



Elektronisch  
geregelt  
Stromversorgungen

## Bedienungsanleitung DCL 3000



Inhaltsverzeichnis:	Seite
<b>1. Produktmerkmale der DCL-Serie</b> .....	<b>5</b>
1.1 Basismerkmale .....	6
1.2 Optionen.....	6
1.3 Frontansicht DCL 3000 .....	7
1.4 Rückansicht DCL 3000 .....	7
1.5 Arbeitsbereich DCL 3000 .....	8
1.6 Dauerleistung DCL 3000.....	8
<b>2. Sicherheitshinweise und Inbetriebnahme</b> .....	<b>9</b>
2.1 Überprüfung des Lieferumfangs .....	9
2.2 Zulässige Umgebungsbedingungen.....	9
2.3 Aufstellung .....	9
2.4 Vorbereiten der Funktionsprüfung .....	10
2.5 Netzanschluss.....	10
2.6 Lastschluss .....	11
2.7 Funktionsprüfung .....	12
2.8 Befehlssyntax .....	13
2.8.1 Befehle ohne Argument .....	13
2.8.2 Befehle mit Argument .....	13
2.9 Antwort-Syntax .....	13
<b>3. Wartung</b> .....	<b>14</b>
<b>4. Betriebsarten</b> .....	<b>14</b>
4.1 I-konstant-Betrieb (IMODE) .....	14
4.2 P-konstant-Betrieb (PMODE).....	14
4.3 G-konstant-Betrieb (GMODE).....	15
4.4 U-konstant-Betrieb (UMODE) .....	15
4.5 IU-konstant-Betrieb (IUMODE) .....	15
4.6 MPP-Betrieb (MPPMODE).....	16
4.6.1 Konfiguration des MPP-Trackers (MPPMODE).....	16
4.6.1.1 Typische Kennlinien eines Solar-Panels.....	16
4.6.1.2 Charakteristiken einer Solarzelle .....	16
4.6.1.3 Funktionsweise des MPP-Trackers .....	16
4.7 Betrieb mit 2 Sollwerten (TOGGLE).....	17
4.8 Funktion Load ON/OFF.....	17
4.9 Sense-Betrieb .....	17
4.10 Funktion Einsatzpunktregelung.....	18
<b>5. Konfigurationsmöglichkeiten</b> .....	<b>19</b>
5.1 Power-Up-Konfiguration.....	19
<b>6. Der digitale PID-Regler</b> .....	<b>20</b>
6.1 Reglerkonfiguration .....	20
6.2 Koeffizientensätze.....	20
6.3 Reglerkonfiguration (Getting Started) .....	21
6.4 Eingabe der Koeffizienten .....	21
6.5 Wertebereich der Koeffizienten.....	21
6.6 Anstiegszeiten (I-Regler).....	22
6.6.1 $b_0 = f(t_r) \rightarrow$ (Diagramm).....	22

<b>7.</b>	<b>Befehle .....</b>	<b>23</b>
7.1	Abfrage Gerätekonfiguration .....	23
7.2	Auswahl Betriebsarten .....	23
7.3	Einstellung Sollwerte .....	23
7.3.1	Einstellung Sollwerte MPP-Mode .....	23
7.4	Abfrage Sollwerte .....	24
7.4.1	Abfrage Sollwerte MPP-Mode .....	24
7.5	Abfrage Istwerte .....	24
7.6	Statusabfragen .....	24
7.6.1	Abfrage DCL-Gerätestatus .....	24
7.6.2	Abfrage kumulativer Fehlerspeicher .....	25
7.7	Liste Steuerbefehle .....	26
7.8	Einstellung PID-Regler .....	27
7.8.1	Einstellung Koeffizienten .....	27
7.8.2	Einstellung Tiefpass (Rekonstruktionsfilter) .....	27
7.8.3	Einstellung Startup-Zeit .....	27
7.8.4	Einstellung Schwelle für Einsatzpunktregelung .....	28
7.8.5	Einstellung Hysterese für Einsatzpunktregelung .....	28
7.9	Abfrage PID-Regler .....	28
7.9.1	Abfrage Koeffizienten .....	28
7.9.2	Abfrage Tiefpass (Rekonstruktionsfilter) .....	28
7.9.3	Abfrage Startup-Zeit .....	28
7.9.4	Abfrage Schwelle für Einsatzpunktregelung .....	28
7.9.5	Abfrage Hysterese für Einsatzpunktregelung .....	28
7.10	<b>Schnittstellenbefehle .....</b>	<b>29</b>
7.10.1	Konfigurationsbefehle .....	29
7.10.2	Abfrage der Schnittstellenkonfiguration .....	29
7.11	Sonderbefehle .....	29
7.12.	IEEE488-Befehle .....	30
7.12.1	IEEE488 Status Reporting Common Commands .....	30
7.12.2	IEEE488 Common Commands .....	32
<b>8.</b>	<b>Schutzfunktionen .....</b>	<b>34</b>
8.1	Überspannungsschutz .....	34
8.2	Übertemperaturschutz .....	34
8.2.1	Übertemperatur-Vorwarnung .....	34
8.2.2	Übertemperatur-Abschaltung .....	34
8.3	Leistungsbegrenzung .....	34
8.4	Verpolschutz .....	34
<b>9.</b>	<b>NOT-AUS .....</b>	<b>35</b>
<b>10.</b>	<b>Lastanschlüsse .....</b>	<b>35</b>
<b>11.</b>	<b>Sense-Anschlüsse .....</b>	<b>35</b>
<b>12.</b>	<b>Modulationseingang .....</b>	<b>35</b>
<b>13</b>	<b>Master-Slave-Betrieb .....</b>	<b>36</b>
13.1	Konfigurationsbefehle .....	36
13.2	Rückmeldungen im Master-Slave-Betrieb .....	37
13.2.1	Ausgabe als Summenmeldung .....	37
13.2.2	Ausgabe als Auflistung .....	37
13.3	Fehlermeldungen im Master-Slave-Betrieb .....	37

<b>14</b>	<b>Schnittstellen.....</b>	<b>38</b>
14.1	USB-Schnittstellen (1x Frontplatte, 1x Rückwand).....	38
14.2	RS232-Schnittstelle.....	38
14.3	IEEE488-Schnittstelle .....	39
14.3.1	Festlegen der IEEE488-Adresse .....	39
14.3.2	Abfrage der IEEE488-Adresse.....	39

## 1. Produktmerkmale der DCL-Serie

Die elektronische Last der Serie DCL ist eine DC-Stromsenke neuester Technologie, mit modernster digitaler Regelungstechnik, extrem hoher Leistungsdichte und galvanischer Trennung zwischen Lastkreis und Steuerelektronik. Durch das vollständig digitale Design eröffnen sich ungeahnte Möglichkeiten in Bezug auf Bedienerfreundlichkeit und Flexibilität. Das Herzstück dieser Lastserie ist ein digitaler PID-Regler mit einer Abtastfrequenz  $f_a = 100$  kHz. Die Charakteristik des Reglers wird über drei Koeffizienten  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  bestimmt, welche als Digitalwerte gespeichert sind und per Software-Befehle verändert werden können. Zur Anpassung an die Regelstrecke bzw. zur Optimierung des Regelverhaltens müssen keine Bauteile geändert werden, sondern es genügt, maximal diese drei Koeffizienten zu verändern. Das Gerät verfügt über 2 Schnittstellen, die gleichzeitig aktiv sein können. Hiermit ist es möglich, dass das Gerät über die Schnittstelle auf der Rückseite von der Anwender-Software gesteuert wird, während über die USB-Schnittstelle auf der Frontplatte, z.B. mit einem Laptop, eine Überwachung und Konfiguration des Systems bzw. eine Optimierung des Reglers vorgenommen wird. Außerdem können für die Start-Phase, von Last EIN bis zum Erreichen des Arbeitspunktes, spezielle Koeffizienten festgelegt werden. Konkret bedeutet dies, dass der Regelkreis mit der Regelcharakteristik 1 „hochgefahren“ wird, und der Regler nach Erreichen des Sollwertes automatisch und unterbrechungsfrei auf die Regelcharakteristik 2 umgestellt wird. Damit lassen sich auch extrem schwierige Regelstrecken beherrschen. Für jede Betriebsart können je 2 benutzerdefinierte Reglerkonfigurationen abgespeichert werden. Neben den benutzerdefinierten Konfigurationen steht für jede Betriebsart eine Werkseinstellung zur Verfügung, die als Basis für die Regleroptimierung benutzt werden kann. Zusätzlich kann eine benutzerdefinierte Gerätekonfiguration als Power-Up-Konfiguration festgelegt werden. Beim nächsten Einschalten startet das Gerät mit dieser Konfiguration. Neben den Standard-Betriebsmodi Stromkonstant-, Leistungskonstant-, Widerstandskonstant-, Leitwertkonstant- und Spannungskonstantbetrieb stehen zwei weitere Betriebsarten für Akkumulatoren- und Solarzellentests zur Verfügung. Über den Modulationseingang können hochfrequente Signale auf das Ausgangssignal des Reglers aufmoduliert werden. Die Last ist eigensicher und schützt sich selbst. Sie verfügt über eine Überspannungs-, Unterspannungs- und Übertemperaturabschaltung sowie über eine Leistungsbegrenzung. Die Lüfter sind temperaturabhängig geregelt. Das Gerät ist mit einer Not-Aus-Funktion ausgerüstet, die rein in Hardware ausgeführt ist. Bei Aktivierung dieser Funktion wird die Last sofort, ohne Beteiligung der Firmware und ohne Berücksichtigung des aktuellen Gerätestatus in den Zustand Load\_OFF versetzt. (im Zustand Load\_OFF ist der Laststrom 0A, unabhängig von der Betriebsart und der Lastspannung). Das Gerät meldet die Not-Aus-Abschaltung über das Gerätestatus-Register und durch gleichzeitiges Blinken aller Fehler-LED auf der Frontplatte.

## 1.1 Basismerkmale

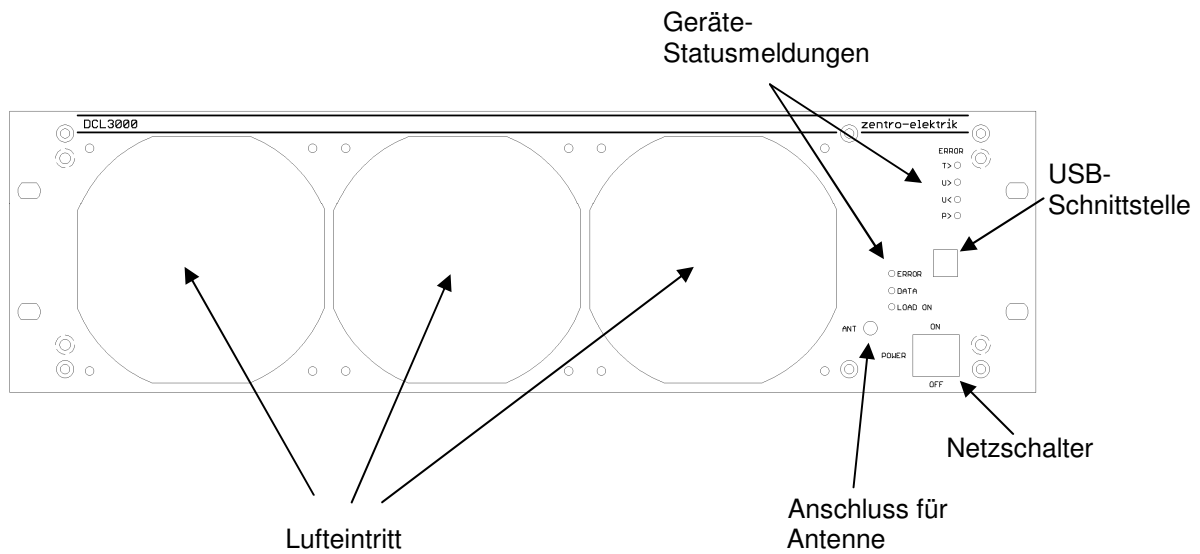
- Gehäuse 19“ 3HE
  - Abmessungen (B x H x T): 132,5 x 447 x 542 mm
- Leistung 3000 Watt
- Lastspannungsbereich 0,35 – 60V
- Laststrombereich 0 – 320A
- Betriebsarten I-, P-, G-, R-, U-konstant, IU-Betrieb und MPP-Betrieb
- Einsatzpunktregelung (Unterspannungsabschaltung einstellbar)
- Master-Slave Betrieb (digital)
- Not-Aus-Funktion (Hardware)
- Eigensicherheit durch:
  - Leistungsbegrenzung
  - Strombegrenzung
  - Verpolschutz
  - Überspannungsschutz
  - Übertemperaturschutz
- 2 USB-Schnittstellen, die gleichzeitig aktiv sein können
- 2 Sollwerte für jede Betriebsart
- Taktbetrieb mit frei wählbarer Umschaltfrequenz
- Modulationseingang
- Master-Slave-Betrieb mit max. 5 Geräten (1Master / 4 Slaves)
  - nur gleiche Geräte mit kompatibler Firmware.
- Abrufbare Werkskonfiguration für jede Betriebsart
- 2 benutzerdefinierte Reglerkonfigurationen pro Betriebsart (Hauptkonfiguration + Startkonfiguration)
- Benutzerdefinierte Power-Up-Gerätekonfiguration
- Lüfterdrehzahl abhängig von der Kühlkörpertemperatur
- Normalbetrieb / Sense-Betrieb wählbar

u.v.m.

