



## Benutzerhandbuch Widerstandsdekade RD10

### Inhalt

1.	Angaben zur Ausführung .....	2
2.	Allgemeine Informationen .....	2
3.	Einleitung .....	2
4.	Anschluss und Einschalten .....	2
4.1.	Spannungsversorgung .....	2
4.2.	USB .....	3
4.3.	Einschalten .....	3
4.4.	Anschluss simulierter Widerstand .....	3
5.	Blockschaltbild .....	4
6.	Bedienung der Widerstandsdekade .....	4
6.1.	Menü-Drehknopf .....	4
6.2.	Einstellen des Widerstandwertes .....	4
6.3.	Wahl der Schrittweite .....	5
6.4.	Benutzung der Presets .....	5
7.	Wichtige Hinweise zur Benutzung .....	5
8.	Steuerung mit einem PC .....	7
9.	Schnittstellenbeschreibung RD10 .....	7
9.1.	Physikalischer Anschluss .....	7
9.2.	Kommunikationsparameter .....	7
9.3.	Grundlegendes Kommunikationsprotokoll .....	7
9.4.	Datenstrom vom PC zum Gerät: .....	8
9.5.	Datenstrom vom Gerät zum PC .....	8
10.	Befehls- und Parameterübersicht .....	8
10.1.	Liste der Befehle .....	8
11.	Diagnosen .....	8
11.1.	Codierung des Diagnosebytes: .....	9
11.2.	Bedeutung der einzelnen Bits des Diagnosebytes: .....	9
12.	Verbindungserkennung zwischen PC und Gerät .....	9
13.	Synchronisation zwischen Gerät und Anwendersoftware am PC .....	9
14.	Erstsynchronisation beim Anschluss eines PCs .....	10
15.	Erklärungen zu Widerstandsreihen .....	11
16.	Technische Daten .....	12
16.1.	Elektrische Parameter .....	12
16.2.	Sonstige Daten .....	12
17.	CE Konformitätserklärung .....	13



## 1. Angaben zur Ausführung

Bezeichnung RD10  
Modell 10051  
Bestell-Nr. 200 101

## 2. Allgemeine Informationen

Die Widerstandsdekade RD10 dient dazu, beliebige Widerstandswerte in hoher Auflösung einfach einstellen zu können. Gegenüber herkömmlichen Widerstandsdekaden besteht sie durch die einfache Bedienung, eine klare Anzeige des eingestellten Widerstandswertes und weiteren Komfortfunktionen, die bei Dekaden mit mechanischen Schaltern nicht lösbar sind.

Dazu zählen Funktionen wie

- Speicherung von mehreren häufig benutzten Werten
- Umschaltung des Einstellrasters auf gängige E-Reihen
- Fernsteuerbarkeit vom PC aus



Durch eine werkseitige Vermessung und Kalibrierung und Autokorrektur wird insbesondere eine hohe und konstante absolute Einstellgenauigkeit erzielt. Diese liegt grundsätzlich immer besser als  $\pm 1\Omega$ , auch bei Werten von  $1M\Omega$ !

## 3. Einleitung

Die Widerstandsdekade RD10 dient in erster Linie der Verwendung an Laborplätzen mit dem Ziel, nahezu beliebige Widerstandswerte zu simulieren.

Im Gegensatz zu üblichen (passiven) Widerstandsdekaden kommen Relais zum Einsatz, die verschiedene Widerstände in geeigneter Weise zusammenschalten. Die Steuerung erfolgt über einen Mikrocontroller, der die geeignete Schaltung berechnet und einstellt.

Sämtliche Einstellungen können am Gerät vorgenommen oder bei Bedarf auch von einem PC ferngesteuert werden.

Die intelligente Art der Berechnung des Widerstandwertes erlaubt eine konstante absolute Genauigkeit bis in den  $M\Omega$ -Bereich.

