Entladezeit abfragen
:VOLTage			
[:LEVel]	<NRf>|MIN|MAX	[V|MV]	Wert für Stoppkriterium Min.spannung setzen
[:LEVel]?	MIN|MAX		Wert für Stoppkriterium Min.spannung abfragen
:TIME?			Verstrichene Entladezeit abfragen
:MEASure			
:IRESistance			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für Innenwiderstandsmessung setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für Innenwiderstandsmessung abfragen
:CURRent			
[:LEVel]	<NRf>,<NRf>	[A|MA]	Lastströme zur Ermittlung des Innenwiderstands setzen
[:LEVel]?			Lastströme zur Ermittlung des Innenwiderstands abfragen
:DWELl	<NRf>,<NRf>	[S|MS]	Verweildauern zur Ermittlung des Innenwiderstands setzen
:DWELl?	<NRf>,<NRf>	[S|MS]	Verweildauern zur Ermittlung des Innenwiderstands abfragen
:RESistance?			Innenwiderstand abfragen

:TIME?			Zeitdauer seit Aktivierung der Innenwiderstandsmessfunktion abfragen
:MODE	CURRent|POWer| RESistance|VOLTage		Grund-Betriebsart setzen
:MODE?			Grund-Betriebsart abfragen
:MODulate			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand der Modulation setzen
[:STATe]?	<Boolean>		Aktivierungszustand der Modulation abfragen
:MODE	CURRent|VOLTage		Betriebsart der Regelung für die Modulation setzen
:MODE?			Betriebsart der Regelung für die Modulation abfragen
:SWEep			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand des Modulation-Sweep setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand des Modulation-Sweep abfragen
:COUNt	<NRf>|MIN|MAX		Anzahl der Sweep-Durchläufe setzen
:COUNt?	[MIN|MAX]		Anzahl der Sweep-Durchläufe abfragen
:ACTual?			Anzahl abgelaufener Sweep-Durchläufe abfragen
:DWELl	<NRf>|MIN|MAX		Verweildauern der Frequenz-schritte setzen
:DWELl?	[MIN|MAX]		Verweildauern der Frequenz-schritte abfragen
:FREQuency			
:STARt	<NRf>|MIN|MAX		Startfrequenz setzen
:STARt?	[MIN|MAX]		Startfrequenz abfragen
:STEP	<NRf>|MIN|MAX		Frequenzschritt setzen
:STEP?	[MIN|MAX]		Frequenzschritt abfragen
:STOP	<NRf>|MIN|MAX		Endfrequenz setzen
:STOP?	[MIN|MAX]		Endfrequenz abfragen
:FREQuency?			Momentane Sweep-Frequenz abfragen
:TIME?			Verstrichene Zeit seit Start des Modulation-Sweeps abfragen
:WAVeform			
:AMPLitude	<NRf>|MIN|MAX		Amplitude für die Modulation setzen
:AMPLitude?	[MIN|MAX]		Amplitude für die Modulation abfragen
:FREQuency	<NRf>|MIN|MAX	[HZ]	Frequenz für die Modulation setzen
:FREQuency?	[MIN|MAX]		Frequenz für die Modulation abfragen
:TYPE	SINE|SQUare|TRIangle		Signalform für die Modulation setzen
:TYPE?			Signalform für die Modulation abfragen
:MPPT			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für MPP Tracking Funktion setzen

[:STATe]?			Aktivierungszustand für MPP Tracking Funktion abfragen
:ENERgy?			Bei MPPT kumulierte Energie abfragen
:MPP?			Letzten gefundenen MPP abfragen
:SWEep			
[:IMMediate]			Sweep sofort ausführen
:DATA			
:POINTS?	[MIN|MAX]		Anzahl der Messdatenpaare des letzten Sweeps abfragen
:DATA?			Zuletzt aufgenommene Sweep-Kurve auslesen
:DIRection			Sweep-Richtung setzen
:DIRection?			Sweep-Richtung abfragen
:PERiod	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	Sweep-Periode setzen
:PERiod?			Sweep-Periode abfragen
:TIME	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	Sweep-Dauer setzen
:TIME?			Sweep-Dauer abfragen
:TIME?			Zeitdauer seit Aktivierung der MPPT-Funktion abfragen
:PROTection			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für Spannungs- oder Strombegrenzung setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für Spannungs- oder Strombegrenzung abfragen
:MODE	CURRent|VOLTage		Betriebsart für die Begrenzung setzen
:MODE?			Betriebsart für die Begrenzung abfragen
:SPEed	SLOW|FAST		Regelgeschwindigkeit setzen
:SPEed?			Regelgeschwindigkeit abfragen
INITiate			
[:IMMediate]			Triggersystem in INIT Zustand setzen
:CONTinuous	<Boolean>		Aktivierungszustand zum kontinuierlichen Initialisieren des Triggersystems setzen
:CONTinuous?			Aktivierungszustand zum kontinuierlichen Initialisieren des Triggersystems abfragen
INPut			
[:STATe]	<Boolean>		Zustand des Lasteingangs setzen
[:STATe]?			Zustand des Lasteingangs abfragen
:TRIGgered	<Boolean>		Trigger-Zustand des Eingangs setzen
:TRIGgered?			Trigger-Zustand des Eingangs abfragen
:WDOG			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand des Watchdogs setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand des Watchdogs abfragen
:DELay	<NRf>|MIN|MAX		Verzögerungszeit des Watchdogs setzen

:DELay?	[MIN|MAX]		Verzögerungszeit des Watchdogs abfragen
:RESet			Watchdog zurücksetzen
LIST			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für die Ausführung einer Liste setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für die Ausführung einer Liste abfragen
:TRIGgered	<Boolean>		Trigger-Zustand für die Ausführung einer Liste setzen
:TRIGgered?			Trigger-Zustand für die Ausführung einer Liste setzen
:ACQuisition			
[:ENABle]	<Boolean>		Aktivierungszustand für die Messdatenerfassung beim Ausführen einer Liste setzen
[:ENABle]?			Aktivierungszustand für die Messdatenerfassung beim Ausführen einer Liste abfragen
:COUNt	<NRf>|MIN|MAX		Anzahl der Listendurchläufe setzen
:COUNt?			Anzahl der Listendurchläufe abfragen
:CURRent			
[:LEVel]	<NRf>{,<NRf>}	[A|MA|KA]	Stromsollwert-Liste definieren
[:LEVel]?			Stromsollwert-Liste abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der spezifizierten Stromsollwerte in der Liste abfragen
:DWELl	<NRf>{,<NRf>}	[S|MS]	Liste mit Verweildauern definieren
:DWELl?			Liste mit Verweildauern abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der spezifizierten Verweildauern in der Liste abfragen
:MODE	CURRent|RESistance|VOLTage		Listen-Betriebsart setzen
:MODE?			Listen-Betriebsart abfragen
:POINts?			Anzahl der ausgeführten Listenpunkte seit Aktivierung der Liste abfragen
:POWer			
[:LEVel]	<NRf>{,<NRf>}	[W|MW|KW]	Leistungssollwert-Liste definieren
[:LEVel]?			Leistungssollwert-Liste abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der spezifizierten Leistungssollwerte in der Liste abfragen
:RESistance			
[:LEVel]	<NRf>{,<NRf>}	[OHM|KOHM]	Widerstandssollwert-Liste definieren
[:LEVel]?			Widerstandssollwert-Liste abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der spezifizierten Widerstandssollwerte in der Liste abfragen
:RTIMe	<NRf>{,<NRf>}	[S|MS]	Liste mit Rampenzeiten definieren
:RTIMe?			Liste mit Rampenzeiten abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der spezifizierten Rampenzeiten in der Liste abfragen
:STIMe			
:DWELl	<NRf>{,<NRf>}		Periodenzeiten zur Abtastung während den Verweilphasen setzen