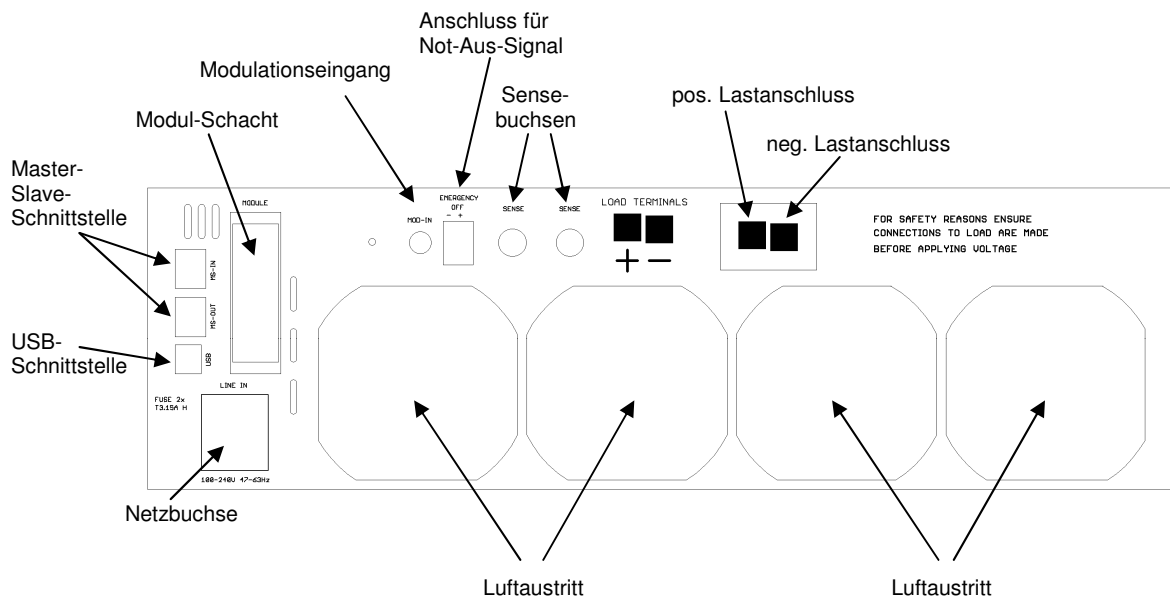
## 1.2 Optionen

- Isolierte RS232 Schnittstelle
- Interface IEEE488.2 (GPIB) (auf Anfrage)
- Analogschnittstelle (auf Anfrage)
- LAN-Schnittstelle (auf Anfrage)
- WLAN-Schnittstelle (auf Anfrage)

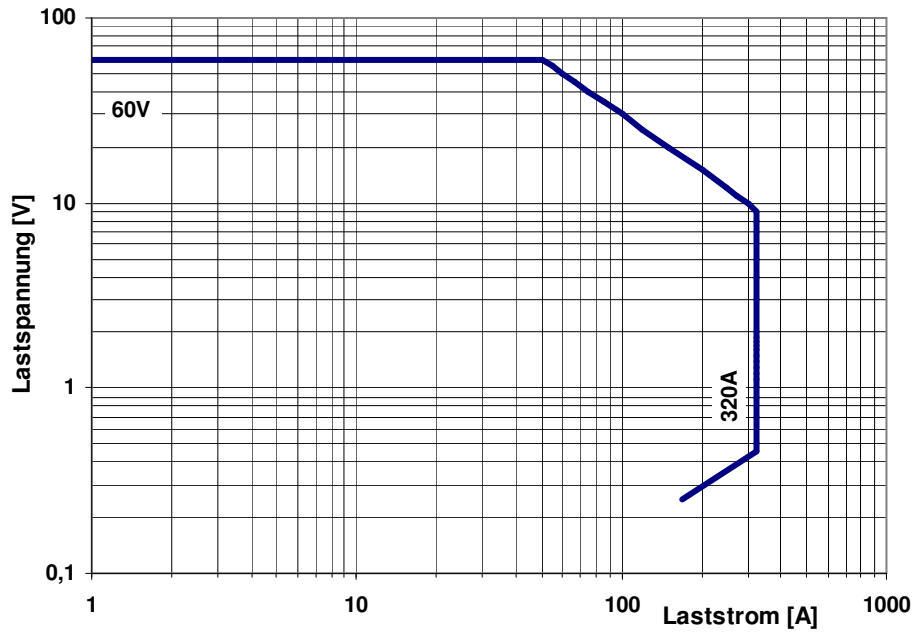
## 1.3 Frontansicht DCL 3000



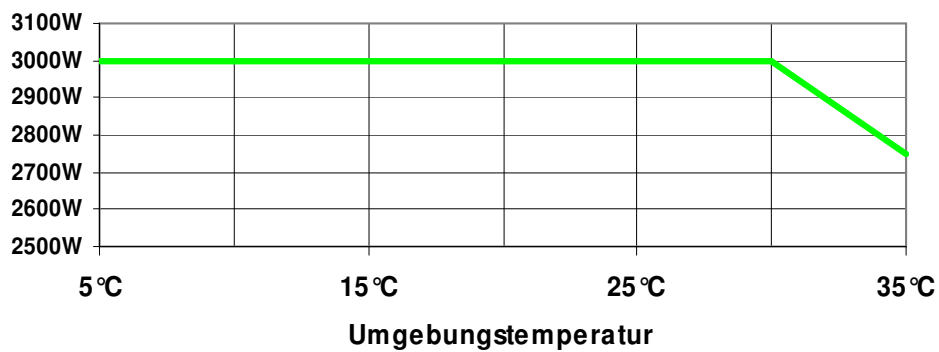
## 1.5 Rückansicht DCL 3000



## 1.6 Arbeitsbereich DCL 3000



## 1.6 Dauerleistung DCL 3000



## 2. Sicherheitshinweise und Inbetriebnahme



**Vor Einschalten des Gerätes Betriebsanleitung beachten!**  
**Das Gerät sollte nur von Fachpersonal in Betrieb genommen werden.**

### 2.1 Überprüfung des Lieferumfangs

Zum Standard-Lieferumfang gehören:

- 1 elektronische Last
- 1 Netzkabel
- 1 Bedienungsanleitung



**Bitte überprüfen Sie gleich beim Auspacken des Gerätes**  
• **ob der Lieferumfang vollständig ist (Vergleich mit Bestellung)**  
• **ob sichtbare äußere Beschädigungen vorliegen.**

**Bei sichtbaren Beschädigungen oder befinden sich im Gerät lose Teile, darf das Gerät nicht in Betrieb genommen werden!**

### 2.2 Zulässige Umgebungsbedingungen

- Verwendung in trockenen Innenräumen
- Temperaturbereich 5 – 35 °C
- max. 80% rel. Feuchte bis 30 °C, linear abnehmend bis 50% rel. Feuchte bei 35 °C
- Hohe bis 2000m ü.NN
- Verschmutzungsgrad 2 (**keine leitfähigen Verschmutzungen, z.B. Metallstaub**)



### 2.3 Aufstellung



**Gerät ausschließlich an den Griffen vorn und hinten anheben bzw. tragen!**

Um Beschädigungen des Gerätes zu vermeiden, darf das Gerät ausschließlich an den Griffen angehoben, bewegt oder getragen werden. Wir empfehlen, das Gerät waagrecht zu transportieren und zu lagern.

Die Stromschienen sind so dimensioniert, dass sie nicht über die hinteren Griffe hinausragen. Wenn Adapter oder sonstige Anschlusselemente an die Lastanschlüsse montiert wurden, die über die Griffe hinausragen, darf das Gerät nie senkrecht abgestellt werden! Da in diesem Fall das Gewicht des Gerätes nicht ausschließlich auf den Griffen ruht, sondern auch auf den Stromschienen, kann es zur erheblichen Beschädigungen im innern des Gerätes kommen. Diese Beschädigungen sind von der Garantie ausgeschlossen!

Durch das hohe Eigengewicht von circa 26kg des Gerätes müssen im 19“-Rack an der Einbauposition Tragschienen montiert werden. Das Gerät muss auf den Tragschienen aufliegen. Die Frontplatte dient zur Fixierung des Gerätes.

Wählen Sie den Aufstellungsort so, dass die Lastleitungen kurz gehalten werden können, d.h. möglichst nah an der zu prüfenden Stromversorgung bzw. Spannungsquelle.



## **Ausreichende Luftzirkulation ermöglichen!**

Beachten Sie beim Aufstellen oder dem Einbau der elektronischen Last, dass die Kühlluft ungehindert ein- und austreten kann, d.h. die Lüftungsöffnungen vorne und hinten dürfen nicht bedeckt werden. Bei zu geringem Luftdurchsatz kann der Übertemperaturschutz ansprechen.

Vor der Last sollten sich keine leichten, unbefestigten Teile befinden. Bei Maximallast können, bedingt durch den großen Luftdurchsatz, leichte Teile (z.B. Papier) angesaugt werden, die dann den Luftstrom behindern und als Folge zur Übertemperaturabschaltung führen.

Hinter dem Gerät muss ein Mindestabstand von mindestens 50cm zu einem Hindernis eingehalten werden.



## **Thermischen Kurzschluss vermeiden!**

Thermischer Kurzschluss (die warme Abluft wird vom Gerät vorne wieder angesaugt) muss verhindert werden.

## **2.4**

### **Vorbereiten der Funktionsprüfung**



**Vor dem Anschluss des Gerätes sind die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen z.B. aus der Normenreihe VDE 0100/0110 oder andere spezifische Sicherheitsbestimmungen zu beachten.**

**Das Gerät entspricht der Schutzklasse 1. Der Schutzleiter des Gerätes muss mit dem Schutzleiteranschluss des Versorgungsnetzes verbunden sein. Der Aufbau ist in jedem Fall so auszuführen, dass Spannung führende Teile nicht berührt werden können.**



**Achtung: Weite Kleidungs- und Schmuckstücke ablegen. Weite Kleidungs- und Schmuckstücke können sich im Gerät verfangen und Verletzungen und Geräteschäden verursachen.**

**Lange Haare vom Gerät fernhalten. Lange Haare können sich im Gerät verfangen und Verletzungen und Geräteschäden verursachen.**

**Niemals Schraubendreher, Kugelschreiber oder andere Werkzeuge in das Gerät hineindrücken. Ansonsten kann es zu einem Stromschlag kommen, der ausreichend stark sein kann, um schwere oder tödliche Verletzungen sowie Geräteschäden zu verursachen.**

## **2.5**

### **Netzanschluss**

Nur Netzkabel mit Schutzleiteranschluss verwenden. Stellen Sie sicher, dass der Schutzleiteranschluss des Gerätes mit dem Schutzleiteranschluss der Versorgung verbunden ist. Achten Sie auf die richtige Netzspannung. Das Gerät ist durch zwei Primärsicherungen geschützt. Bevor diese gewechselt werden, ist das Netzkabel zu entfernen.

**Das Gerät darf nur von einer ausgebildeten Elektro-Fachkraft geöffnet werden. Vor dem Öffnen des Gerätes müssen die Netzleitung und die Lastleitungen entfernt werden!**

**In geöffnetem Zustand darf das Gerät nicht betrieben werden!**

## 2.6 Lastanschluss

Die korrekte Herstellung des Lastkreises ist die wichtigste Voraussetzung für das sichere und ordnungsgemäße Funktionieren jedes Messaufbaus mit einer elektronischen Last.



**Stellen Sie den Lastkreis nur im spannungslosen Zustand her!**

**Die Lastspannung darf erst angelegt werden, wenn das Gerät eingeschaltet ist!**

(Netzschalter auf Position I)

Beachten Sie folgende Punkte:

- Halten Sie die Lastleitungen so kurz wie möglich.
- Halten Sie die Plus- und Minusleitung gleich lang.
- Führen Sie die Lastleitungen unbedingt **parallel, ohne Abstand** bzw. **verdriht**.
- Wählen Sie die Leitungsquerschnitte ausreichend groß. (Stromdichte  $< 2A/mm^2$  Cu)
- Beachten Sie den zulässigen Arbeitsbereich der elektronischen Last.
- Vermeiden Sie Spannungen an den Lastklemmen bei ausgeschalteter Last.
- Bei Spannungsquellen ohne Strom- bzw. Leistungsbegrenzung sollte unbedingt eine geeignete **Sicherung in den Lastkreis** eingebaut werden.