Wesentliche Eigenschaften

- Komplette Steuerung von einem PC aus oder direkt am Gerät
- Galvanisch getrennte USB-Schnittstelle zum Schutz von PC und Gerät
- Bis zu 5 Widerstandswerte im Gerät speicherbar
- Schrittweise in  $1\Omega$ -Schritten oder Stufen der Reihen E12, E24, E48 oder E96 von  $1\Omega$  bis  $1M\Omega$
- Offenes und einfaches Steuerprotokoll zur Einbindung in vom Anwender erzeugte Automatisierungssysteme über LabView®, Diadem®, MatLab®, C++, etc.

## 4. Anschluss und Einschalten

### 4.1. Spannungsversorgung

Das Gerät arbeitet in einem weitem Versorgungsspannungsbereich von 9-26V. Die Versorgung stellt ein mitgeliefertes Netzteil zur Verfügung oder kann auch von anderen Quellen über den Hohlstecker des Gerätes erfolgen. Dabei sollte die Quelle 1A liefern können.

Um Schäden über versehentlich verkehrte Polung zu vermeiden, ist ein Verpolschutz eingebaut. In so einem Fall arbeitet das Gerät einfach nicht und es erfolgt keine Anzeige auf dem Display.



## 4.2. USB

An der Frontplatte befindet sich ein Typ B USB-Anschluss, welcher die Kommunikation mit einem PC ermöglicht. Hierbei wird ein virtueller COM-Port zum PC aufgebaut, welcher als COMx-Port beim PC erscheint.

Den Treiber für diesen COM-Port bringt in der Regel jedes Windows®-basierte Betriebssystem mit, so dass kein spezieller Treiber benötigt wird.

Sollte wider Erwarten das Gerät vom PC nicht erkannt werden und der Zugriff unmöglich sein, muss der mitgelieferte Treiber installiert werden.

Über diese Schnittstelle lassen sich alle Parameter auch vom PC aus einstellen. Dies kann über einfache Befehle mittels einer Script-Sprache erfolgen oder mit dem mitgelieferten Programm.

Die USB-Schnittstelle ist von der Versorgungsspannung galvanisch entkoppelt und so kann es auch bei Verpolung nicht zu einer Beschädigung eines angeschlossenen PCs kommen. Ebenso entstehen auf diese Art der Anbindung keine unnötigen Masseschleifen, die zu Funktionsstörungen führen könnten.

## 4.3. Einschalten

Sobald das Gerät mit Strom versorgt wird, schaltet sich die Hintergrundbeleuchtung des Displays ein und das Firmenlogo wird kurz eingeblendet. Danach folgt eine kurze Einblendung des Gerätetyps, worauf in das Standardmenü geschaltet wird, was sich danach nicht mehr ändert.

Beim Erstmaligen Einschalten sind die Speicher mit Standardwerten belegt und das Gerät stellt als Schrittweite  $1\Omega$  ein. Als Widerstandswert wird der höchste Wert (RD10:  $1\text{ M}\Omega$ ) eingestellt. Kurzzeitig lassen sich die Schaltgeräusche der Relais vernehmen.

Nach dem Einschalten erscheint auf dem Display ein kurzes Intro, das nach dem Firmenlogo, der Gerätebezeichnung in die Standard-Darstellung wechselt.



Da es keine mehrere Benutzerebenen gibt, bleibt die Anzeige stets konstant. Zur Anzeige der aktiven Funktion wird der gerade veränderliche Parameter jeweils unterstrichen.

Der eingestellte Widerstandswert wird in der obersten Zeile als große Zahl dargestellt. Die Anzeige wird nicht auf  $k\Omega$  oder  $M\Omega$  gekürzt, sondern erfolgt immer vollständig bis zur letzten Stelle auf  $1\Omega$  genau.

Eine Zeile tiefer befinden sich die „Preset-Tasten“. Diese stellen, ähnlich wie beim Speichern von Radiosendern, einen schnellen Zugriff auf häufig benutzte Werte zur Verfügung.