:DWELl?			Periodenzeiten zur Abtastung während den Verweilphasen abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl an spezifizierten Werten für die Abtastperioden während den Verweilphasen abfragen
:RTIMe	<NRf>{,<NRf>}		Periodenzeiten für die Abtastung während den Rampenphasen setzen
:RTIMe?			Periodenzeiten für die Abtastung während den Rampenphasen abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der Periodenzeiten für die Abtastung während den Rampenphasen abfragen
:TIME?			Zeitdauer seit Aktivierung der Liste abfragen
:VOLTage			
[:LEVel]	<NRf>{,<NRf>}	[V|MV]	Spannungssollwert-Liste definieren
[:LEVel]?			Spannungssollwert-Liste abfragen
:POINts?	[MIN|MAX]		Anzahl der spezifizierten Spannungssollwerte in der Liste abfragen
MEASure			
:CURRent?			Strommesswert abfragen
:POWer?			Leistungsmesswert abfragen
:RESistance?			Widerstandsmesswert abfragen
:TEMPerature?			Temperaturmesswert abfragen
:VOLTage?			Spannungsmesswert abfragen
:EXTernal?			Externen Spannungsmesswert abfragen
POWer			
[:LEVel]			
[:IMMediate]	<NRf>|MIN|MAX	[W|MW|KW]	Sollwert für Leistung setzen
[:IMMediate]?	[MIN|MAX]		Sollwert für Leistung abfragen
:TRIGgered	<NRf>|MIN|MAX	[W|MW|KW]	Getriggerten Sollwert für Leistung setzen
:TRIGgered?	[MIN|MAX]		Getriggerten Sollwert für Leistung abfragen
:PEAK?			Momentane Spitzenleistung abfragen
RECTangle			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für die Ausführung der Rechteckfunktion setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für die Ausführung der Rechteckfunktion abfragen
:CURRent			
[:LEVel]	<NRf>,<NRf>	[A]	Sollwerte für den Eingangsstrom während den Verweilzeiten der Rechteckfunktion setzen
[:LEVel]?			Sollwerte für den Eingangsstrom während den Verweilzeiten der Rechteckfunktion abfragen
:DWELl	<NRf>,<NRf>	[S]	Sollwerte für die Verweilzeiten der Rechteckfunktion setzen

:DWELl?			Sollwerte für die Verweilzeiten der Rechteckfunktion abfragen
:MODE	CURRent|RESistance|VOLTage		Betriebsart der Regelung für die Ausführung der Rechteckfunktion setzen
:MODE?			Betriebsart der Regelung für die Ausführung der Rechteckfunktion abfragen
:RESistance			
[:LEVel]	<NRf>,<NRf>	[OHM]	Sollwerte für den Widerstand während den Verweilzeiten der Rechteckfunktion setzen
[:LEVel]?			Sollwerte für den Widerstand während den Verweilzeiten der Rechteckfunktion abfragen
VOLTage			
[:LEVel]	<NRf>,<NRf>	[V]	Sollwerte für die Spannung während den Verweilzeiten der Rechteckfunktion setzen
[:LEVel]?			Sollwerte für die Spannung während den Verweilzeiten der Rechteckfunktion abfragen
RESistance			
[:LEVel]			
[:IMMediate]	<NRf>|MIN|MAX	[OHM|KOHM]	Sollwert für Widerstand setzen
[:IMMediate]?	[MIN|MAX]		Sollwert für Widerstand abfragen
:TRIGgered	<NRf>|MIN|MAX	[OHM|KOHM]	Getriggerten Sollwert für Widerstand setzen
:TRIGgered?	[MIN|MAX]		Getriggerten Sollwert für Widerstand abfragen
SERVice			
:CALibration			
[:STATe]	<Boolean>[,<Code>]		Aktivierungszustand für Kalibrierung setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für Kalibrierung abfragen
:EXTernal			
:HIGH	<NRf>		Referenzwert der oberen Extern-Messwert-Stützstelle setzen
:LOW	<NRf>		Referenzwert der unteren Extern-Messwert -Stützstelle setzen
:LEVel			
:HIGH			Referenzwert der oberen Sollwert-Stützstelle setzen
:LOW			Referenzwert der unteren Sollwert-Stützstelle setzen
:MEASure			
:HIGH			Referenzwert der oberen Messwert-Stützstelle setzen
:LOW			Referenzwert der unteren Mess-wert-Stützstelle setzen
:PROTection			
:HIGH			Referenzwert der oberen Protection-Stützstelle setzen
:LOW			Referenzwert der unteren Protection-Stützstelle setzen

[:PARameter]			
:STRing	<NRf>,<string>		Zeichenkette in Parameter schreiben
:STRing?	<NRf>		Zeichenkette aus Parameter lesen
:VALue	<NRf>,<NRf>		Wert in Parameter schreiben
:VALue?	<NRf>		Wert aus Parameter lesen
:PRODuction			
[:STATe]	<Boolean>[,<Code>]		Aktivierungszustand für Produktion setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für Produktion abfragen
SETTing			
:EXTernal			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für externe Ansteuerung setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für externe Ansteuerung abfragen
:ENABle	INPut|ILEVel, <Boolean>		Freigabezustand eines externen Signals für die Regelung setzen
:ENABle?	INPut|ILEVel|		Freigabezustand eines externen Signals für die Regelung abfragen
STATus			
:CHANnel			
:OPERation			
[:EVENt]?			Channel Operation Status Event Register abfragen
:CONDition?			Channel Operation Status Condition Register abfragen
:ENABle	<NRf>		Channel Operation Status Enable Register setzen
:ENABle?			Channel Operation Status Enable Register abfragen
:PRESet			Status Enable Register auf definierte Werte setzen
:QUEStionable			
[:EVENt]?			Channel Questionable Status Event Register abfragen
:CONDition?			Channel Questionable Status Condition Register abfragen
:ENABle	<NRf>		Channel Questionable Status Enable Register setzen
:ENABle?			Channel Questionable Status Enable Register abfragen
:OPERation			
[:EVENt]?			Operation Status Event Register abfragen
:CONDition?			Operation Status Condition Register abfragen
:PRESet			Status Enable Register auf definierte Werte setzen
:QUEStionable			
[:EVENt]?			Questionable Status Event Register abfragen
:CONDition?			Questionable Status Condition Register abfragen
SYSTem			

:BEEP	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	System-Piepser für die spezifizierte Zeitdauer aktivieren
:COMMunication			
:CAN			
:ADDRess	<NRf>|MIN|MAX		Adresse der CAN-Schnittstelle setzen
:ADDRess?	[MIN|MAX]		Adresse der CAN-Schnittstelle abfragen
:BAUD	<NRf>|MIN|MAX		Baudrate für die CAN-Schnittstelle setzen
:BAUD?	[MIN|MAX]		Baudrate für die CAN-Schnittstelle abfragen
:TERMination			
[:STATe]	<boolean>		Aktivierungszustand für CAN-Terminierung setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für CAN-Terminierung abfragen
:GPIB			
:ADDRess	<NRf>|MIN|MAX		Adresse der GPIB-Schnittstelle setzen
:ADDRess?	[MIN|MAX]		Adresse der GPIB-Schnittstelle abfragen
:LAN			
:DHCP			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand für die Verwendung des DHCP-Protokolls setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand für die Verwendung des DHCP-Protokolls abfragen
:DNS			
[:ADDRess]	<string>		Statische IP-Adresse des DNS-Servers setzen
[:ADDRess]?	[ACTual|STATic]		IP-Adresse des DNS-Servers abfragen
:GATEway			
[:ADDRess]	<string>		Statische IP-Adresse des Gateways setzen
[:ADDRess]?	[ACTual|STATic]		IP-Adresse des Gateways abfragen
:HOSTname?			Hostname der elektronischen Last abfragen
:IP			
[:ADDRess]	<string>		Statische IP-Adresse der LAN-Schnittstelle setzen
[:ADDRess]?	[ACTual|STATic]		IP-Adresse der LAN-Schnittstelle abfragen
:MAC			
[:ADDRess]?			MAC-Adresse der LAN-Schnittstelle abfragen
:PORT	<NRf>		TCP-Port-Nummer der LAN-Schnittstelle setzen
:PORT?			TCP-Port-Nummer der LAN-Schnittstelle abfragen
:SUBNet			
[:MASK]	<string>		Subnet Mask der LAN Schnittstelle setzen