- **Niemals** eine Spannungsquelle verpolt anschließen. Bei Verpolung unterbrechen interne Schmelzsicherungen den Lastkreis und müssen ausgetauscht werden. Außerdem kann die Spannungsquelle bzw. der Prüfling beschädigt werden. (siehe auch 4.6.5)



- **Niemals** bei angelegter Lastspannung und fließendem Laststrom den Lastkreis unterbrechen. Die dabei entstehenden Spannungsspitzen können die Last und angeschlossene Messgeräte beschädigen oder zerstören. Je nach Spannung und Laststrom kann ein Lichtbogen entstehen, der zur Beschädigung der Last und zu erheblichen **Verletzungen** führen kann!



**Der Anschluss der Lastleitungen muss so ausgeführt sein, dass bei gefährlichen Lastkreisspannungen der Berührungsschutz gewährleistet ist. Lebensgefahr durch hohe Ströme und Spannungen! Schützen Sie daher nach Aufbau des Lastkreises alle Strom führenden Verbindungen durch geeignete Maßnahmen vor versehentlicher Berührung.**

## 2.7 Funktionsprüfung

### Durchführung der Funktionsprüfung

- Stellen Sie den Lastkreis bei ausgeschalteter Last und Spannungsquelle her.
- Beachten Sie die Hinweise aus Kapitel 2.1 - 2.6
- Schalten Sie elektronische Last ein (Netzschalter in Position „I“). Alle Anzeigen müssen für ca. 2s leuchten.
- Nach Ablauf der 2s leuchtet nur noch die rote U< LED. Da keine Lastspannung anliegt, wird die Fehlermeldung U< (Lastspannung zu klein) angezeigt.
- Starten Sie ein Terminalprogramm, z.B. Windows® Hyper-Terminal
- Konfigurieren Sie das Terminalprogramm: 9600 Baud, 1 Startbit, 8 Datenbits, 1 Stoppbit, no Parity sowie LF als Endezeichen für die Eingabe.

Alternativ kann das LabView® Demoprogramm benutzt werden. Das Demo kann nur auf Systemen ausgeführt werden, auf denen NI-LabView® und der VISA-Treiber installiert sind.

- Drücken Sie einmal die Return-Taste. Nun sollten sowohl die gelbe DATA-LED und die rote ERROR-LED kurz aufleuchten. Ist dies nicht der Fall, findet keine Datenübertragung statt. Eine Ursache kann eine nicht korrekte Konfiguration des Terminalprogramms sein.

#### → Bitte Hinweise aus Kapitel 2.8 beachten.

- Senden Sie den Befehl: **IDN?**
  - Dieser Befehl fordert den Identify-String an.
  - Antwort: DCL3000/60/320 SN:100012 (Beispiel für Serien-Nr. 12)
- Senden Sie den Befehl: **LOAD\_OFF**
  - Dieser Befehl stellt sicher, dass die Last im gesperrten Zustand ist ( $I_L = 0A$ ).
- Schalten Sie die Spannungsquelle ein. Stellen Sie eine Spannung im Bereich 1V bis 60V ein. Nun dürfen keine Fehlermeldungen mehr angezeigt werden.
- Senden Sie den Befehl: **UL?**
  - Dieser Befehl fragt die aktuelle Lastspannung ab
  - Antwort: Aktuelle Lastspannung
- Senden Sie den Befehl: **IMODE**
  - Dieser Befehl schaltet die Last in den Stromkonstant-Modus
- Senden Sie den Befehl: **SP\_A**  **5**
  - Dieser Befehl setzt den Sollwert A auf 5A
- Senden Sie den Befehl: **SP\_B**  **10**
  - Dieser Befehl setzt den Sollwert B auf 10A
- Senden Sie den Befehl: **CHAN\_A**
  - Dieser Befehl legt den Sollwert A als aktiven Sollwert fest
- Senden Sie den Befehl: **LOAD\_ON**
  - Dieser Befehl schaltet die Last in den aktiven Zustand.
- Senden Sie den Befehl: **IL?**
  - Dieser Befehl fragt den aktuellen Laststrom ab
  - Antwort: 5.000

Der angezeigte Laststrom entspricht dem gewählten Sollwert A

- Senden Sie den Befehl: **CHAN\_B**
  - Dieser Befehl legt den Sollwert B als aktiven Sollwert fest. Da die Last sich im Zustand Last\_EIN befindet, erhöht sich der Laststrom auf 10A.
- Senden Sie den Befehl: **IL?**
  - Dieser Befehl fragt den aktuellen Laststrom ab
  - Antwort: 10.000
  - Der angezeigte Laststrom entspricht dem gewählten Sollwert B
- Senden Sie den Befehl: **PL?**
  - Dieser Befehl fragt die aktuelle Lastleistung ab
  - Antwort: Aktuelle Lastleistung in Watt
- Senden Sie den Befehl: **LOAD\_OFF**
  - Dieser Befehl schaltet die Last in den gesperrten Zustand ( $I_L = 0A$ ).
- Senden Sie den Befehl: **IL?**
  - Dieser Befehl fragt den aktuellen Laststrom ab
  - Antwort: 0.000
- Schalten Sie die Spannungsquelle aus.
- Schalten Sie elektronische Last aus (Netzschalter in Position „0“).
- Entfernen Sie die Lastleitungen.

Hinweis: Sie können mit **SP\_A** und **SP\_B** beliebige Werte zwischen 0 und 320A einstellen. Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass der Maximalstrom der zu prüfenden Spannungsquelle nicht überschritten wird. Der Laststrom kann nur innerhalb des Arbeitsbereiches der Last eingestellt werden. Bei Überschreitung der maximalen Lastleistung begrenzt eine interne Schutzschaltung den Laststrom. Wenn die Schutzschaltung den Laststrom begrenzt, leuchtet die gelbe P> -LED auf der Frontplatte.

## 2.8 Befehlssyntax

### 2.8.1 Befehle ohne Argument

Befehl <LF>

### 2.8.2 Befehle mit Argument

Befehl □ Argument <LF>

Hinweis: Befehle ohne <LF> werden nicht ausgeführt.  
Statt <LF> können die Befehle auch mit <CR><LF> abgeschlossen werden werden.

## 2.9 Antwort-Syntax (Antwort auf Abfragebefehle)

Antwort <CR> <LF>

Zeichenerklärung:

□ = Leerzeichen (Space, 0x20)  
<CR> = (Carriage Return, 0x0D)  
<LF> = (Line Feed, 0x0A)

## 3. Wartung

Das Gehäuse darf nur mit einem trockenen oder leicht feuchten Tuch gereinigt werden. Die Reinigung der Lüftungsöffnungen sollte durch Absaugen erfolgen, um einen Schmutzeintrag ins Geräteinnere zu vermeiden.

Die Reinigungsintervalle sind vom Aufstellort und vom Reinheitsgrad der Luft abhängig.



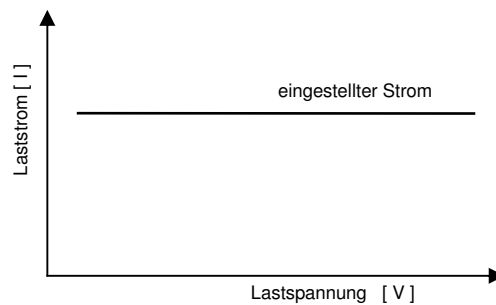
**Achtung:** Vor der Reinigung ist das Gerät von allen externen Stromkreisen zu trennen.

**Leitfähige Verschmutzungen, z.B. durch Metallstaub müssen unbedingt vermieden werden. Leitfähige Verschmutzung kann die Sicherheit und die Funktion des Gerätes beeinträchtigen.**

## 4. Betriebsarten

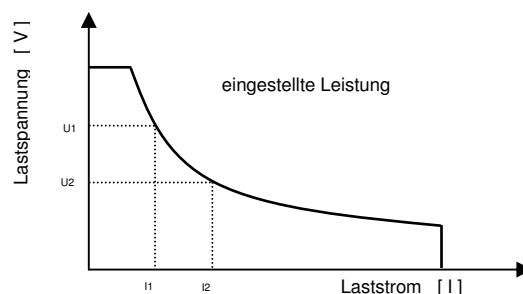
### 4.1 I-konstant-Betrieb (IMODE)

In diesem Mode entspricht der Laststrom dem eingestellten Sollwert, unabhängig von der Lastspannung. Ist es der Quelle nicht möglich den geforderten Stromsollwert zu liefern, wird die elektronische Last ein Regelungsfehlerverhalten zeigen.



### 4.2 P-konstant-Betrieb (PMODE)

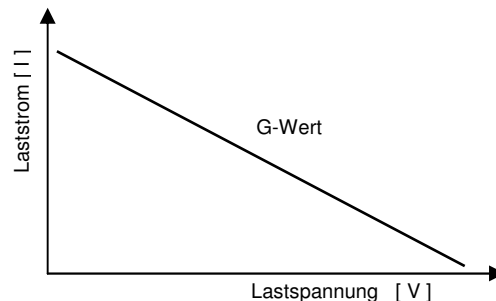
Der Laststrom ist abhängig vom eingestellten Sollwert **und** von der Lastspannung. Die Last verhält sich wie ein Verbraucher mit konstanter Leistungsaufnahme ( $I = P / U$ ).



### 4.3 G-konstant-Betrieb (GMODE)

In diesem Mode ist der Laststrom abhängig vom eingestellten Sollwert **und** von der Lastspannung. Die Last verhält sich wie ein ohmscher Widerstand ( $I = U \cdot G$ ;  $G = 1/R$ ).

Hinweis: Die maximal zulässige Lastspannung darf nicht überschritten werden. Ferner kann ein zu groß gewählter Leitwert den maximalen Ausgangsstrom des angeschlossenen Systems überschreiten und damit ein Fehlverhalten der Last hervorrufen.

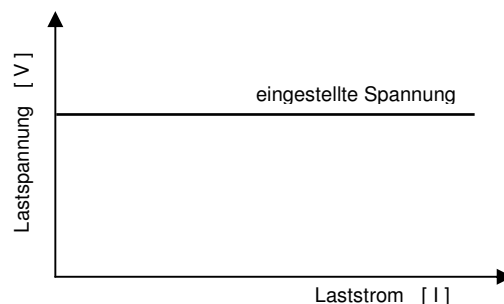


### 4.4 U-konstant-Betrieb (UMODE)

Der Laststrom ist abhängig vom eingestellten Sollwert **und** von der Lastspannung. Die Last verhält sich wie ein Shunt-Regler. Bei Quellen mit Ursprung > Sollwert erhöht sich der Laststrom, bis der Spannungsabfall über dem Innenwiderstand der Quelle der Differenz zwischen Sollwert und Ursprung entspricht.

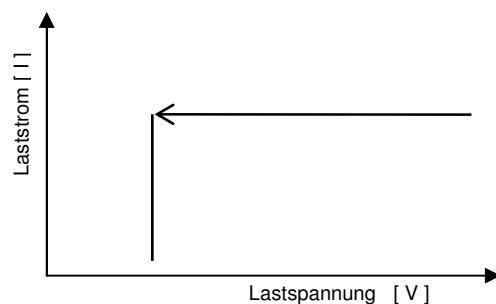
Lastspannungen < Sollwert:  $I_L = 0A$ ,  
 Lastspannungen  $\geq$  Sollwert:  $0A < I_L \leq 320A$

$$I_L = \frac{(U_o - U_{Soll})}{R_i}$$



### 4.5 IU-Betrieb (IUMODE)

In diesem Mode befindet sich die Last nach EIN im Modus I-konstant-Betrieb (IMODE). Die Last verhält sich, wie unter Punkt 4.1 beschrieben. Aktiver Sollwert für den I-konstant-Betrieb ist der Sollwert A. Sinkt die Lastspannung unter die mit Sollwert B eingestellte Schwellenspannung, wechselt die Last in den U-konstant-Betrieb (UMODE) und verhält sich wie unter Punkt 4.4 beschrieben. Aktiver Sollwert für den U-konstant-Betrieb ist Sollwert B. Die Last bleibt im U-konstant-Betrieb, bis der Zustand Last AUS eingenommen wird.