In der untersten Zeile stehen wiederum die Schrittweiten zur Auswahl, in denen beim Drehen des Knopfes der Wert des Widerstandes sich verändert.

## 4.4. Anschluss simulierter Widerstand

Der simulierte Widerstand wird über zwei 4mm Sicherheits-Bananenbuchsen zur Verfügung gestellt. Es ist darauf zu achten, dass bei Verwendung von Spannungen  $>30V_{AC}/60V_{DC}$  entsprechende Sicherheitsmaßnahmen zum Berührungsschutz angewendet werden müssen.



## 5. Blockschaltbild

Anschlusskonfiguration

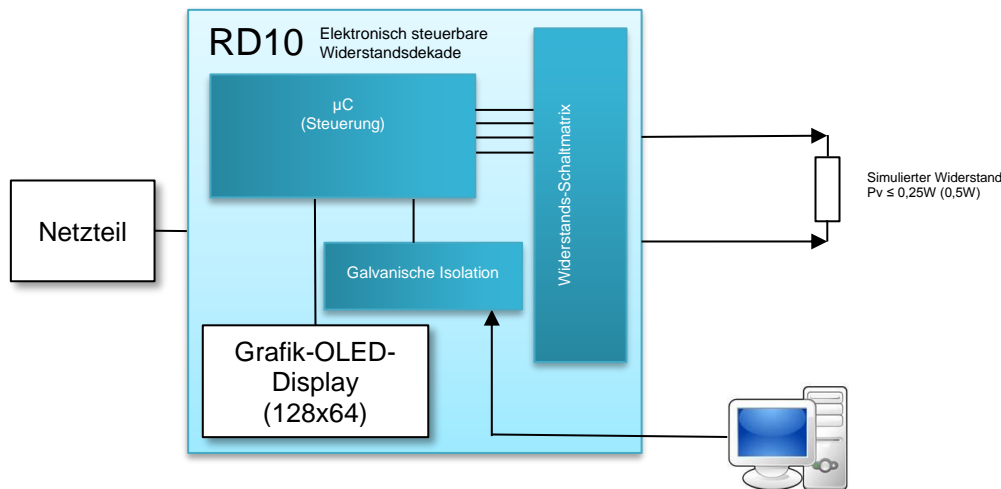


Abbildung 5-1 Blockschaltbild

## 6. Bedienung der Widerstandsdekade

### 6.1. Menü-Drehknopf

Auf der Geräteoberseite befindet sich ein Drehknopf, mit dem man im Menü blättern kann. Das Menü ist nicht verschachtelt und besitzt nur eine einzige Ebene, in der man durch Drehen die einzelnen Parameter selektieren kann.

Drücken des Knopfes führt zum Wechseln in das jeweilige Untermenü, so dass der selektierte Parameter durch Umrandung angezeigt wird und sich nun verändern lässt. Nach dem Verändern des Parameters wird durch nochmaliges Drücken das Untermenü verlassen und der neue Wert übernommen.

Dieses Prinzip wiederholt sich bei allen Parametern.

Beim Erreichen des letzten Menüpunktes wird wieder beim ersten Punkt angefangen.

### 6.2. Einstellen des Widerstandwertes

Beim Drehen des Knopfes werden die grafisch symbolisierten Knöpfe jeweils etwas vorgehoben (Unterstreichung, dickerer Rahmen), das anzeigt, welcher Knopf gedrückt werden kann.

Soll kein Speicherwert (M1-M5) aufgerufen oder eine spezielle E-Reihe eingestellt werden, muss der Knopf gedreht werden, bis nichts grafisch hervorgehoben wird. Wird in dieser Position der Knopf gedrückt, wird der obere Bereich der Anzeige, der aktuelle Widerstandswert unterstrichen. Das symbolisiert, dass der Wert verändert werden kann.

Durch drehen des Knopfes ändert sich der Widerstandswert je nach Einstellung schnell oder auch nur in 1Ω-Schritten.