[:MASK]?	[ACTual|STATic]		Subnet Mask der LAN Schnittstelle abfragen
:SERial			
:BAUD	<NRf>|MIN|MAX		Baudrate für die RS-232-Schnitt-stelle setzen
:BAUD?	[MIN|MAX]		Baudrate für die RS-232-Schnitt-stelle abfragen
:BITS?	[MIN|MAX]		Anzahl der Datenbits für die RS-232-Schnittstelle abfragen
:MODE	[SCPI|SLINk]		Kommunikationsmodus der RS-232-Schnittstelle setzen
:MODE?			Kommunikationsmodus der RS-232-Schnittstelle abfragen
:PARity	EVEN|NONE|ODD		Parität für die RS-232-Schnittstelle setzen
:PARity?			Parität für die RS-232-Schnittstelle abfragen
:SBITs	<NRf>|MIN|MAX		Anzahl der Stoppbits der RS-232-Schnittstelle setzen
:SBITs?	[MIN|MAX]		Anzahl der Stoppbits der RS-232-Schnittstelle abfragen
:COOLing			
[:MODE]	AUTO|FULL		Kühlmodus der Lüfter setzen
[:MODE]?			Kühlmodus der Lüfter abfragen
:DATE	<year>,<month>, <day>		Datum setzen
:DATE?			Datum abfragen
:ERRor			
[:NEXT]?			Nächsten Eintrag aus der Fehler-warteschlange auslesen
:ALL?			Alle Einträge aus der Fehler-warteschlange auslesen
:COUNt?			Anzahl der Einträge in der Fehlerwarteschlange abfragen
:HELP			
:HEADers?			Alle SCPI-Befehlsheader abfragen
:KLOCk	<Boolean>		Aktivierungszustand der Tasten-sperre setzen
:LOCal			Manuelle Steuerung aktivieren
:PRESet			Werkseinstellungen setzen
:REMote			Steuerung über eine Datenschnitt-stelle aktivieren
:SLINk			
[:STATe]	<Boolean>		Aktivierungszustand SyncroLink setzen
[:STATe]?			Aktivierungszustand SyncroLink abfragen
:DELay	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	Verzögerung für SyncroLink setzen
:DELay?	[MIN|MAX]		Verzögerung für SyncroLink lesen
:TIME	<hour>,<minute>, <second>		Uhrzeit setzen
:TIME?			Uhrzeit abfragen
:VERSion?			Version des kompatiblen SCPI-Standards abfragen
TRIGger			

:DELay	<NRf>|MIN|MAX	[S|MS]	Sollwert für Trigger-Verzögerung setzen
:DELay?			Sollwert für Trigger-Verzögerung abfragen
VOLTage			
[:LEVel]			
[:IMMediate]	<NRf>|MIN|MAX	[V|MV]	Sollwert für Spannung setzen
[:IMMediate]?	[MIN|MAX]		Sollwert für Spannung abfragen
:TRIGgered	<NRf>|MIN|MAX	[V|MV]	Getriggerten Sollwert für Spannung setzen
:TRIGgered?	[MIN|MAX]		Getriggerten Sollwert für Spannung abfragen
:PROTection			
[:LEVel]	<NRf>|MIN|MAX	[V|MV]	Wert für Unterspannungsschutz setzen
[:LEVel]?	[MIN|MAX]		Wert für Unterspannungsschutz abfragen

6 Externe Steuerung über I/O-Port

Über den serienmäßigen I/O-Port können Einstellungen und Messungen vorgenommen werden. Diese Schnittstelle erlaubt die schnellstmögliche Art der Steuerung. Die Monitorsignale werden in Echtzeit bereitgestellt.

Der I/O-Port ist als 25-polige D-Sub-Buchsenleiste ausgeführt. Zwei Varianten stehen zur Verfügung:

- Standard-I/O-Port (nicht isoliert)
- Galvanisch isolierter I/O-Port (Option HES06)

Beide Ports haben den gleichen Funktionsumfang und die gleiche Steckerbelegung.

Das An- und Abstecken des I/O-Ports ist nur bei ausgeschalteter elektronischer Last erlaubt!

6.1 Standard I/O-Port

Beim Standard-I/O-Port sind der negative Lasteingang (Input -) und der GND des I/O-Ports galvanisch miteinander verbunden. Dadurch können am I/O-Port berührungsgefährliche Spannungen entstehen, wenn das Potential am Lasteingang hochgelegt wird!

Eine zusätzliche Verbindung irgendeines Anschlusses am I/O-Port mit dem Lasteingang oder Sense-Eingang des Gerätes erzeugt Kurzschlüsse oder Masseschleifen und kann zu Fehlfunktionen, Fehlmessungen bis hin zur Zerstörung des Gerätes führen!

Für Anwendungsfälle, in denen zwischen dem GND des I/O-Ports und dem negativen Lasteingang höhere Spannungsdifferenzen als ±2 V zu erwarten sind, empfehlen wir den galvanisch isolierten I/O-Port (Option HES06). Dabei ist auch auf dynamische Spannungsdifferenzen zu achten.

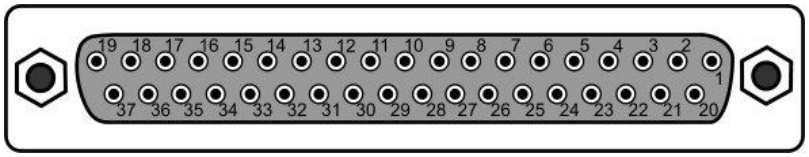
Siehe 2.5 Zulässige Potentiale an den Geräteanschlüssen und technische Daten.

6.2 Isolierter I/O-Port (Option HES06)

Beim isolierten I/O-Port sind alle Eingänge und Ausgänge vom Lasteingang galvanisch getrennt. Die zulässigen Potentiale am isolierten I/O-Port sind in Kapitel 2.5 Zulässige Potentiale an den Geräteanschlüssen und in den technischen Daten definiert.

Mit dem SCPI-Befehl *OPT? kann geprüft werden, ob eine isolierte I/O-Karte eingebaut ist.
Siehe 5.10.6 *OPT?

6.3 Steckerbelegung I/O-Port



Pin	Name[1]	Beschreibung	Dir.[2]	Pegel[3]
1	GNDA	GND für analoge Signale		
2	n.u.	Keine Funktion. Nicht anschließen!		
3	10V_LEVEL-	Negativer Steuereingang für Sollwerteinstellung 0 ... 10 V	E	10 V
4	5V_LEVEL-	Negativer Steuereingang für Sollwerteinstellung 0 ... 5 V	E	5 V
5	/STAT_INP_ON	Aktivierungsstatus des Lasteingangs	A	Logik
6	PROT_C+	Positiver Steuereingang für Strombegrenzung 0 ... 10 V	E	10 V
7	PROG_IN	Abfragbarer Logikeingang	E	Logik
8	MODE_CURR	Steuereingang für die Betriebsart der Regelung	E	Logik
9	/INP_ON	Steuereingang für Lasteingang	E	Logik
10	SPEED_FAST	Steuereingang für Regelgeschwindigkeit	E	Logik
11	RSD	Remote Shut-Down	E	Logik
12	/TRIG_OUT	Trigger-Ausgang	A	Logik
13	/STAT_OL	Status für Überlast	A	Logik
14	VMON	Monitorsignal für Spannung am Lasteingang	A	±10 V
15	IMON	Monitorsignal für Strom durch Lasteingang	A	±10 V
16	10V_LEVEL+	Positiver Steuereingang für Sollwerteinstellung 0 ... 10 V	E	10 V
17	5V_LEVEL+	Positiver Steuereingang für Sollwerteinstellung 0 ... 5 V	E	5 V
18	PROT_C-	Negativer Steuereingang für Strombegrenzung 0 ... 10 V	E	10 V
19	PROT_V-	Neg. Steuereingang für Unterspannungsschutz 0 ... 10 V	E	10 V
20	n.u.	Keine Funktion. Nicht anschließen!		
21	PROT_V+	Pos. Steuereingang für Unterspannungsschutz 0 ... 10 V	E	10 V
22	/CTRL_EXT	Steuereingang zum Aktivieren der ext. Ansteuerung	E	Logik
23	PROG_OUT	Programmierbarer Logikausgang	A	Logik
24	GND	GND für Logik-Signale		
25	TRIG_IN	Trigger-Eingang	E	Logik