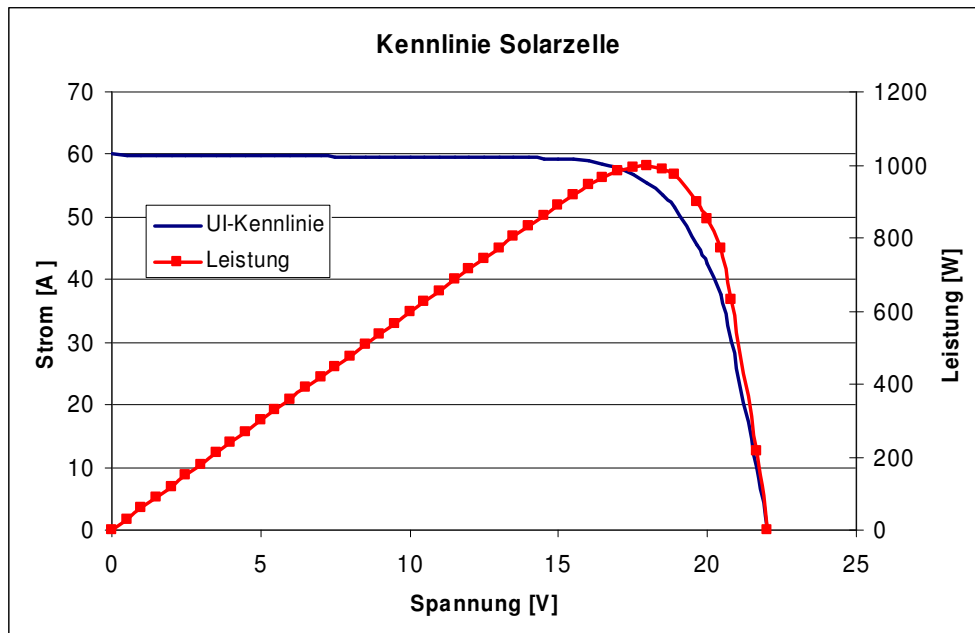


#### 4.6 MPP-Betrieb (MPPMODE)

Der MPP-Mode (MPP = Maximum Power Point) wird zum Test von Solarzellen und Solarmodulen benötigt. Im MPP-Mode wird aus der Quelle immer die maximale Leistung entnommen. Das Kernelement dieser Betriebsart ist ein in Firmware optimierter MPP-Tracker. Zur Konfiguration dieses MPP-Trackers müssen der Startwiderstand, die minimale und maximale Schrittweite ( $\Delta G$ ) angegeben werden.

##### 4.6.1 Konfiguration des MPP-Trackers (MPPMODE)

###### 4.6.1.1 Typische Kennlinien eines Solar-Panels



###### 4.6.1.2 Charakteristiken einer Solarzelle

Im Bereich von der Leerlaufspannung bis zum MPP hat die Solarzelle die Charakteristik einer Spannungsquelle. Im Bereich vom MPP bis 0V hat die Solarzelle die Charakteristik einer Stromquelle.

###### 4.6.1.3 Funktionsweise des MPP-Trackers

Der MPP-Tracker-Algorithmus arbeitet mit variabler Schrittweite. Die Schrittweite  $\Delta G$  wird mit zunehmendem Abstand des Arbeitspunktes zum MPP vergrößert. Dadurch werden die Tracking - Geschwindigkeit erhöht und der Rippel im MPP reduziert. Im Bereich des MPP wird mit minimaler Schrittweite (MPP\_min) gearbeitet. Mit zunehmendem Abstand zum MPP nimmt die Schrittweite zu bis MPP\_max. Für besondere Zwecke steht ein Skalierungsfaktor MPP\_K zur Verfügung.

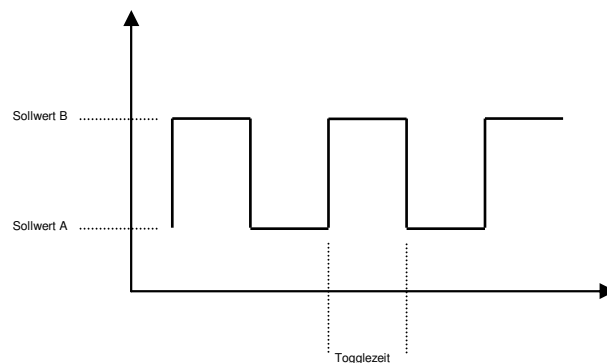
Nach Last EIN startet der MPP-Tracker mit dem Startleitwert (MPP\_G). Nun wird ermittelt, in welchem Bereich der Kennlinie sich der momentane Arbeitspunkt befindet und wie groß der Abstand zum MPP ist. Als Ergebnis dieser Berechnung erfolgt eine Änderung des Lastleitwertes um  $\Delta G$ . Da  $\Delta G$  im Bereich MPP\_min und MPP\_max liegen kann, darf MPP\_max nicht zu groß gewählt werden. Bei Vergrößerung von MPP\_max wird der MPP nach Last\_EIN schneller erreicht. Wird MPP\_max zu groß gewählt, ist der MPP-Tracker ggf. nicht stabil. Es sollten mindestens 2 Schritte mit  $\Delta G = \text{MPP\_max}$  zwischen Leerlauf und MPP benötigt werden. MPP\_min bestimmt die Schrittweite im Bereich des MPP. Da der Lastleitwert bei jedem Durchlauf des MPP-Trackers immer um mindestens  $\pm \text{MPP\_min}$  variiert wird, resultiert daraus ein  $\Delta P$ -Rippel. Bei Vergrößerung von MPP\_min wird  $\Delta P$ -Rippel größer, bei zu kleinem MPP\_min wird die Reaktion auf eine Änderung der Beleuchtungsstärke der Solarmodule langsamer.

#### 4.7 Betrieb mit 2 Sollwerten

Für die Standard-Betriebsarten können zwei unabhängige Sollwerte eingestellt werden.

Die Auswahl des aktiven Sollwertes erfolgt mit den Befehlen **CHAN\_A** für Sollwert A und **CHAN\_B** für Sollwert B.

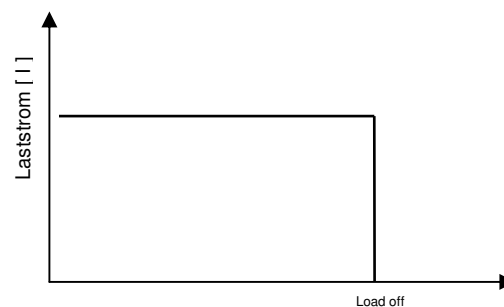
- Der Befehl **CHAN\_A** legt den Sollwert A als aktiven Sollwert fest. (Festlegen des Sollwertes A mit dem Befehl SP\_A)
- Der Befehl **CHAN\_B** legt den Sollwert B als aktiven Sollwert fest. (Festlegen des Sollwertes B mit dem Befehl SP\_B)
- Der Befehl **TOGGLE** startet den Taktbetrieb. Dabei wird abwechselnd Sollwert A und Sollwert B als aktiver Sollwert festgelegt. (Die aktive Zeit pro Sollwert kann mit dem Befehl **TOGGLE\_TIME** festgelegt werden). Die Togglefunktion kann mit einem erneuten Schreiben des Befehls **CHAN\_A** oder **CHAN\_B** wieder deaktiviert werden.



#### 4.8 Funktion Load ON/OFF

Der Befehl **LOAD\_OFF** schaltet die Last in den gesperrten Zustand. Der Laststrom wird immer 0A gestellt, unabhängig vom eingestellten Sollwert.

Der Befehl **LOAD\_ON** schaltet die Last in den aktiven Zustand. Der Laststrom ist abhängig von der Betriebsart und vom eingestellten Sollwert.



#### 4.9 Sense-Betrieb

Im Sense-Betrieb wird für die internen Berechnungen die Spannung an den Sense-Buchsen verwendet. Diese Funktion wird verwendet, um Fehler im P-, G- und U-Mode, bedingt durch Spannungsabfälle über den Lastleitungen, zu eliminieren.



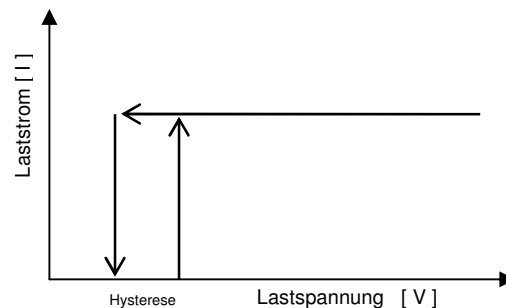
**Wird bei nicht angeschlossen Fühlerleitungen in den Sense-Betrieb geschaltet, können die Betriebsarten P-, G-, U, UI- und MPP-Mode nicht korrekt funktionieren und mit UL? werden falsche Spannungswerte gemeldet.**

**Der maximale Spannungsabfall über der negativen Lastleitung darf max. 7V betragen.** Der Spannungsabfall über der pos. Lastleitung ist unkritisch, es muss aber gewährleistet werden, dass die maximal zulässige Sense-Spannung ( $U_{L\_max} + 15\%$ ) nicht überschritten wird.

#### 4.10 Funktion Einsatzpunktregelung

Die Einsatzpunktregelung ist eine spezielle Schutzeinrichtung für angeschlossene Quellen. Damit können z.B. Akkumulatoren vor Tiefentladung geschützt werden.

Sinkt die Lastspannung beim Betrieb mit Einsatzpunktregelung unter eine vorgegebene Minimalspannung, wird der Laststrom auf 0A geschaltet. Steigt die Lastspannung wieder über die vorgegebene Minimalspannung, wird nach Überschreiten der Hysterese die aktuelle Betriebsart wieder aktiviert. Die Hysterese muss ausreichend groß gewählt werden. Die erforderliche Hysterese kann einfach bestimmt werden, indem die Differenz der Lastspannungen zwischen `LOAD_ON` mit eingestelltem Sollwert und `LOAD_OFF` ermittelt wird. Die Hysterese muss mindestens 0,2V größer sein als die Spannungsdifferenz. Bei zu geringer Hysterese schwingt die Last, da nach dem Wiedereinschalten die Minimalspannung sofort wieder unterschritten wird! (Die Hysterese ist auf 0,5V voreingestellt). Die Minimalspannung und die Hysterese können mit den Befehlen `CUTOFF_VOLT` bzw. `CUTOFF_HYST` eingestellt und mit den Befehlen `CUTOFF_VOLT?` bzw. `CUTOFF_HYST?` abgefragt werden. Die Einsatzpunktregelung kann mit den Befehlen `V_CUTOFF_ON` aktiviert und `V_CUTOFF_OFF` deaktiviert werden.



Hinweis: Die Einsatzpunktregelung ist in den Betriebsarten U-Mode und IU-Mode nicht verfügbar.

## 5. Konfigurationsmöglichkeiten

Die Regelcharakteristik des digitalen PID-Reglers wird über drei Koeffizienten  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  festgelegt. Zu jeder Betriebsart steht ein vollständiger Koeffizientensatz, bestehend aus Hauptkoeffizienten, Haupt-Tiefpass, Startup-Koeffizienten, Startup-Tiefpass und Startupzeit im EEPROM zur Verfügung. Nach dem Einschalten (Netz) wird der PID-Regler mit den EEPROM-Werten konfiguriert. Für welche Betriebsart das Gerät nach dem Einschalten konfiguriert wird, hängt von den Festlegungen in der Power-Up-Konfiguration ab. Als Default ist I-Mode ohne Startup mit speziellen Reglerparametern eingestellt. Diese Default-Einstellung kann mit dem Befehl **SAVE\_DCL\_SC** durch eine benutzerspezifische Konfiguration überschrieben werden. Für jede Betriebsart ist eine Werkseinstellung verfügbar, die mit den Befehlen **LOAD\_FCx** geladen werden kann. Änderungen an den Werkseinstellungen sind nicht möglich. Für jede Betriebsart kann eine benutzerdefinierte Regler-Konfiguration mit den Befehlen **SAVE\_CCx** gespeichert und mit den Befehlen **LOAD\_CCx** geladen werden. (x entspricht dem jeweiligen Mode).

Die Reglerkonfiguration kann mit den entsprechenden Befehlen jederzeit geändert werden, auch wenn der Regler aktiv ist ( $\rightarrow$  Load\_ON). Alle Änderungen wirken sich sofort aus, d.h. die Regelcharakteristik verändert sich entsprechend. Änderungen an der Startup-Konfiguration wirken sich erst nach dem nächsten Load\_ON-Befehl aus. Konfigurationsänderungen wirken sich nicht auf die im EEPROM gespeicherten Werte aus. Damit sie nach dem Ausschalten des Gerätes noch zur Verfügung stehen, müssen sie im EEPROM mit den Befehlen **SAVE\_CCx** gespeichert werden. Nach Änderungen bzw. Optimierungsversuchen kann entweder die neue Konfiguration ins EEPROM übernommen oder durch Laden der gespeicherten Einstellung die letzte Reglerkonfiguration wieder hergestellt werden.

### 5.1 Power-Up-Konfiguration

Das Gerät wird nach dem Einschalten entsprechend der Festlegungen in der Power-Up-Konfiguration konfiguriert.

In der Power-Up-Konfiguration sind die Einstellungen des Gesamtgerätes hinterlegt:

- Betriebsart
- Reglerkonfiguration
- Startup-Mode
- Sense-Mode
- Einsatzpunktregelung
- Master-Slave-Mode
- usw.

Mit dem Befehl **SAVE\_DCL\_SC** wird die aktuelle Konfiguration als **Power-Up-Konfiguration** festgelegt.

Hinweis: Vor dem eigentlichen SAVE-Befehl, muss das EEPROM mit dem Befehl **ENEE** freigegeben und abschließend mit dem Befehl **DSEE** wieder gesperrt werden.

## 6. Der digitale PID-Regler

Beim digitalen Regler wird die Regelcharakteristik durch die Parameter  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  (Digitalwerte) bestimmt.

→ Zur Änderung der Regeleigenschaften müssen **keine Bauteile getauscht** werden!