[1] Low-aktive Signale haben einen Schrägstrich (/) vor dem Namen.
[2] Signalrichtung: A: Ausgang, E: Eingang
[3] Signalpegel: Logik: siehe technische Daten
5 V: 0 ... 5 V DC
10 V: 0 ... 10 V DC

6.4 Steuerbare Funktionen

Um die Steuerfunktionen des I/O-Ports zu verwenden, muss man

- die externe Steuerung aktivieren
  - durch manuelle Konfiguration an der Benutzerschnittstelle
  - oder durch SCPI-Befehl über Datenschnittstelle
  - oder durch eine Brücke auf GND an Pin /CTRL_EXT am I/O-Port

und

- einzelne Steuersignale freischalten
  - durch manuelle Konfiguration an der Benutzerschnittstelle
- oder durch SCPI-Befehl über Datenschnittstelle

Die folgenden Sollwerte können extern vorgegeben werden:

- Aktivierungszustand für Lasteingang
- Betriebsart der Regelung (CC oder CV)
- Sollwert für die geregelte Eingangsgröße
- Sollwert für Strombegrenzung
- Sollwert für Spannungsbegrenzung
- Regelgeschwindigkeit

Die Aktivierung der externen Steuerung kann durch Konfiguration (im Menü oder per SCPI-Befehl) oder durch eine Brücke am I/O-Port erfolgen. Die Freischaltung der einzelnen Steuersignale kann ausschließlich per Konfiguration erfolgen (siehe Abbildung 6.1).

Wird der Lasteingang über den I/O-Port gesteuert und die Taste "Input" an der Frontplatte betätigt, wird diese Benutzereingabe ignoriert. Dies wird dem Bediener dadurch signalisiert, indem für einige Sekunden ein "Notification"-Fenster am User Interface überblendet wird. Ist die Sollwerteingabe über den I/O-Port aktiviert und der Benutzer betätigt den Drehgeber, wird die Benutzereingabe ignoriert und ebenfalls kurzzeitig ein "Notification"-Fenster angezeigt.

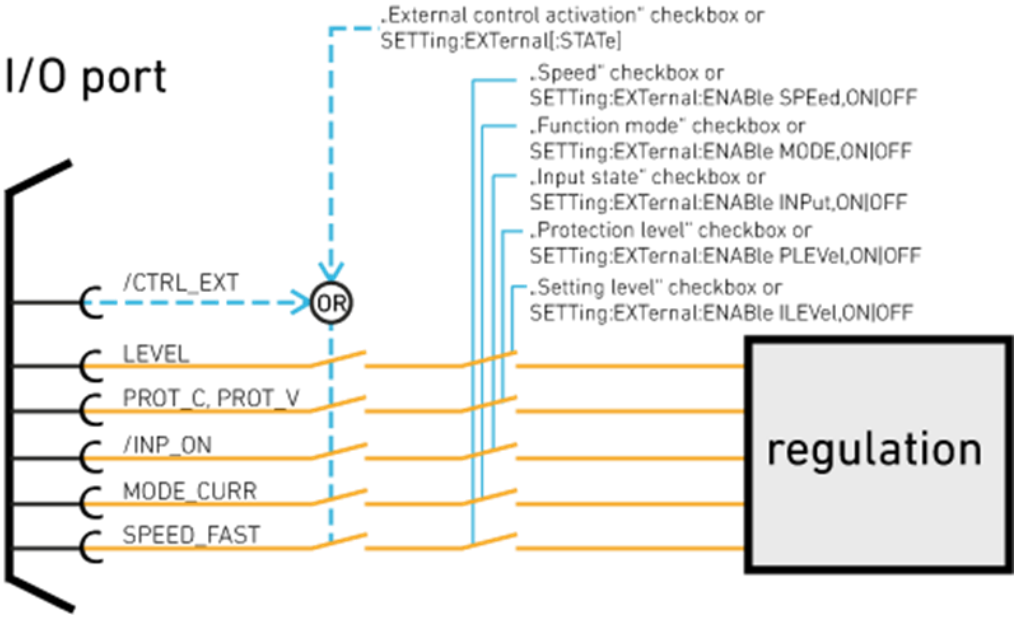


Abbildung 6.1: Schematischer Aufbau der extern steuerbaren Funktionen

Beim Aus- und Einschalten werden die Freigabezustände der einzelnen Signale wieder zurückgesetzt. Wenn das unerwünscht ist, kann man nach erfolgter Konfiguration die Geräteeinstellungen speichern und über die Benutzerschnittstelle eine entsprechende Power-on-Konfiguration einstellen. Siehe 4.31 Geräteeinstellungen speichern und laden

Lokale Bedienung:
Main Menu -> Settings -> Basic settings -> Ext. control
Markierungsfeld "External control activation": Übergeordnete Aktivierung der extern steuerbaren Signale aktivieren.
Einzelne Markierungsfelder für extern zu steuernde Signale aktivieren.

Digitale Fernsteuerung:
5.11.16 SETTing Subsystem

Externe Steuerung:
Pin /CTRL_EXT auf GND brücken (nur Port-Aktivierung; Steuersignale nur lokal oder per digitaler Fernsteuerung aktivierbar).