### Regelalgorithmus:

$$y_0 = y_{-1} + \underset{\uparrow}{(b_0 * e_0)} + \underset{\uparrow}{(b_1 * e_{-1})} + \underset{\uparrow}{(b_2 * e_{-2})}$$

$b_0, b_1, b_2$	→ Regelkoeffizienten
$y_0$	→ neuer Ausgabewert
$y_{-1}$	→ letzter Ausgabewert
$e_0$	→ aktuelle Regelabweichung
$e_{-1}$	→ Regelabweichung beim letzten Durchlauf
$e_{-2}$	→ Regelabweichung beim vorletzten Durchlauf

### 6.1 Reglerkonfiguration

Über die Koeffizienten  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  wird die Regelcharakteristik eingestellt.

**Achtung: Mit falschen Koeffizienten funktioniert das Gerät nicht!**

### 6.2 Koeffizientensätze

Es gibt für jede Basisbetriebsart (I-, P-, G-, U-Mode) zwei Koeffizientensätze.

- ▶ Hauptkoeffizientensatz
  - Koeffizienten  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$
  - Tiefpass (Rekonstruktionsfilter)
- ▶ Startup-Koeffizientensatz
  - Startup-Koeffizienten  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$
  - Startup-Tiefpass (Rekonstruktionsfilter)
  - Startup-Zeit

Dieser Koeffizientensatz ist im Startup-Mode nach **Load\_ON** für die mit **START\_TIME** eingestellte Zeit aktiv. Danach wird der Regler unterbrechungsfrei mit den Werten des Hauptkoeffizientensatzes konfiguriert.

## 6.3 Reglerkonfiguration (Getting Started)

- ▶ **Es wird empfohlen mit einer reinen I-Charakteristik zu beginnen.**
- ▶ Beim I-Regler wird die Charakteristik durch  $b_0$  bestimmt, die Koeffizienten  $b_1$  und  $b_2$  sind 0. (Rückwärts-Rechteckregel)
- ▶ Die abrufbaren Werkskonfigurationen konfigurieren I-Regler mit unterschiedlicher Regelzeit, abhängig von der gewählten Betriebsart.
- ▶ Bei Lastkreisen, deren Charakteristik nicht genau bekannt ist, sollte eine möglichst große Nachstellzeit  $T_n$  eingestellt werden. (langsamer Regler  $\rightarrow$  kleine Werte für  $b_0$ )
- ▶ Zur Bestimmung der Koeffizienten eines PID-Reglers gibt es Literatur. (z.B. Einführung in die Regelungstechnik, Mann/Schiffelgen/Froriep, Hanser-Verlag)

## 6.4 Eingabe der Koeffizienten

Die Eingabe der Koeffizienten erfolgt in der Form:  $b_n * 2^{16}$

Beispiel:  $b_0 = 0,125 \rightarrow \text{Wert} = 0,125 * 2^{16} = 8192 \rightarrow \text{Befehl: PID\_B0 8192}$

Einstellung der Hauptkoeffizienten

- PID\_B0 Wert Einstellung Reglerkoeffizient  $b_0$
- PID\_B1 Wert Einstellung Reglerkoeffizient  $b_1$
- PID\_B2 Wert Einstellung Reglerkoeffizient  $b_2$

Einstellung der Startupkoeffizienten

- START\_B0 Wert Einstellung Startupkoeffizient  $b_0$
- START\_B1 Wert Einstellung Startupkoeffizient  $b_1$
- START\_B2 Wert Einstellung Startupkoeffizient  $b_2$

## 6.5 Wertebereich der Koeffizienten

Bei der Berechnung des neuen Ausgabewertes entsprechend des unter Punkt 5 aufgeführten Regelalgorithmus darf kein Überlauf der internen Variablen auftreten. Dies ist nur gewährleistet, wenn das Endergebnis und alle Zwischenergebnisse innerhalb des zulässigen Wertebereichs liegen. (Bei Überlauf werden positive Zahlen zu negativen und umgekehrt, was zu nicht vorhersehbaren Ergebnissen führt!) Werden die Koeffizienten innerhalb des Wertebereichs für den sicheren Betrieb gewählt, tritt kein Überlauf auf.

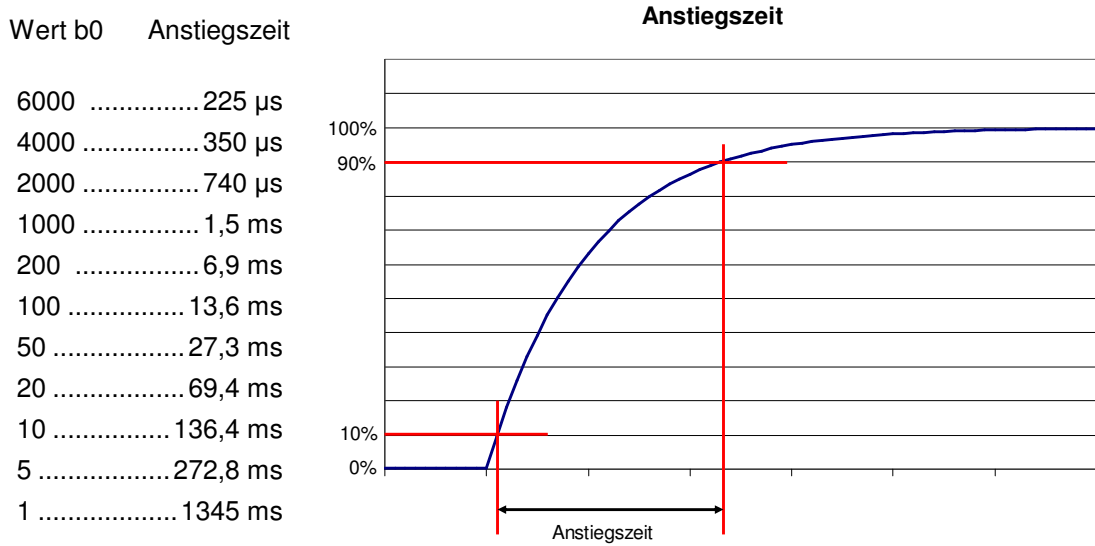
Wertebereich der Koeffizienten  $b_0 - b_2$  für den sicheren Betrieb:

$b_n : \pm 2^{-16} \dots 2,3 \rightarrow \text{Wert} = b_n * 2^{16}$

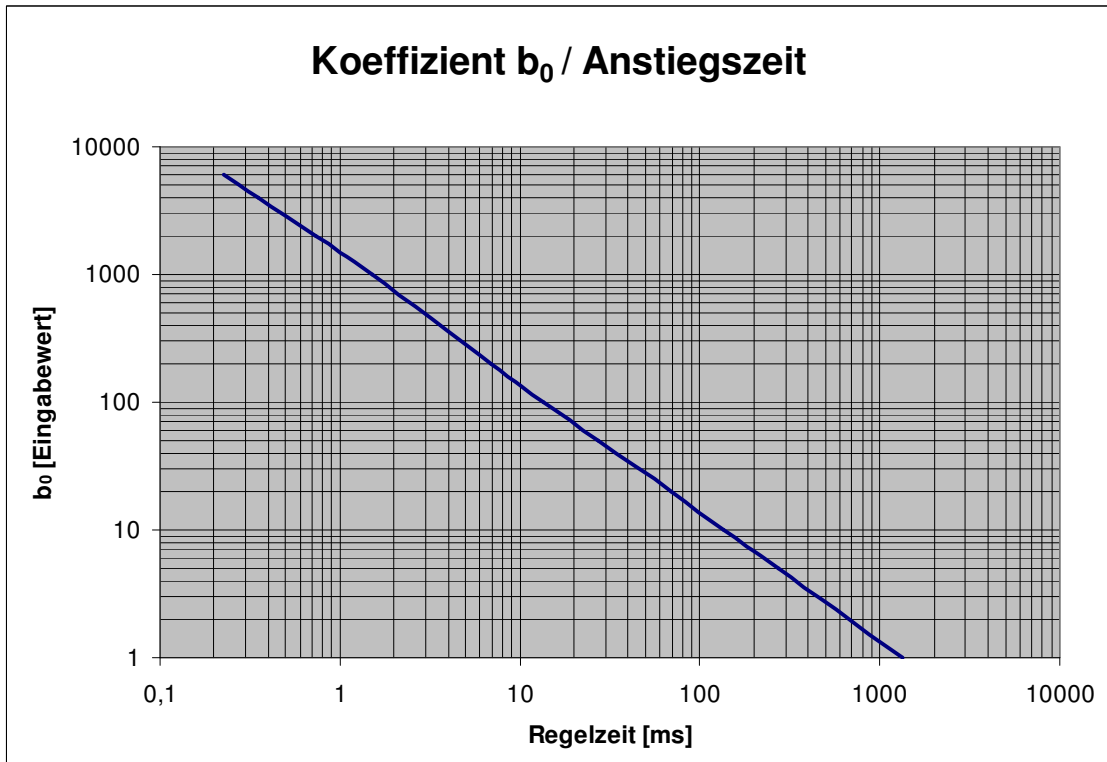
## 6.6 Anstiegszeiten (I-Regler)

Anstiegszeiten in Abhängigkeit von  $b_0$  ( $b_1=0; b_2=0$ )

→ Anstiegszeit = Zeit zwischen 10 % und 90 % des Sollwertes)



### 6.6.1 $b_0 = f(t_r)$ (Diagramm)



## 7. Befehle

### 7.1 Abfrage Gerätekonfiguration

**\*IDN?** oder **IDN?** Abfrage Identify-String

Antwort: String mit 24 Zeichen

Beispiel: DCL3000/60/320␣SN:100005

DCL → Typ DCL  
3000 → max. Lastleistung 3000W  
60 → max. Lastspannung 60V  
320 → max. Laststrom 320A  
␣ → Leerzeichen (Space)  
100005 → Geräte-Nr. 100005

**FIRMWARE?** Abfrage Firmware-Version

Antwort: String mit 26 Zeichen

Beispiel: Firmware Vx.xx/Vx.xx/Vx.xx

**MODULE?** Abfrage Modultyp

Antwort: String mit max. 26 Zeichen

Mögliche Antworten: No Module, RS232 Interface, IEEE488 Interface, Error

### 7.2 Auswahl Betriebsarten

**IMODE** Wählt den I-Mode

**PMODE** Wählt den P-Mode

**GMODE** Wählt den G-Mode

**UMODE** Wählt den U-Mode

**IUMODE** Wählt den IU-Mode

**MPPMODE** Wählt den MPP-Mode

**Hinweis: Bei jedem Mode-Wechsel wird automatisch LOAD\_OFF ausgeführt!**

### 7.3 Einstellung Sollwerte

**SP\_A**␣<f\_Wert> Vorgabe Sollwert A

**SP\_B**␣<f\_Wert> Vorgabe Sollwert B

<f\_Wert> Dezimalzahl (Vor- und Nachkommateil durch Punkt getrennt)

#### 7.3.1 Einstellung Sollwerte MPP-Mode

**MPP\_MAX**␣<f\_Wert> Einstellung max. Schrittweite (Leitwert)

**MPP\_MIN**␣<f\_Wert> Einstellung min. Schrittweite (Leitwert)

**MPP\_G**␣<f\_Wert> Einstellung Start-Leitwert

**MPP\_K**␣<f\_Wert> Einstellung Skalierungsfaktor K

<f\_Wert> Dezimalzahl (Vor- und Nachkommateil durch Punkt getrennt)

## 7.4 Abfrage Sollwerte

**SP\_A?** Abfrage Sollwert A  
**SP\_B?** Abfrage Sollwert B  
 Antwort: Dezimalzahl, 3 Nachkommastellen

### 7.4.1 Abfrage Sollwerte MPP-Mode

**MPP\_MAX?** Lesen max. Schrittweite (Leitwert)  
**MPP\_MIN?** Lesen min. Schrittweite (Leitwert)  
**MPP\_K?** Lesen Faktor K  
**MPP\_G?** Lesen Start-Leitwert  
 <Antwort> Dezimalzahl (Vor- und Nachkommateil durch Punkt getrennt)

## 7.5 Abfrage Istwerte

**UL?** Abfrage Lastspannung  
**IL?** Abfrage Laststrom  
**ULM?** Abfrage Spannung am Lastmodul  
 Antwort: Dezimalzahl, 3 Nachkommastellen  
  
**PL?** Abfrage Lastleistung  
 Antwort: Dezimalzahl, 1 Nachkommastelle  
  
**TMAX?** Abfrage Kühlkörpertemperatur  
 Antwort: Dezimalzahl, 1 Nachkommastelle

## 7.6 Statusabfragen

**7.6.1 DCL\_STAT?** **Abfrage DCL-Gerätstatus**  
 Antwort: Hexadezimalzahl 0x[d]d  
 d = Hexadezimale Ziffer, [d] optionale Ziffer

### Status-Flags

Bit 0	Load ON	
Bit 1	-	
Bit 2	-	
Bit 3	Meldung U<	
Bit 4	Meldung U>	
Bit 5	Meldung P>	
Bit 6	Meldung T>	
Bit 7	Meldung T> Vorwarnung	
Bit 8	-	
Bit 9	-	
Bit 10	Master-Slave Betrieb	
Bit 11	Mode Bit0	Mode dual codiert:
Bit 12	Mode Bit1	IMODE = 1
Bit 13	Mode Bit2	PMODE = 2
Bit 14	Mode Bit3	GMODE = 3
Bit 15	NOT-AUS aktiv	UMODE = 4
		IUMODE = 5
		MPPMODE = 6

## 7.6.2 C\_STAT\_DCL? Abfrage kumulativer Fehlerspeicher

Antwort: Hexadezimalzahl 0x[d]d  
d = Hexadezimale Ziffer, [d] optionale Ziffer

Im kumulativen Fehlerspeicher werden alle aufgetretenen Fehler gespeichert. Eine Abfrage liefert den Inhalt des Fehlerspeichers und **löscht** diesen. (Der Fehlerspeicher ist flüchtig, d.h. gespeicherte Fehler gehen beim Ausschalten des Gerätes verloren.)