6.5 Logikpegel und Remote-Shut-Down

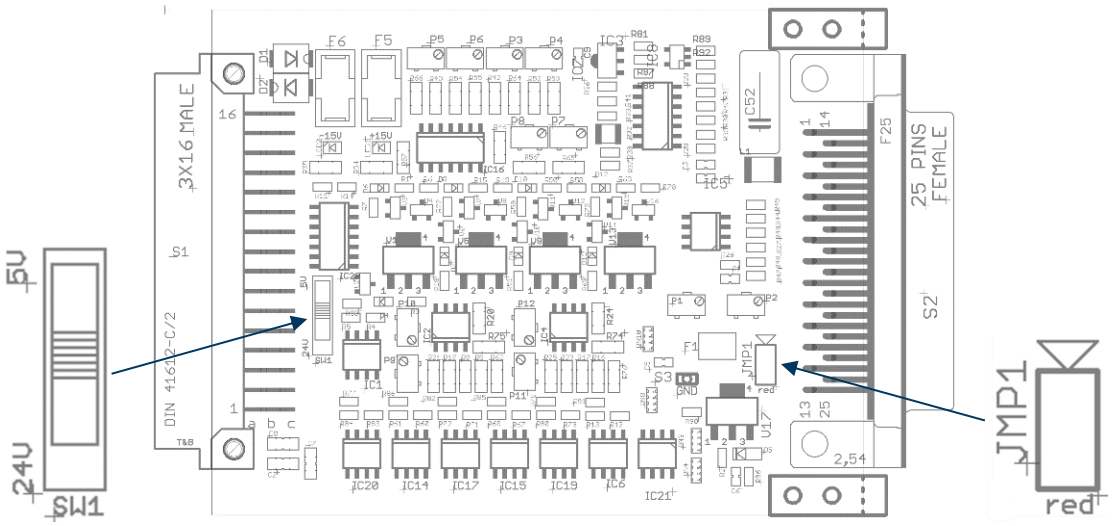


Abbildung 6.2: Unisoliertes I/O-Port Board mit SW1 und JMP1

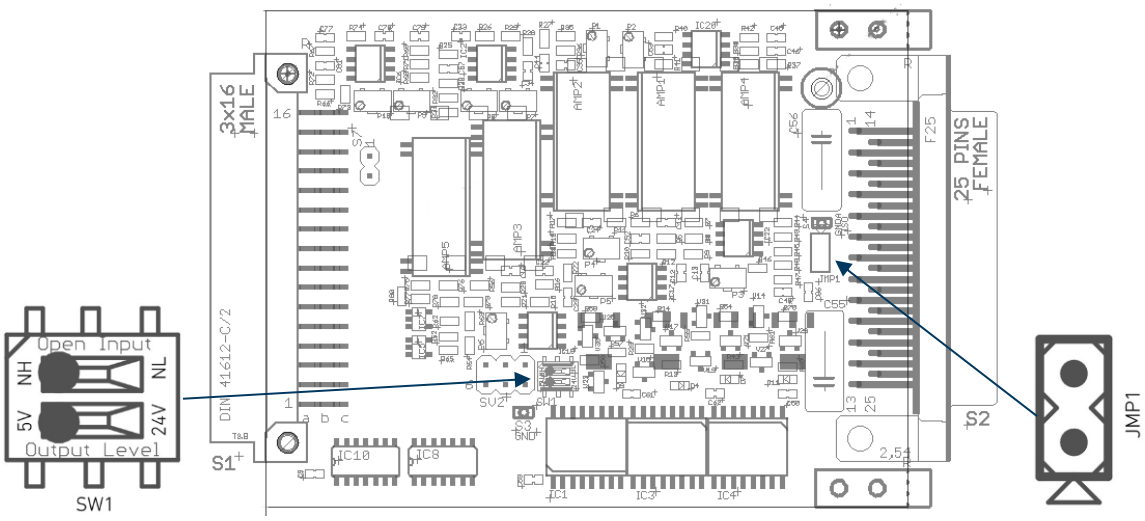


Abbildung 6.3: Isoliertes I/O-Port Board QL06 mit SW1 und JMP1

Trennen Sie die elektronische Last von allen Spannungsquellen und sorgen Sie für ESD-Maßnahmen, wenn Sie die Leiterplatte aus- und einbauen!

SW1 (nur bei isoliertem I/O-Port): Logikpegel

Schalter „Output Level" für Spannungspegel der Logik-Ausgänge:

- Position 5V (TTL-Pegel, Auslieferungszustand)
- Position 24V

Schalter „Open Input" für Logikpegel der unbeschalteten Eingänge:

- Auf Position NH belassen!

JMP1: Aktivierung der Remote Shut-Down-Funktion

- Jumper JMP1 gesteckt: Funktion deaktiviert (Auslieferungszustand)
- Jumper JMP1 entfernt: Funktion aktiviert

6.6 Logikein- und -ausgänge

6.6.1 Steuereingänge

Die Steuereingänge stehen in Bezug zum digitalen GND und haben im Ruhezustand einen Spannungspegel von 5 oder 24 Volt. Die Aktivierung oder Deaktivierung eines Steuersignals kann durch eine externe Spannung (Pegel s. technische Daten) bzw. durch Verbinden mit GND (zum Beispiel durch ein Relais) erfolgen.

Beachten Sie die Pegeldefinitionen für digitale Eingänge in den technischen Daten!

6.6.1.1 Sicherheitsschaltung (Remote Shut-Down)

Durch das Eingangssignal RSD kann der Lasteingang sicher deaktiviert werden. Dieses Signal hat als Teil der Sicherheitsschaltung Vorrang gegenüber allen anderen Steuerquellen und ist bei Logikpegel High aktiv.

Im Auslieferzustand des Geräts ist diese Funktion deaktiviert. Um die Funktion zu aktivieren, muss auf dem I/O Board die Kurzschlussbrücke JMP1 entfernt werden (siehe 6.5 Logikpegel und Remote-Shut-Down). Jetzt kann der Ausgang nur aktiviert werden, wenn das Signal RSD inaktiv ist.

Der Status des RSD-Signals kann über eine Kommunikationsschnittstelle durch den Befehl `STATus:OPERation:CONDition?` abgefragt werden. In der Statusleiste des Displays wird bei aktivem Remote Shut-Down-Signal RSD angezeigt.

Bei Verwendung der Sicherheitsschaltung muss der Jumper JMP1 entfernt werden! Ansonsten wird die angelegte Spannung kurzgeschlossen und der I/O-Port kann beschädigt werden.

6.6.1.2 Lasteingang ein- und ausschalten

Durch das Eingangssignal /INP_ON kann der Lasteingang ein- und ausgeschaltet werden.

Der Eingang ist low-aktiv und kann entweder über einen entsprechenden Logikpegel oder durch ein externes Relais gesteuert werden. Der Status des Signals /INP_ON kann nicht explizit abgefragt werden.

RSD hat höhere Priorität als /INP_ON. Das heißt, eine aktive RSD-Leitung schaltet den Lasteingang aus, auch wenn /INP_ON aktiv ist.

6.6.1.3 Betriebsart der Regelung wählen

Durch das Signal MODE_CURR kann die Betriebsart für die Regelung gewählt werden.

Im unbeschalteten Zustand oder bei logisch high ist CC-Betrieb gewählt, logisch low wählt CV-Betrieb.

Die Quelle-Senke kann auch im CR- oder CP-Betrieb extern gesteuert werden. Dazu muss allerdings die Betriebsart über die Benutzer- oder über die Datenschnittstelle vorgegeben werden, nicht über den I/O-Port.

6.6.1.4 Regelgeschwindigkeit wählen

Mit dem Signal SPEED_FAST wird die Regelgeschwindigkeit gewählt.

Im unbeschalteten Zustand oder bei logisch high ist die schnelle Regelgeschwindigkeit (fast) gewählt, logisch low wählt die langsame (slow) Regelgeschwindigkeit.

6.6.1.5 Triggereingang

Durch das Signal TRIG_IN wird ein externes Trigger-Ereignis erzeugt. Die aktive Flanke ist einstellbar (siehe 4.24 Triggermodell). Nach einem Reset ist die positive Flanke ausgewählt.

6.6.1.6 Digitaler Eingang

Das Eingangssignal PROG_IN ist an keine Gerätefunktion gebunden, sondern kann für beliebige Zwecke beschaltet werden.

Externe Logikzustände können über die elektronische Last vom Steuer-PC gelesen werden.

Siehe auch: 5.11.10 PORT Subsystem.

6.6.2 Statusausgänge

Pegel der Statusausgänge
Standard-I/O-Port: s. technische Daten.
Isolierter I/O-Port: Spannungspegel kann mit Schalter SW1 (s. Abbildung 6.2) eingestellt werden.

Keine Spannungen an die Statusausgänge anlegen! Anlegen von Spannungen an die Statusausgänge kann die elektronische Last beschädigen.

6.6.2.1 Status des Lasteingangs

Das Ausgangssignal /STAT_INP_ON zeigt den Aktivierungsstatus des Lasteingangs (Input).

Der Ausgang ist low-aktiv, d. h. der Lasteingang ist aktiv, wenn das Statussignal low ist.

6.6.2.2 Überlast-Status

Das Ausgangssignal /STAT_OL zeigt den Überlaststatus. Der Überlaststatus ist das Resultat einer ODER-Verknüpfung der Einzelstatus OV, OCP, OPP, OTP.

Der Ausgang /STAT_OL ist low-aktiv. Wenn einer der Status OV, OCP, OPP, OTP aktiv ist, ist der Statusausgang /STAT_OL low.

6.6.2.3 Trigger-Ausgang

Am Trigger-Ausgang /TRIG_OUT wird ein 200 µs langer Low-Puls ausgegeben, wenn das Gerät ein Trigger-Ereignis von der konfigurierten Trigger-Quelle erkannt hat.

6.6.2.4 Programmierbarer Ausgang

Das Ausgangssignal PROG_OUT ist an keine Gerätefunktion gebunden, sondern kann für beliebige Zwecke verwendet werden.

Sie können den Ausgang nutzen, um externe Funktionen über die elektronische Last mit dem PC zu steuern.

Siehe auch: 5.11.10 PORT Subsystem.

6.7 Analoge Ein- und Ausgänge

Die elektronischen Lasten verfügen über einen analogen Steuereingang für den Sollwert der Regelung, je einen analogen Steuereingang für den Sollwert von Überstrombegrenzung und Unterspannungsschutz und zwei Monitorausgänge.

6.7.1 Analoge Eingänge

6.7.1.1 Sollwert für Regelung

Der Sollwert für die Regelung kann durch analoge Steuersignale definiert werden. <max> entspricht dem Maximalwert des Stellbereichs abhängig von der aktiven Betriebsart der Regelung.

- 5V_LEVEL: Sollwert 0 ... 5 V für 0 ... <max>
- 10V_LEVEL: Sollwert 0 ... 10 V für 0 ... <max>

Für jede Steuerspannung ist ein + Eingang (5V_LEVEL+/10V_LEVEL+) und ein - Eingang (5V_LEVEL-/10V_LEVEL-) vorhanden. Der Steuereingang 5V_LEVEL+ bzw. 10V_LEVEL+ muss mit dem positiven Ausgang der Steuerquelle verbunden werden, der Steuereingang 5V_LEVEL– bzw. 10V_LEVEL- muss mit dem negativen Ausgang der Steuerquelle verbunden werden.

Der Eingangswiderstand ist größer als 10 kΩ bei Ansteuerung über 5V_LEVEL und größer als 20 kΩ bei Ansteuerung über 10V_LEVEL.

Keine Spannungen höher als die angegebenen Endwerte (5 V/10 V) an die Steuereingänge anlegen! Spannungen größer als 20 V zerstören den Eingangsverstärker.

6.7.1.2 Sollwerte für Begrenzungen

Die Sollwerte für Überstrombegrenzung und Unterspannungsschutz können durch analoge Steuersignale definiert werden.

- PROT_C: Sollwert 0 ... 10 V für 0 ... Imax
- PROT_V: Sollwert 0 ... 10 V für 0 ... Umax

Für jede Steuerspannung ist ein + Eingang (PROT_C+/PROT_V+) und ein - Eingang (PROT_C-/PROT_V-) vorhanden. Der Steuereingang PROT_C+ bzw. PROT_V+ muss mit dem positiven Ausgang der Steuerquelle verbunden werden, der Steuereingang PROT_C- bzw. PROT_V- muss mit dem negativen Ausgang der Steuerquelle verbunden werden.

Der Eingangswiderstand ist größer als 20 kΩ.

Keine Spannungen höher als 10 V an die Steuereingänge anlegen! Spannungen größer als 20 V zerstören den Eingangsverstärker.

6.7.2 Analoge Ausgänge

Folgende analoge Ausgänge sind vorhanden:
VMON: Monitorsignal für Spannung am Lasteingang
IMON: Monitorsignal für Strom durch Lasteingang

Die Monitorsignale mit einer Ausgangsspannung von 0 ... 10 V entsprechen 0 ... 100 % des jeweiligen Messbereichs und sind auf die analoge Masse GNDA bezogen.
VMON: 0 ... 10 V für 0 ... Umax
IMON: 0 ... 10 V für 0 ... Imax

Maximale Belastung der Messausgänge: siehe technische Daten.

7 Optionen

7.1 GPIB-Datenschnittstelle (Option HES02)

Siehe 5.7 GPIB-Schnittstelle (Option HES02).

7.2 Isolierter I/O-Port (Option HES06)

Siehe 6 Externe Steuerung über I/O-Port.

8 Problembehandlung

8.1 Regelschwingungen

Häufig ist die Verkabelung Ursache von Regelschwingungen.
Lange Kabel haben hohe Eigeninduktivitäten, die das Regelverhalten der elektronischen Last beeinflussen.

Überprüfen Sie als erste Maßnahme die Verkabelung. Siehe auch 2.3 Anschluss des Prüflings, 2.3.2 Last- und Sense-Leitungen.

Verwenden Sie bei Regelgeschwindigkeit "FAST" nur sehr kurze verdrillte Lastkabel! Andernfalls ist die Gefahr von Regelschwingungen gegeben!

Beim Prüfen von Stromversorgungen oder sonstigen Schaltungen, die über einen Regelkreis eine Ausgangsgröße stabilisieren, werden beim Anschluss der elektronischen Last zwei Regler miteinander verbunden. Unter bestimmten Bedingungen, nämlich dann, wenn im Gesamtsystem eine Phasenverschiebung größer als 180° auftritt und die Verstärkung größer 1 ist, ist die Schwingungsbedingung erfüllt, und das System fängt an zu oszillieren.

Dieser Zustand ist kein Mangel der elektronischen Last, sondern ein möglicher physikalischer Zustand, der jedoch für Prüfungen unerwünscht ist. Sie können diesen Zustand dadurch vermeiden, indem Sie die Schwingungsbedingung beseitigen.

Siehe auch: 4.5 Regelgeschwindigkeit.

In der Praxis hilft zur Stabilisierung häufig ein parallel zum Lasteingang geschalteter MKT-Kondensator von ca. 1 µF mit einem Serienwiderstand von ca. 1,5 Ω (5 W).

8.2 Elektromagnetische Einkopplungen

Speziell im Widerstandsbetrieb besteht die Gefahr, dass bei Verwendung der Sense-Leitungen eine Einkopplung der stromführenden Lastkabel auf die Spannungsmessung des Gerätes erfolgt.

Da im Widerstandsbetrieb die genaue Erfassung der Spannung am Prüfling als Einstellgröße für den Strom verwendet wird, kann durch magnetische Kopplung in die Sense-Leitungen eine Mitkopplung auftreten, die das System instabil macht.

Als erste Maßnahme ist die Verringerung der Einkopplung vorzunehmen.

Das heißt:

- Verlegen Sie die Sense-Leitungen so weit wie möglich weg von den stromführenden Lastleitungen (natürlich auch weg von allen anderen stromführenden Kabeln, Netzleitungen, etc.).
- Die Sense-Leitungen miteinander verdrillen, da sich dann die magnetisch induzierte Spannung wieder aufhebt.

Siehe auch 2.3.2 Last- und Sense-Leitungen.

- Die stromführenden Leitungen miteinander verdrillen oder zumindest parallel verlegen, damit sich die Magnetfelder wenigstens teilweise kompensieren.
- Nie die Sense-Leitungen mit den stromführenden Leitungen verdrillen!
- Alle Leitungen so kurz wie möglich halten!

Wenn das alles keine Verbesserung bringt, kann ein Kondensator zwischen die Sense-Leitungen geschaltet werden.

8.3 Verzerrter Stromanstieg im dynamischen Betrieb

8.3.1 Ursachen

Zum Erreichen des bestmöglichen Stromanstieges im dynamischen Betrieb müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

- der dynamische Innenwiderstand der Spannungsquelle muss sehr gering sein. Das Einbrechen der Spannung am Lasteingang bei Stromanstieg durch das Regelverhalten der Spannungsquelle oder durch induktionsbehaftete Zuleitungen wirkt einem schnellen Stromanstieg entgegen.
- Die Impedanz der Zuleitungen muss sehr gering sein.
- Die Zuleitungen müssen induktionsarm sein. Induktive Zuleitungen (jedes Kabel hat eine induktive Komponente) ergeben zusammen mit dem Ohm'schen Widerstand eine Begrenzung der maximal möglichen Stromanstiegsgeschwindigkeit. Die Last kann keinen schnellen Stromanstieg erreichen, wenn die Anschlusskabel die Geschwindigkeit begrenzen. Außerdem wirken die Zuleitungen als Energiespeicher (Selbstinduktion) und liefern bei Entlastung Strom in Last und Prüfling zurück.

8.3.2 Messen der Stromanstiegsgeschwindigkeit

Die Messung der Stromanstiegsgeschwindigkeit darf nur mit einer Stromzange von ausreichender Geschwindigkeit erfolgen (z. B. Tektronix Current Measurement).

Die Strommessung über Messshunts ergibt meist falsche Ergebnisse, da die meisten Messshunts nicht induktionsfrei sind. Es ergeben sich bei derartigen Messungen zwangsläufig langsamere Anstiegsgeschwindigkeiten mit erheblichem Überschwingen.

8.4 Verzerrte Monitorsignale

Speziell beim Prüfen von getakteten Stromversorgungen kann es vorkommen, dass die Messsignale am I/O-Port für Spannung, Strom, etc. (IMON, VMON) verzerrt sind. Die Ursache dazu ist im Aufbau des Messkreises zu suchen.

Getaktete Stromversorgungen haben Filter im Ausgangskreis, unter anderem sogenannte Y-Kondensatoren, die vom Ausgang zur Schutzerde des Gerätes geschaltet sind.

Auch die elektronische Last und andere Messgeräte haben aus EMV-Gründen Filter eingebaut.