### Error-Flags

Bit 0	Command-Error
Bit 1	Execution-Error
Bit 2	Argument-Error
Bit 3	EEPROM-Error
Bit 4	INIT-Error
Bit 5	-
Bit 6	-
Bit 7	-
Bit 8	-

### Command-Error

Das Command-Error-Flag wird gesetzt, wenn ein Befehl nicht im Befehlssatz enthalten ist oder syntaktische Fehler aufweist. (unzulässiger Befehl, Befehl falsch geschrieben)

### Execution-Error

Das Execution-Error-Flag wird gesetzt, wenn ein Befehl syntaktisch korrekt war, aber trotzdem nicht ausgeführt werden kann.

Mögliche Ursachen:

- Es wird versucht, einen Sollwert zu programmieren, der außerhalb des zulässigen Bereichs liegt, z.B. negativer Sollwert, Sollwert > Maximalwert.
- Es wird versucht, eine nicht zulässige Konfiguration vorzunehmen.
- Es wird versucht, Daten in das EEPROM zu speichern, ohne dass Schreibzugriffe auf das EEPROM freigegeben sind. Der Schreibzugriff auf das EEPROM muss mit dem Befehl ENEE freigegeben werden. (Nach der Speicherung der Daten aus Sicherheitsgründen mit DSEE den Zugriff wieder sperren!)

### Argument-Error

Das Argument eines Befehles war nicht angegeben oder fehlerhaft.

### EEPROM-Error

Beim Schreiben oder Lesen des EEPROM ist ein Fehler aufgetreten.



### INIT-Error

**Bei der Geräteinitialisierung ist ein Fehler aufgetreten. Da die einwandfreie Funktion des Gerätes nur nach einer fehlerfreien Initialisierung gewährleistet ist, darf das Gerät bei Auftreten eines Initialisierungsfehlers nicht mehr betrieben werden.**

Fehlerbehebung: Schalten Sie das Gerät aus und nach 10 Sekunden wieder ein. Ist das INIT-Error-Flag immer noch aktiv, **darf das Gerät nicht weiter betrieben werden!**

Nehmen Sie bitte Kontakt mit unserer Serviceabteilung auf.

## 7.7 Liste Steuerbefehle

<b>LOAD_ON</b>	Schaltet die Last aktiv
<b>LOAD_OFF</b>	Schaltet die Last in den inaktiven Zustand
<b>CHAN_A</b>	Wählt Sollwert A als aktiven Sollwert
<b>CHAN_B</b>	Wählt Sollwert B als aktiven Sollwert
<b>TOGGLE</b>	Wählt den Taktbetrieb (Zyklische Umschaltung zwischen Sollwert A und B)
<b>TOGGLE_TIME</b> $\square$ <b>&lt;i_Wert&gt;</b>	Einstellung der Umschaltzeit für Toggle-Mode Wert:1 - 26280000ms (1ms – 7h 18min)
<b>SENSE_ON</b>	aktiviert Sense-Betrieb
<b>SENSE_OFF</b>	deaktiviert Sense-Betrieb
<b>STARTUP_ON</b>	aktiviert Betrieb mit speziellen Reglerparametern nach Load_ON
<b>STARTUP_OFF</b>	deaktiviert Betrieb mit speziellen Reglerparametern nach Load_ON
<b>V_CUTOFF_ON</b>	aktiviert die Einsatzpunktregelung
<b>V_CUTOFF_OFF</b>	deaktiviert die Einsatzpunktregelung
<b>CUTOFF_VOLT</b> $\square$ <b>&lt;f_Wert&gt;</b>	Einstellung der Schwelle für die Einsatzpunktregelung
<b>CUTOFF_HYST</b> $\square$ <b>&lt;f_Wert&gt;</b>	Einstellung der Hysterese für d. Einsatzpunktregelung
<b>UL_MEAN_ON</b>	Aktiviert die Mittelwertbildung für Spannungsmessung
<b>UL_MEAN_OFF</b>	Deaktiviert die Mittelwertbildung für Spannungsmessung
<b>IL_MEAN_ON</b>	Aktiviert die Mittelwertbildung für Strommessung
<b>IL_MEAN_OFF</b>	Deaktiviert die Mittelwertbildung für die Strommessung
<b>PL_MEAN_ON</b>	Aktiviert die Mittelwertbildung für Leistungsmessung
<b>PL_MEAN_OFF</b>	Deaktiviert die Mittelwertbildung für Leistungsmessung
<b>ENEE</b>	Schreibzugriff für EEPROM-Bereich freigeben
<b>DSEE</b>	Schreibzugriff für EEPROM-Bereich sperren
<b>SAVE_CCI</b>	Speichert die Regler-Parameter für I-Mode
<b>SAVE_CCP</b>	Speichert die Regler-Parameter für P-Mode
<b>SAVE_CCG</b>	Speichert die Regler-Parameter für G-Mode
<b>SAVE_CCU</b>	Speichert die Regler-Parameter für U-Mode
<b>SAVE_CCIU</b>	Speichert die Regler-Parameter für IU-Mode
<b>SAVE_CCMPP</b>	Speichert die Regler-Parameter für MPP-Mode
<b>LOAD_CCI</b>	Lädt die Benutzer-Einstellungen für I-Mode
<b>LOAD_CCP</b>	Lädt die Benutzer-Einstellungen für P-Mode
<b>LOAD_CCG</b>	Lädt die Benutzer-Einstellungen für G-Mode
<b>LOAD_CCU</b>	Lädt die Benutzer-Einstellungen für U-Mode
<b>LOAD_CCIU</b>	Lädt die Benutzer-Einstellungen für IU-Mode
<b>LOAD_CCMPP</b>	Lädt die Benutzer-Einstellungen für MPP-Mode
<b>LOAD_FCI</b>	Lädt die Werkseinstellungen für I-Mode
<b>LOAD_FCP</b>	Lädt die Werkseinstellungen für P-Mode
<b>LOAD_FCG</b>	Lädt die Werkseinstellungen für G-Mode
<b>LOAD_FCU</b>	Lädt die Werkseinstellungen für U-Mode
<b>LOAD_FCIU</b>	Lädt die Werkseinstellungen für IU-Mode
<b>LOAD_FCMPP</b>	Lädt die Werkseinstellungen für MPP-Mode

<b>SAVE_DCL_SC</b>	Legt die aktuelle Betriebsart und die aktuelle Konfiguration als Power-Up-Einstellung fest.
<i_Wert>	Dezimalzahl (ganzzahlig)
<f_Wert>	Dezimalzahl (Vor- und Nachkommateil durch <u>Punkt</u> getrennt)

## 7.8 Einstellung PID-Regler

**PID-Stellungsalgorithmus:**  $y_k = y_{k-1} + (b_0 * e_k) + (b_1 * e_{k-1}) + (b_2 * e_{k-2})$

$y_k$	neuer Ausgabewert
$y_{k-1}$	Ausgabewert beim letzten Durchlauf
$e_k$	aktuelle Regeldifferenz
$e_{k-1}$	Regeldifferenz beim letzten Durchlauf
$e_{k-2}$	Regeldifferenz beim vorletzten Durchlauf

### 7.8.1 Einstellung Koeffizienten

<b>PID_B0</b> □ <i_Wert>	Einstellung Reglerkoeffizient $b_0$
<b>PID_B1</b> □ <i_Wert>	Einstellung Reglerkoeffizient $b_1$
<b>PID_B2</b> □ <i_Wert>	Einstellung Reglerkoeffizient $b_2$
<b>START_B0</b> □ <i_Wert>	Einstellung Startup-Reglerkoeffizient $b_0$
<b>START_B1</b> □ <i_Wert>	Einstellung Startup-Reglerkoeffizient $b_1$
<b>START_B2</b> □ <i_Wert>	Einstellung Startup-Reglerkoeffizient $b_2$
<b>AUX1_B0</b> □ <i_Wert>	Einstellung 2. Reglerkoeffizient $b_0$ im Kombi-Mode (z.B. IU-Mode)
<b>AUX1_B1</b> □ <i_Wert>	Einstellung 2. Reglerkoeffizient $b_1$ im Kombi-Mode (z.B. IU-Mode)
<b>AUX1_B2</b> □ <i_Wert>	Einstellung 2. Reglerkoeffizient $b_2$ im Kombi-Mode (z.B. IU-Mode)
<i_Wert>	Dezimalzahl (ganzzahlig) Wert = $b_n * 2^{16}$ ( $b_n \in \mathbb{R}$ ; Wert $\in \mathbb{Z}$ ) Wertebereich für $b_n$ : $\pm 2^{-16} \dots 2,3$
Hinweis:	Im IU-Mode werden mit den AUX1-Befehlen die Reglerkoeffizienten für den U-Regler eingestellt.

### 7.8.2 Einstellung Tiefpass (Rekonstruktionsfilter)

<b>LPF_PID</b> □ <i_Wert>	Einstellung für Hauptregler
<b>LPF_START</b> □ <i_Wert>	Einstellung für Startup des Hauptreglers
<b>LPF_AUX1</b> □ <i_Wert>	Einstellung für 2. Regler im Kombi-Mode
<i_Wert>	0,1,2,3
Hinweis:	Im IU-Mode wird mit dem AUX1-Befehl der Tiefpass für den U-Regler eingestellt.

### 7.8.3 Einstellung Startup-Zeit

<b>START_TIME</b> □ <i_Wert>	Einstellung der Startup-Zeit in $\mu\text{s}$
<i_Wert>	100 $\mu\text{s}$ ... 0,4s Wertebereich 100 ... 400000 $\mu\text{s}$

**7.8.4 Einstellung Schwelle für Einsatzpunktregelung**

**CUTOFF\_VOLT** <f\_Wert> Einstellung der Startup-Zeit in  $\mu\text{s}$   
 <f\_Wert> 0V ...  $U_{L_{\max}}$

**7.8.5 Einstellung Hysterese für Einsatzpunktregelung**

**CUTOFF\_HYST** <f\_Wert> Einstellung der Startup-Zeit in  $\mu\text{s}$   
 <f\_Wert> 0V ... max. Hysterese

**7.9 Abfrage PID-Regler****7.9.1 Abfrage Koeffizienten**

**PID\_B0?** Lesen des Reglerkoeffizienten  $b_0$   
**PID\_B1?** Lesen des Reglerkoeffizienten  $b_1$   
**PID\_B2?** Lesen des Reglerkoeffizienten  $b_2$

**START\_B0?** Lesen des Startup-Reglerkoeffizienten  $b_0$   
**START\_B1?** Lesen des Startup-Reglerkoeffizienten  $b_1$   
**START\_B2?** Lesen des Startup-Reglerkoeffizienten  $b_2$

**AUX1\_B0?** Lesen des 2. Reglerkoeffizienten  $b_0$  für Kombi-Mode  
**AUX1\_B1?** Lesen des 2. Reglerkoeffizienten  $b_1$  für Kombi-Mode  
**AUX1\_B2?** Lesen des 2. Reglerkoeffizienten  $b_2$  für Kombi-Mode

Antwort: Ganze Zahl  $\rightarrow b_n = \text{Antwort} / 2^{16}$

**7.9.2 Abfrage Tiefpass (Rekonstruktionsfilter)**

**LPF\_PID?** Lesen Tiefpass für Hauptregler  
**LPF\_START?** Lesen Tiefpass für Startup des Hauptreglers  
**LPF\_AUX1?** Lesen Tiefpass für 2. Regler im Kombi-Mode

Antwort: Ganze Zahl im Bereich 0 - 3.