Durch die Common Mode Störspannung (Spannung, die beide Ausgangsanschlüsse der Stromversorgung gegenüber der Schutzerde aufweisen) fließt ein Fehlerstrom durch den Entstörkondensator über die elektronische Last oder angeschlossene Messgeräte zurück auf den Lastausgang.

Dieser Störstrom erzeugt meist hochfrequente Überlagerungen an den Messsignalen.

Besonders hohe Störspannungen werden bei dynamischen Prüfungen erzeugt.
Abhilfe schafft hier, die elektronische Last und/oder die weiteren angeschlossenen Messgeräte über Trenntransformatoren mit geringer Kopplungskapazität zu versorgen. Der Störstromkreis wird damit unterbrochen, und die Qualität der Messsignale wird verbessert.

8.5 Auswirkungen der Eingangskapazität

Jede elektronische Last hat eine gewisse Eingangskapazität (siehe technische Daten). Diese macht sich bei sauberen DC-Eingangsspannungen wenig bis gar nicht bemerkbar.

Ist die Spannung am Lasteingang jedoch mit einem Wechselspannungsanteil behaftet, ergibt sich auf dem Laststrom ebenfalls ein Wechselstromanteil abhängig von Amplitude und Frequenz der Wechselspannung. Dies ist kein Regelschwingen der elektronischen Last.

Bei hohem Amplitudenanteil bzw. hoher Frequenz des Wechselspannungsanteils kann eine Überlastung der Eingangskapazität auftreten!

Die angegebenen Genauigkeiten in den technischen Daten gelten für saubere Gleichspannungen am Lasteingang.

9 Anhang

9.1 Fehlercodes

9.1.1 Command Errors

Ein Fehlercode im Bereich [-199 ... -100] zeigt an, dass ein Syntaxfehler in einem Befehl an die elektronische Last festgestellt wurde. Wenn ein Fehler dieser Klasse auftritt, wird das Command Error Bit (Bit 5) im Event Status gesetzt.

Fehlercode		Beschreibung
-100	Command error	Allgemeiner Syntaxfehler.
-101	Invalid character	Ein syntaktisches Element enthält ein ungültiges Zeichen.
-104	Data type error	Der Parser hat ein unerlaubtes Datenelement erkannt.
-108	Parameter not allowed	Für den entsprechenden Header wurden zu viele Parameter empfangen.
-109	Missing parameter	Für den entsprechenden Header wurden zu wenige Parameter empfangen.
-110	Command header error	Ein Fehler im Header wurde erkannt.
-120	Numeric data error	Ein numerisches Datenelement ist fehlerhaft.
-130	Suffix error	Allgemeiner Suffixfehler.
-138	Suffix not allowed	Ein Suffix wurde bei einem Datenelement ohne erlaubtem Suffix erkannt.
-140	Character data error	Zeichenfehler
-150	String data error	Stringfehler
-160	Block data error	Blockdatenfehler
-170	Expression error	Ausdrucksfehler
-180	Macro error	Makrofehler

9.1.2 Execution Errors

Ein Fehlercode im Bereich [-299 ... -200] zeigt an, dass ein Fehler bei der Ausführung eines Befehls festgestellt wurde. Wenn ein Fehler dieser Klasse auftritt, wird das Execution Error Bit (Bit 4) im Event Status gesetzt.

Fehlercode		Beschreibung
-200	Execution error	Allgemeiner Ausführungsfehler
-210	Trigger error	Ein Triggerfehler ist aufgetreten.
-211	Trigger ignored	Ein Triggerereignis wurde erkannt, aber ignoriert.
-213	Init ignored	Eine Trigger-Initiierung wurde ignoriert.
-220	Parameter error	Ein Parameterfehler wurde festgestellt.
-221	Settings conflict	Ein zulässiger Befehl wurde erkannt, der aber aufgrund des momentanen Gerätezustands nicht ausgeführt werden konnte.
-222	Data out of range	Ein Parameter wurde erkannt, der außerhalb des zulässigen Wertebereichs der elektronischen Last liegt.
-224	Illegal parameter value	Ein exakter Wert aus einer Liste möglicher Parameter wurde erwartet.
-226	Lists not same length	Der Start der LIST-Funktion wurde aufgrund von unterschiedlichen Listenlängen abgebrochen.
-230	Data corrupt or stale	Ungültige Daten sind aufgetreten.
-240	Hardware error	Ein zulässiger Befehl wurde erkannt, der aber aufgrund eines Hardwarefehlers nicht ausgeführt werden konnte.
-250	Mass storage error	Ein Massenspeicher-Fehler ist aufgetreten.
-280	Program error	Ein programmbezogener Ausführungsfehler ist aufgetreten.
-290	Memory use error	Eine Benutzeranfrage hat direkt oder indirekt einen speicherbezogenen Fehler verursacht.

9.1.3 Device-specific Errors

Ein Fehlercode im Bereich [-399 ... -300] zeigt einen gerätespezifischen Fehler an, der daher weder ein Command Error, noch ein Query Error (s. u.), noch ein Execution Error ist; einige Gerätefunktionen sind möglicherweise infolge einer anormalen Hardware- oder Firmwarebedingung fehlgeschlagen. Wenn ein Fehler dieser Klasse auftritt, wird das Device-Dependent Error Bit (Bit 3) im Event Status gesetzt.

Fehlercode		Beschreibung
-300	Device-specific error	Allgemeiner gerätespezifischer Fehler
-310	System error	Ein gerätespezifischer Systemfehler ist aufgetreten.
-315	Configuration memory lost	Nichtflüchtige, in der elektronischen Last gespeicherte Konfigurationsdaten sind verloren.
-320	Storage fault	Die Firmware hat einen Fehler bei der Benutzung des Datenspeichers festgestellt.
-330	Self-test failed	Selbsttest ist fehlgeschlagen.
-340	Calibration failed	Kalibrierung ist fehlgeschlagen.
-350	Queue overflow	Die Fehler-Warteschlange ist voll, und der verursachende Fehler wurde nicht eingetragen.
-360	Communication error	Allgemeiner Kommunikationsfehler wie z. B. Parity Error oder Framing Error in Daten, die über eine serielle Schnittstelle angekommen sind.

9.1.4 Query Errors

Ein Fehlercode im Bereich [-499 ... -400] zeigt an, dass die Output-Queue-Steuerung der elektronischen Last ein Problem mit dem Nachrichtenaustausch-Protokoll festgestellt hat. Das Auftreten eines Fehlers dieser Klasse verursacht, dass das Query Error Bit (Bit 2) im Event Status Register gesetzt wird.

Fehlercode		Beschreibung
-400	Query error	Allgemeiner Abfragefehler.
-410	Query interrupted	Eine Abfrage ist unterbrochen worden.
-420	Query unterminated	Eine Abfrage wurde nicht terminiert.
-430	Query deadlocked	Eine Abfrage ist stehengeblieben (Ein- und Ausgangspuffer der elektronischen Last sind voll).

9.1.5 Nicht standardisierte Errors

Fehlercodes mit positiven Fehlernummern sind solche, die nicht im SCPI-Standard spezifiziert sind, sondern vom Hersteller der elektronischen Last.

Fehler mit positiven Fehlernummern sollten bei einem fehlerfreien Gerät nicht oder nur in Ausnahmefällen auftreten.

Die folgenden Fehlercodes können während des Firmware-Update-Vorgangs auftreten.

Fehlercode	Beschreibung
1000	Allgemeiner Update-Fehler
1002	USB-Stick nicht erkannt
1003	Update-Datei nicht gefunden
1004	Mehrere Update-Dateien für die Zielhardware vorhanden
1005	Fehler in der Update-Datei
1006	Der Bootloader stellte einen Fehler fest
1008	Die Update-Datei und die Zielhardware passen nicht zueinander

Alle anderen Fehler können aus einem Fehlverhalten oder einer Beschädigung der Last resultieren. Um genauere Informationen zu den Fehlern zu erhalten, kontaktieren Sie den H&H-Support.

9.2 Geräteparameter

Im Folgenden sind die anwender-relevanten Geräteparameter und deren Funktionen aufgelistet.

Reservierte Parameter dürfen nicht beschrieben werden!

Par. Nr.	Funktion	Wert bei Auslieferung	Zugriff
0 … 9	*reserviert*		-
10	Regelkonstante Kp für Betriebsart CP mit der Regelgeschwindigkeit FAST	0	lesen, schreiben
11	Regelkonstante Ki für Betriebsart CP mit der Regelgeschwindigkeit FAST	0.1	lesen, schreiben
12	Regelkonstante Kp für Betriebsart CP mit der Regelgeschwindigkeit MEDium	0	lesen, schreiben
13	Regelkonstante Ki für Betriebsart CP mit der Regelgeschwindigkeit MEDium	0.05	lesen, schreiben
14	Regelkonstante Kp für Betriebsart CP mit der Regelgeschwindigkeit SLOW	0	lesen, schreiben
15	Regelkonstante Ki für Betriebsart CP mit der Regelgeschwindigkeit SLOW	0.02	lesen, schreiben
16 … 19	*reserviert*		-
20	MPPT Genauigkeit	0.001	lesen, schreiben
21	MPPT Mindestspannung	10	lesen, schreiben
22 … 100	*reserviert*		-
101 …	Produktions- und Kalibrierparameter		lesen

9.3 Informationen zu Sonderausführungen

Informationen zu Sonderausführungen finden Sie in der Datei TechDat_HES_*dn*.pdf (*dn* = Gerätenummer) auf einem mitgelieferten USB-Stick.

9.4 Mitgeliefertes Zubehör

Das mitgelieferte Zubehör ist in der Datei TechDat_HES_*dn*.pdf (*dn* = Gerätenummer) auf einem mitgelieferten USB-Stick aufgeführt.

9.5 Technische Daten

Die technischen Daten zu Ihrer elektronischen Last finden Sie in der Datei TechDat_HES_*dn*.pdf (*dn* = Gerätenummer) auf einem mitgelieferten USB-Stick.

9.6 Konformitätserklärung

Die Konformitätserklärung zu Ihrer elektronischen Last finden Sie in der Datei TechDat_HES_*dn*.pdf (*dn* = Gerätenummer) auf einem mitgelieferten USB-Stick.

10 Stichwortverzeichnis

A/D-Wandler ... 136
Abkürzungen ... 19
Abtastintervall ... 117
Abwärme ... 12
Anstiegszeit ... 58
Auspacken ... 8
Batterieprüfung ... *Siehe* Entladefunktion
Bediener ... 9
Berührungsschutz ... 26
Betreiber ... 10
Betriebsart ... 50, 65, 67, 125
Betriebsbereich ... 34
CAT ... *Siehe* Messkategorie
CC ... *Siehe* Strombetrieb
Condition register ... 144
CP ... *Siehe* Leistungsbetrieb
CR ... *Siehe* Widerstandsbetrieb
Datenformat ... 120
Daten-Logging ... 70
Datenschnittstelle ... 50
DHCP ... 103
Eingangskapazität ... 182
Eingangsspannung ... 84
Eingangswiderstand ... 59
Elektronische Last ... 7
Enable Register ... 145
Entladefunktion ... 73, 121
Erdung ... *Siehe* Schutzleiter
Erholungsphase ... 75
Error Queue ... 154
Event Register ... 145
Fehlercode ... 183
FIFO ... 154
Firmware-Update ... 97
Format ... *Siehe* Datenformat
Gefährdungen ... 11
Geräusch ... 13
Gewährleistung ... 18
GPIB ... 113
Grenzwerte
  Überstrombegrenzung ... 56
  Unterspannungsschutz ... 56
    regelnd ... 56
    schaltend ... 56
Haarnetz ... 8, 12
Handschuhe ... 8, 12
Herzschrittmacher ... 13
Herzstillstand ... 11
Hilfe ... 48
Hilfsspannung ... 84
I/O-Port ... 23, 50, 87, 113, 173
IEEE 488.2 ... 99, 106, 121
Innenwiderstand ... 76
Input ... 25, 58, 178
Justierung ... *Siehe* Kalibrierung
Kalibrierung ... 17
Kennlinie ... 72
Kurzschluss ... 23, 84
Kurzzeitleistung ... 35
Lasteingangszustand ... 58
  getriggerter ... 59
Latenzzeit ... 86
Leistungsbegrenzung ... 35
Leistungsbereich ... *Siehe* Mehrbereichsgerät
Leistungsbetrieb ... 52
Lichtbogen ... 12
LIST ... 62, 131
  Abtastzeiten ... 63
  Ausführung ... 67
  Betriebsart ... 63, 64, 67
  count ... 63
  Lastprofil ... 62
  Listensatz ... 63
  Messdatenpunkt ... 63
  Mode ... 69
  Rampenzeiten ... 63
  Sollwerte ... 63
  Verweilzeiten ... 63
Lüftersteuerung ... 84
MAC-Adresse ... 103
Major Version ... 80
Master ... 80
Maximum Power Point ... 77
Mehrbereichsgerät ... 57
Messdatenpunkt ... 63
Messdatensatz ... 119
Messkategorie ... 13
Minor Version ... 80
MPPT ... 77, 128
MR ... *Siehe* Mehrbereichsgerät
Muskelverkrampfung ... 11
Nachlaufzeit ... 75
Netzanschluss ... 16
Netzkabel ... 16
Netzspannung ... 16
Netzspannungswahlschalter ... 17
Nullmodem-Kabel ... 104
OCP ... 56, 147
Operation Status ... 147
OPP ... 35, 93, 147
OTP ... 35, 93, 146, 147
OTW ... 35, 146, 147
OV ... 93, 147
Piepser ... 92
Potential ... 33
Preset ... 97
PWM-Spannung ... 91
Questionable Status ... 146
Questionable Temperature Status ... 146
Regelgeschwindigkeit ... 58

Reinigen 17
Remote 99
Reparatur 18
Reset 96, 114
Reverse Voltage 35
Ringpuffer 68, 69
RMA 19
RSD 177
RV 35, 147
SAB-HES-2CU 27
SAB-HES-2PK 27
SAB-HES-2SB 27
SAB-HES-3 29
SAB-HES-3S 29
SAB-HES-5 30
Schutzerde 182
Schutzklasse 11, 13, 16
Schutzleiter 11, 16, 22, 32
SCPI 107
Sense 25, 84
Sicherheitsabdeckung 26
Sicherheitsschuhe 8, 12
Sicherung 12, 17, 22, 23, 34
Signalpegel 174
Slave 80
Sollwert 67, 118
  getriggerter 55, 86
  immediate 54
Spannungsaufschaltung 88
Spannungsbereich ..... *Siehe* Mehrbereichsgerät
Speicherposition 94
Standard Event Status 147
Standards 76, 99
Status Byte 148
Statusmodell 144
Steuereingang
  analog 179
Steuereingänge 177
Stoppkriterium 73
Strombegrenzung ... 34, *Siehe* Überstrombegrenzung
Strombereich ..... *Siehe* Mehrbereichsgerät
Strombetrieb 51
Sweep 72, 78
Symboldatei 102
Systemeinheit 80
Systemverbund 80
Tastensperre 92, 155
Terminierung 100
Toggle 55
Totzeit 57
Trigger 86
Trigger-Ausgang 178
Triggerereignis 86
Trigger-Ereignis 87
Trigger-Flanke 88
Trigger-Freihaltezeit 86
Trigger-Holdoff 86
Triggermodell 86
Trigger-Quelle 87
Triggerverzögerung 86
TTL 176
Überspannung 12, 23, 34
Überstrom 34
Übertemperatur 35
Übertragungsrate 101, 103
Umwelt 13
Unendlich 66, 126, 132
Unterspannungsschutz 34
USB-Stick 70
UV 34, 147
UVP 147
VCP ..... *Siehe* Virtual COM Port
Verpoldiode 35, 85
Verpolung 12, 23, 35
Verzögerungszeit ..... *Siehe* Latenzzeit
Virtual COM Port 105
Wartung 17
Watchdog-Verzögerungszeit 91
Widerstandsbereich ..... *Siehe* Mehrbereichsgerät
Widerstandsbetrieb 53
Zubehör 8
ZV 113