**7.9.3 Abfrage Startup-Zeit**

**START\_TIME?** Lesen der Startup-Zeit in  $\mu\text{s}$

Antwort: 100 ... 400000 $\mu\text{s}$  ( $\rightarrow$  100 $\mu\text{s}$  ... 0,4s)

**7.9.4 Abfrage Schwelle für Einsatzpunktregelung**

**CUTOFF\_VOLT?** Lesen der Spannungsschwelle in V

Antwort: 0 ...  $U_{L_{\max}}$

**7.9.5 Abfrage Hysterese für Einsatzpunktregelung**

**CUTOFF\_HYST?** Lesen der Hysterese in V

Antwort: 0 ... max. Hysterese

## 7.10 Schnittstellenbefehle (nur für die Schnittstelle auf der Geräterückseite verfügbar)

### 7.10.1 Konfigurationsbefehle

**U1\_BAUD**  $\square$  *<i\_Wert>* Einstellung der Baud-Rate  
<i\_Wert> 9600, 19200, 38400, 115200

**U1\_PARITY**  $\square$  *<i\_Wert>* Einstellung der Parität  
<i\_Wert> 0, 1, 2  
0 = no Parity  
1 = odd Parity  
2 = even Parity

### 7.10.2 Abfrage der Schnittstellenkonfiguration

**U1\_BAUD?** Lesen der eingestellten Baud-Rate  
Antwort: Baudrate (9600, 19200, 38400, 115200, Error)

**U1\_PARITY?** Lesen der eingestellten Parität  
Antwort: Parität (NO Parity, ODD Parity, EVEN Parity, Error)

### 7.11 Sonderbefehle

**ENEE** Schreibzugriff für EEPROM-Bereich freigeben.  
Bevor eine Konfiguration mit SAVE\_CCx oder mit SAVE\_DCL\_SC im EEPROM abgespeichert werden kann, **muss** zuvor mit ENEE der Schreibzugriff freigegeben werden.

**DSEE** Schreibzugriff für EEPROM-Bereich sperren.  
Nachdem eine Konfiguration mit SAVE\_CCx oder mit SAVE\_DCL\_SC im EEPROM abgespeichert wurde, sollte aus Sicherheitsgründen mit DSEE der Schreibzugriff auf das EEPROM gesperrt werden.

## 7.12. IEEE488-Befehle

### 7.12.1 IEEE488 Status Reporting Common Commands

#### \*STB?

Meldet den Inhalt des **Status-Byte-Registers** zurück.  
Liefert dasselbe Ergebnis wie ein Serial-Poll.

Antwort

0 ... 255

Bit	Gewichtung	Name	Bedeutung
7	128	---	
6	64	MSS Master Summary Status	Summenbit aller freigegebenen Statusbits im Status-Byte-Register. Dieses Bit löst eine Service-Request-Anforderung aus.
5	32	ESB Event Status Bit	Wird gesetzt, wenn ein oder mehrere Bits im Event Statusregister gesetzt sind.
4	16	MAV Message Available	Wird gesetzt, wenn eine Nachricht im Antwort-Buffer vorliegt.
3	8	LES Load Error Status	Wird gesetzt, wenn eine oder mehrere Fehlermeldungen aktiv sind. (U<, U>, P>, T> ...)
2	4	---	
1	2	---	
0	1	LON	Wird gesetzt, wenn die elektronische Last im Zustand Load ON ist.

#### \*ESR?

Meldet den Inhalt des **Event-Status-Registers** zurück und **löscht** das Event-Status-Register.

Antwort

0 ... 255

Bit	Gewichtung	Name	Bedeutung
7	128	PON Power-On	Wird beim Einschalten gesetzt.
6	64	URQ User-Request	immer 0
5	32	CME Command Error	Wird gesetzt, wenn ein Syntaxfehler aufgetreten ist.
4	16	EXE Execution Error	Wird gesetzt, wenn ein Befehl syntaktisch richtig war, aber nicht ausgeführt werden konnte. z.B. Wert außerhalb des Bereichs usw.
3	8	DDE Device Dependent Error	Wird gesetzt, wenn ein interner Fehler aufgetreten ist.
2	4	QYE Query Error	Wird gesetzt, wenn versucht wird, eine Nachricht aus dem Antwort-Buffer zu lesen und keine Nachricht vorliegt.
1	2	RQC Request Control	immer 0
0	1	OPC Operation Complete	Wird gesetzt, wenn alle vor dem *OPC-Befehl gesendeten Befehle ausgeführt wurden.

**\*ESI?**

Meldet den Inhalt **des Extended-Event-Status-Registers** zurück und **löscht** das Extended-Event-Status-Register.

Antwort

0 ... 255

Bit	Gewichtung	Name	Bedeutung
7	128	---	
6	64	SYNC Master-Slave-Synchronization Error	Wird gesetzt, wenn die Synchronität zwischen der Master-DCL und den Slave-DCL kurz verloren ging oder aktuell nicht hergestellt werden kann.
5	32	CAL Calibration Error	Wird gesetzt, wenn bei der Kalibrierung des Gerätes (im Werk) ein Fehler aufgetreten ist. Dieses Fehlerflag ist nur während der Kalibrierung des Gerätes relevant und hat beim Betrieb des Gerätes keine Bedeutung (ist immer 0).
4	16	INIT Initalizing Error	Wird gesetzt, wenn bei der Initialisierung des Gerätes nach Power up ein Fehler aufgetreten ist. 000Bei diesem Fehler darf <b>das Gerät nicht betrieben werden</b> , da die einwandfreie Funktion nicht gewährleistet ist! → siehe 7.6.2
3	8	EE EEPROM Error	Wird gesetzt, wenn ein Fehler beim Schreiben oder Lesen des EEPROM aufgetreten ist.
2	4	ARG Argument Error	Wird gesetzt, wenn ein das Argument (Wert) eines Befehls fehlt oder fehlerhaft ist.
1	2	EXE Execution Error	Wird gesetzt, wenn ein Befehl syntaktisch richtig war, aber nicht ausgeführt werden konnte. z.B. Wert außerhalb des Bereiches usw.
0	1	CMD Command Error	Wird gesetzt, wenn ein Syntaxfehler aufgetreten ist.

Hinweis: ESR und ESI sind kumulative Register. Die Flags (Bits) werden beim Auftreten eines entsprechenden Fehlers gesetzt und bleiben aktiv, bis das Register gelesen wird. Durch das Lesen des Registers werden alle Flags zurückgesetzt. Bei der Abfrage der beiden Register muss die Reihenfolge eingehalten werden. Es sollte zuerst das ESR und danach das ESI abgefragt werden, da durch die Abfrage des ESI auch die Flags CMD, EXE und DDE im ESR gelöscht werden.

## 7.12.2 IEEE488 Common Commands

<b>*CLS</b>	Löscht das Statusregister STB und das Event-Status Register ESR und den Antwortbuffer.
<b>*ESE</b> $\square$ <i>&lt;i_Wert&gt;</i>	Schreibt eine Enable-Maske in das Event-Status-Enable-Register. Eine 1 in einem Bit des Event-Status-Enable-Registers gibt das zugehörige Fehlermeldungsbit im Event-Status-Register frei.
<i>&lt;i_Wert&gt;</i>	0 ... 255
<b>*ESE?</b>	Meldet die aktuelle Event-Status-Register-Enable-Maske zurück.
Antwort	0 ... 255
<b>*IST?</b>	Meldet den Wert des Individual-Status-Flags zurück.
Antwort	0 oder 1
<b>*LEE</b> $\square$ <i>&lt;i_Wert&gt;</i>	Schreibt eine Load-Error-Enable-Maske in das Load-Error-Enable-Register. Eine 1 in einem Bit des Load-Error-Enable-Registers gibt die zugehörige Fehlermeldung zum Setzen des LEE-Bits im Status-Byte-Register frei.
<i>&lt;i_Wert&gt;</i>	0 ... 255
<b>*LEE?</b>	Meldet die aktuelle Load-Error-Enable-Maske zurück.
Antwort	0 ... 255
<b>*LRN?</b>	Führt keine Aktion aus. Nur zur Kompatibilität mit anderen Geräten implementiert
<b>*OPC</b>	Setzt das Operation-Complete-Bit im Event-Status-Register, wenn alle Befehle abgearbeitet wurden.
<b>*OPC?</b>	Schreibt eine 1 in den Antwort-Buffer, wenn alle Befehle abgearbeitet wurden.
Antwort	1
<b>*OPT?</b>	Meldet den Typ eines bestückten Moduls zurück. (entspricht dem Befehl MODULE?)
Antwort	siehe Befehl: MODULE?
<b>*PRE</b> $\square$ <i>&lt;i_Wert&gt;</i>	Schreibt eine Enable-Maske in das Parallel-Poll-Enable-Register. Eine 1 in einem Bit des Parallel-Poll-Enable-Registers gibt das zugehörige Fehlermeldungsbit im Status-Byte-Register zur Erzeugung des Individual-Status-Bits frei. (→ ist-Flag im IEEE488-Controller)
<i>&lt;i_Wert&gt;</i>	0 ... 255

<b>*PRE?</b>	Meldet die aktuelle Parallel-Poll-Enable-Maske zurück.
Antwort	0 ... 255
<b>*RCL</b>	Führt keine Aktion aus. Nur zur Kompatibilität mit anderen Geräten implementiert.
<b>*RST</b>	Versetzt die elektronische Last in den Zustand Load_OFF und IMODE mit Koeffizienten entsprechend der Werkseinstellung.
<b>*SAV</b>	Führt keine Aktion aus. Nur zur Kompatibilität mit anderen Geräten implementiert.
<b>*SRE</b> □ <b>&lt;i_Wert&gt;</b>	Schreibt eine Enable-Maske ins Service-Request-Enable-Register. Eine 1 in einem Bit des Service-Request-Enable-Registers gibt das zugehörige Fehlermeldungsbit im Status-Byte-Register zur Erzeugung des Master-Summary-Status-Bits frei. (→ Serial-Poll)
<i_Wert>	0 ... 255
<b>*SRE?</b>	Meldet die aktuelle Service-Request-Enable-Maske zurück.
Antwort	0 ... 255
<b>*TRG</b>	Führt keine Aktion aus. Nur zur Kompatibilität mit anderen Geräten implementiert.
<b>*TST?</b>	Führt keine Aktion aus. Nur zur Kompatibilität mit anderen Geräten implementiert.
<b>*WAI</b>	Führt keine Aktion aus. Nur zur Kompatibilität mit anderen Geräten implementiert.

**Hinweis:** Alle Befehlsstrings müssen mit <PMT>, <PMT\_1> oder <PMT\_2> abgeschlossen werden. An die Antwort wird als Antwort + <PMT\_1> mit EOI ausgegeben. (EOI aktiv mit LF).

<PMT> = LF (EOI kann mit LF gesendet werden)  
<PMT\_1> = CR + LF (EOI kann mit LF gesendet werden)  
<PMT\_2> = EOI mit dem letzten Zeichen gesendet

i\_Wert = ASCII-String 1-3stellig (0 bis 255)  
□ = Leerzeichen (Space, 0x20)  
<CR> = (Carriage Return, 0x0D)  
<LF> = (Line Feed, 0x0A)

## 8. Schutzfunktionen

### 8.1 Überspannungsschutz

Bei Überschreitung der maximalen Lastspannung von  $\geq 63V$  wird der Laststrom automatisch auf 0A geschaltet (entspricht Load\_OFF). Das Ansprechen des Überspannungsschutzes wird durch die rote U> LED auf der Frontplatte und durch das U> Flag im DCL-Statusregister signalisiert.

**Warnung: Bei Überschreitung der maximalen Lastspannung um mehr als 40%, wird die elektronische Last beschädigt!**

### 8.2 Übertemperaturschutz

#### 8.2.1 Übertemperatur-Vorwarnung

Überschreitet die Kühlkörpertemperatur die Warnschwelle von  $82^{\circ}C$ , wird dies durch Blinken der roten T> LED auf der Frontplatte signalisiert und im DCL-Statusregister wird das T> Flag gesetzt.

Mögliche Ursachen: - Umgebungstemperatur zu hoch  
- Luftstrom behindert. Hinweise unter Kapitel 2.3 beachten.

#### 8.2.2 Übertemperatur-Abschaltung

Bei Überschreitung der maximal zulässigen Kühlkörpertemperatur von  $85^{\circ}C$  wird der Laststrom automatisch auf 0A geschaltet (entspricht Load\_OFF). Das Ansprechen des Übertemperaturschutzes wird durch die rote T> LED auf der Frontplatte und durch das Setzen des T> Flag im DCL-Statusregister signalisiert.

Mögliche Ursachen: - Umgebungstemperatur zu hoch  
- Luftstrom behindert. Hinweise unter Kapitel 2.3 beachten.

### 8.3 Leistungsbegrenzung

Bei Überschreitung der maximal zulässigen Verlustleistung wird der Laststrom auf den maximal zulässigen Wert begrenzt. Die Schutzschaltung verhindert einen Betrieb der Last außerhalb des zulässigen Arbeitsbereiches. Das Ansprechen der Leistungsbegrenzung ab 3015W wird durch die gelbe P> LED auf der Frontplatte und durch das P> Flag im DCL-Statusregister signalisiert.

### 8.4 Verpolschutz



Um eine Zerstörung der Last zu verhindern, werden bei Anlegen einer Lastspannung mit falscher Polarität interne Schmelzsicherungen ausgelöst, wenn der fließende Strom 400A überschreitet. Das Gerät ist erst wieder betriebsbereit, nachdem die Sicherungen ausgetauscht wurden!

Hinweis: Bei Anlegen einer Lastspannung mit falscher Polarität kann der Laststrom von der elektronischen Last **nicht begrenzt werden**. Spannungsquellen ohne Strombegrenzung können beschädigt oder zerstört werden, da die Sicherungen den Stromkreis erst bei Überschreiten von 400A unterbrechen!



**Achtung: Stromquellen mit Maximalströmen von weniger als 400A müssen gegen Überlastung geschützt werden, z.B. durch eine geeignete Sicherung im Lastkreis.**



**Achtung: Lastkreisverbindungen nie unter Spannung herstellen. Bei versehentlicher Verpolung kann je nach Spannung und Maximalstrom der Quelle ein Lichtbogen entstehen, der zur Beschädigung der Last und zu erheblichen Verletzungen führen kann!**

## 9. NOT-AUS

Das Gerät verfügt über eine Not-Aus-Funktion. Diese Funktion ist als Hardware-Funktion realisiert. Solange ein NOT-AUS-Signal (+5V) an den rückseitigen Emergency-OFF-Anschlüssen anliegt, wird die Last, unabhängig vom aktuellen Betriebszustand oder von Steuerbefehlen, in den Zustand Load\_OFF versetzt. Die Last kann nur durch Rücknahme des NOT-AUS-Signals (0V) in den normalen Betrieb zurückkehren. Wird im Zustand Load\_ON die Not-Aus-Funktion aktiviert oder wird versucht, die Last in den Zustand Load\_ON zu schalten, während die Not-Aus-Funktion aktiv ist, wird dies durch das gleichzeitige Blinken aller Error-LEDs auf der Frontplatte und durch das NOT-AUS-Flag im Statusregister signalisiert.

## 10. Lastanschlüsse

Stromschiene 12x12mm  
mit Bolzen M6x10 auf  
Geräterückseite

Anschluss für die **Lastleitung** (Pluspol)  
(linker Anschluss)

Stromschiene 12x12mm  
mit Bolzen M6x10 auf  
Geräterückseite

Anschluss für die **Lastleitung** (Minuspol)  
(rechter Anschluss)

**Hinweis:** Für den Anschluss von Lastleitungen mit großem Querschnitt stehen geeignete Adapter zur Verfügung.

## 11. Sense-Anschlüsse

Buchse 4mm rot  
Buchse 4mm blau

Anschluss für + Sense  
Anschluss für – Sense



**Hinweis:** Wird bei nicht angeschlossen Fühlerleitungen in den Sense-Betrieb geschaltet, können die Betriebsarten P-, G-, U, UI- und MPP-Mode nicht korrekt funktionieren und mit UL? werden falsche Spannungswerte gemeldet.

Die Schutzfunktionen der elektronischen Last bleiben unbeeinflusst, da dafür immer die Spannung an den Lastanschlüssen verwendet wird.

## 12. Modulationseingang

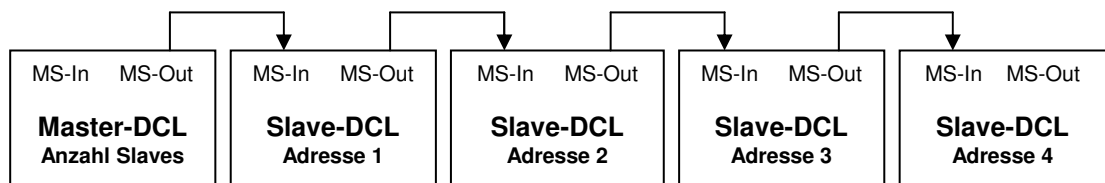
BNC-Buchse  
Innenwiderstand  
Bandbreite (-3dB)

Anschluss für Signalquelle  
50Ω  
50Hz – 30kHz

**Hinweis:** Das Modulationssignal wird in den Regelkreis eingekoppelt. Bei der Konfiguration des Reglers ist darauf zu achten, dass die Grenzfrequenz des Reglers viel geringer sein muss als die Modulationsfrequenz! Wird dies nicht beachtet, wird die Modulationsfrequenz gedämpft bzw. unterdrückt.

## 13. Master-Slave-Betrieb

Beim Master-Slave-Betrieb werden die Geräte über die Master-Slave-Schnittstelle auf der Geräterückseite über handelsübliche Patchkabel (Kat5e oder besser) gekoppelt. Dabei wird MS-Out des Masters mit MS-In des ersten Slaves verbunden und MS-Out des ersten Slaves mit MS-In des zweiten, usw. Im Master-Slave-Betrieb werden die Befehle vom Master an die Slaves weitergegeben und von allen Geräten parallel ausgeführt. Eine Master-DCL kann mit maximal 4 Slaves gekoppelt werden. Es stehen somit maximal der fünffache Laststrom und die fünffache Lastleistung zur Verfügung. **Die maximale Lastspannung bleibt unverändert und darf nicht überschritten werden!** Die Lastanschlüsse von Master und Slaves müssen parallel geschaltet werden. (Die Lasten dürfen nicht in Reihenschaltung betrieben werden!). Um die Genauigkeit des Lastsystems aus Master- und Slave-Lasten zu gewährleisten, müssen in den Betriebsarten G-Mode, P-Mode und U-Mode **alle Lasten** im Sense-Mode betrieben werden (siehe 4.9). Im I-Mode kann im Normal- oder Sense-Modus gearbeitet werden. Im Master-Slave-Betrieb sind die Betriebsarten IU-Mode und Toggle-Betrieb nicht verfügbar. Vor dem ersten Einschalten des Gesamtsystems muss der Master mit der Anzahl der Slaves und die jeweiligen Slaves einzeln mit einer Slave-Adresse konfiguriert werden (Slave 1 bis 4). Dazu muss eine jeweilige Verbindung zum Master bzw. zu den Slaves eingerichtet werden. Zur Steuerung und Auslesen der Messwerte ist dann nur noch eine Verbindung zum Master notwendig. Die Konfiguration bleibt nach dem Ausschalten erhalten und muss beim Verlassen des Master-Slave Betriebs aktiv zurückgesetzt werden.



Hinweis:

Die Verbindungskabel (Patchkabel) sollten so kurz wie möglich sein (max. 30 cm).

### 13.1 Konfigurationsbefehle

**MS\_MASTER**  $\square$   $\langle i\_Wert \rangle$  Konfiguration als Master und Einstellung der Anzahl der angeschlossenen Slaves.

$\langle i\_Wert \rangle$  0 ... 4

Mit den Werten 1 bis 4 wird die Anzahl der Slaves eingestellt. **Der Wert 0 deaktiviert den Master-Slave-Betrieb.**

**MS\_SLAVE**  $\square$   $\langle i\_Wert \rangle$  Konfiguration als Slave und Einstellung der Slave-Adresse.

$\langle i\_Wert \rangle$  0 ... 4

Mit den Werten 1 bis 4 wird die Slave-Adresse eingestellt. **Der Wert 0 deaktiviert den Master-Slave-Betrieb.**

## 13.2 Rückmeldungen im Master-Slave-Betrieb

Bei der Abfrage von Daten sind zwei verschiedene Antwort-Formate, abhängig vom Befehl, möglich:

1. Summenmeldung
2. Auflistung

### 13.2.1 Ausgabe als Summenmeldung

Bei Summenmeldung wird wie beim Einzelgerät nur ein Wert zurückgeliefert, z.B. der Gesamtstrom des Systems.

Beispiel:	Befehl	Antwort
	IL?	98.214

### 13.2.2 Ausgabe als Auflistung

Bei diesem Antwort-Format wird pro angeschlossenes Gerät ein Wert ausgegeben. Bei der Abfrage z.B. der Lastspannung, wird für jedes Gerät ein Wert mit vorangestelltem Präfix zurückgeliefert. Beim Maximalsystem aus Master und 4 Slaves werden 5 Antworten zurückgeliefert. MS0 kennzeichnet den Wert des Masters, MS1 bis MS4 kennzeichnet den Wert des jeweiligen Slaves. Jeder Wert wird mit CR + LF abgeschlossen.

Beispiel:	Befehl	Antwort
	UL?	MS0: 5.214 MS1: 5.211 MS2: 5.218 MS3: 5.215 MS4: 5.213

## 13.3 Fehlermeldungen im Master-Slave-Betrieb

Im Master-Slave-Betrieb werden die Fehler des Masters und der Slaves kumuliert. Wird in einem Gerät des Lastsystems ein Fehler gemeldet, wird das entsprechende Fehler-Flag im Master-Status-Register gesetzt. An dem Ergebnis der Abfrage DCL\_STAT? kann festgestellt werden, dass ein Fehler im System aufgetreten ist, nicht aber welches Gerät den Fehler gemeldet hat. Dies muss mit den Folgebefehlen ermittelt werden. Wird z.B. U< gemeldet, kann durch Abfrage der Lastspannung das oder die Geräte ermittelt werden, bei welchen die Lastspannung zu gering ist. Wird z.B. auf die Abfrage UL? mit MS0: 5.214, MS1: 0.000 geantwortet, ist ersichtlich, dass Slave 1 die Fehlermeldung ausgelöst hat, da die Lastspannung von Slave 1 als 0V angezeigt wird.

## 14. Schnittstellen

Signal- und Steuerleitungen dürfen aus Gründen der Störfestigkeit eine Gesamtlänge von 3m nicht überschreiten.

Die DCL-Serie ist mit 2 USB-Schnittstellen ausgerüstet. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, ein zusätzliches Schnittstellenmodul zu bestücken. Die Module werden automatisch erkannt und initialisiert. Ist ein Modul bestückt, wird die USB-Schnittstelle auf der Geräterückseite **deaktiviert**.

### 14.1 USB-Schnittstellen (1x Frontplatte, 1x Rückwand)

Im USB-Betrieb wird auf dem angeschlossenen PC eine virtuelle COM-Schnittstelle emuliert.

#### Schnittstellen-Einstellungen:

USB (Frontplatte):

Fest eingestellt: 8N1: 9600 Baud, 1 Startbit, 1 Stoppbit, 8 Datenbits, No Parity  
Hardware-Handshake

USB (Rückwand):

Default: 8N1: 9600 Baud, 1 Startbit, 1 Stoppbit, 8 Datenbits, No Parity

Flusskontrolle: Hardware-Handshake

Geschwindigkeiten: 9600, 19200, 38400, 115200 Baud

Parität: No Parity, Odd Parity, Even Parity,

Hinweis: Die Massen der Schnittstellensignale haben eine elektrische Verbindung zum Gehäuse und zum PE-Kontakt der Netzbuchse.

### 14.2 RS232-Schnittstelle

Geschwindigkeiten: 9600, 19200, 38400, 115200 Baud

Parität: No Parity, Odd Parity, Even Parity,

Flusskontrolle: Hardware-Handshake

Konfiguration: RS232-Konfiguration über Gerätekonfiguration einstellbar.

Default: 8N1: 9600 Baud, 1 Startbit, 1 Stoppbit, 8 Datenbits, No Parity  
Hardware-Handshake

Anschluss: Stecker 9pol D-SUB

Das Gerät muss über ein **Nullmodemkabel** mit dem Steuerrechner verbunden werden.

Das Nullmodemkabel muss wie folgt beschaltet sein:

X1 Pin		X2 Pin	(SUB-D 9pin female)	Art
1	↔	7	DCD↔RTS	optional
2	↔	3	RxD↔TxD	notwendig
3	↔	2	TxD↔RxD	notwendig
4	↔	6,8	DTR↔DSR,CTS	notwendig
5	↔	5	GND↔GND	notwendig
6,8	↔	4	DSR,CTS↔DTR	notwendig
7	↔	1	RTS↔DCD	optional
9	↔	9	RI↔RI	optional

## 14.3 IEEE488-Schnittstelle

Protokolle:	IEC625-1 und IEC625-2 (SCPI)
Adresse:	0 – 30 Wählbar über Gerätekonfiguration
Schnittstellenfunktionen:	SH1 Source Handshake AH1 Acceptor Handshake T6 Talker L4 Listener SR1 Service Request PP1 Parallel Poll DC1 Device Clear DT0 kein Device Trigger E2 Tri-State-Treiber

Die Schnittstelle wird automatisch erkannt und initialisiert. Bei neu installiertem IEEE488-Modul wird automatisch die **IEEE-Adresse 8** eingestellt. Dem Modul kann mit dem Befehl `IEEE_ADDR` eine Adresse im Bereich von 0 bis 31 zugewiesen werden. Die Modulkonfiguration wird im EEPROM gespeichert und bleibt bis zur Entfernung des Moduls oder der Bestückung eines anderen Modultyps erhalten.

Die Adresse kann entweder über die IEEE-Schnittstelle selbst oder über die USB-Schnittstelle an der Frontplatte eingestellt werden. Der Abfragebefehl dient zur Ermittlung der IEEE-Adresse über die USB-Schnittstelle (Frontplatte).

### 14.3.1 Festlegen der IEEE488-Adresse

**IEEE\_ADDR** `<i_Wert>` Einstellung der Baud-Rate  
`<i_Wert>` 0 ... 30

### 14.3.2 Abfrage der IEEE488-Adresse

**IEEE\_ADDR?** Lesen der eingestellten IEEE-Adresse  
Antwort: 0 ... 30