Achtung: Der Widerstandswert wird nicht augenblicklich durch die Relais realisiert, sondern erst nach nochmaligem Drücken des Knopfes. Die breite Linie verschwindet wieder und das Klacken der Relais ist in ruhiger Umgebung leicht vernehmbar.

Bei erneuter Verstellung muss in dieser Position nochmal der Knopf gedrückt, gedreht und wieder gedrückt werden.



### 6.3. Wahl der Schrittweite

Eine vorteilhafte Funktion des Gerätes ist die Simulation von E-Reihen. Das kann dazu dienen, einen möglichst passenden Wert in einer Schaltung durch Versuche herauszuarbeiten und Abweichungen so einfach sichtbar machen zu können.

Dazu wird der Knopf gedreht, bis die gewünschte E-Reihe umrandet erscheint. Anschließendes Drücken aktiviert diese Reihe.

Ist eine spezielle Reihe aktiviert, erscheint sie in der obersten Zeile, rechts neben dem „R:“, wonach der aktuelle Widerstandswert angezeigt wird.

So wird beispielsweise bei der E12-Reihe ein Widerstand bei 1kΩ, dann 1,5kΩ, 2,2kΩ etc. eingestellt. Eine Dekade ist somit recht schnell übersprungen und bei Bedarf muss nicht überlegt werden, welche Werte sich in einer speziellen Reihe befinden.

Soll die Schrittweite wieder auf 1Ω gestellt werden, muss das Symbol „Ohm“ angesteuert und selektiert werden. Danach verschwindet die E-Reihen-Anzeige aus dem Display wieder.

### 6.4. Benutzung der Presets

Das Gerät bietet die Möglichkeit, spezielle Widerstandswerte, die beispielsweise öfter benutzt werden sollen, zu speichern.

Dazu dienen die Knöpfe M1-M5. Sie funktionieren wie beispielsweise bei einem Autoradio. Man stellt bei Bedarf die E-Reihe ein, den Widerstand und geht dann auf den gewünschten Speicherknopf. In der Position drückt man den Knopf etwas länger. (>1s)

Nach Ablauf der Wartezeit von ca. 1s wird für ebenso grob 1s ein größerer Rahmen um den Knopf dargestellt, der die erfolgreiche Speicherung symbolisiert.

Ein Aufrufen des Wertes erfordert dagegen nur einen ganz kurzen Druck.

Beim Speichern des Wertes wird nicht nur der Widerstandswert gespeichert, sondern auch die beim Speichern eingestellte E-Reihe. Entsprechend wird beim Wiederaufrufen diese wiedereingestellt. Ein anschließendes Verstellen des Wertes erfolgt dann in Schritten der E-Reihe.

## 7. Wichtige Hinweise zur Benutzung

Der eingestellte Widerstand ist vor Überlastung nicht geschützt! Um keine Sicherung oder parasitäre Bauteile zum Schutz vor Überspannungen an das Netzwerk anzuhängen, wurde auf Sicherungseinrichtungen bewusst verzichtet. Dafür zeigt sich der Widerstandswert am Ausgang nahezu rein resistiv.

Im Gegenzug dazu muss der Benutzer stets sicherstellen, den eingestellten Widerstandswert nicht zu überlasten.

Bei niedrigen Widerständen ist in der Regel ein zu hoher Strom schädlich, bei hohen Widerständen dagegen hohe Spannungen.

Bitte beachten Sie daher unbedingt die maximale Verlustleistung, die auf dem Typenschild des Gerätes modellabhängig angegeben wird und überschreiten Sie die daraus resultierende maximal zulässige Spannung bzw. Stromstärke nicht! Für daraus resultierende Schäden erfolgt keine Gewährleistung.

$$\text{Maximale Stromstärke } i \leq \sqrt{\frac{P}{R}}$$

oder

$$\text{maximale Spannung } u \leq \sqrt{P \cdot R}$$

Es wird empfohlen stets mit großen Widerständen zu beginnen und den Wert danach nach unten zu verstellen.

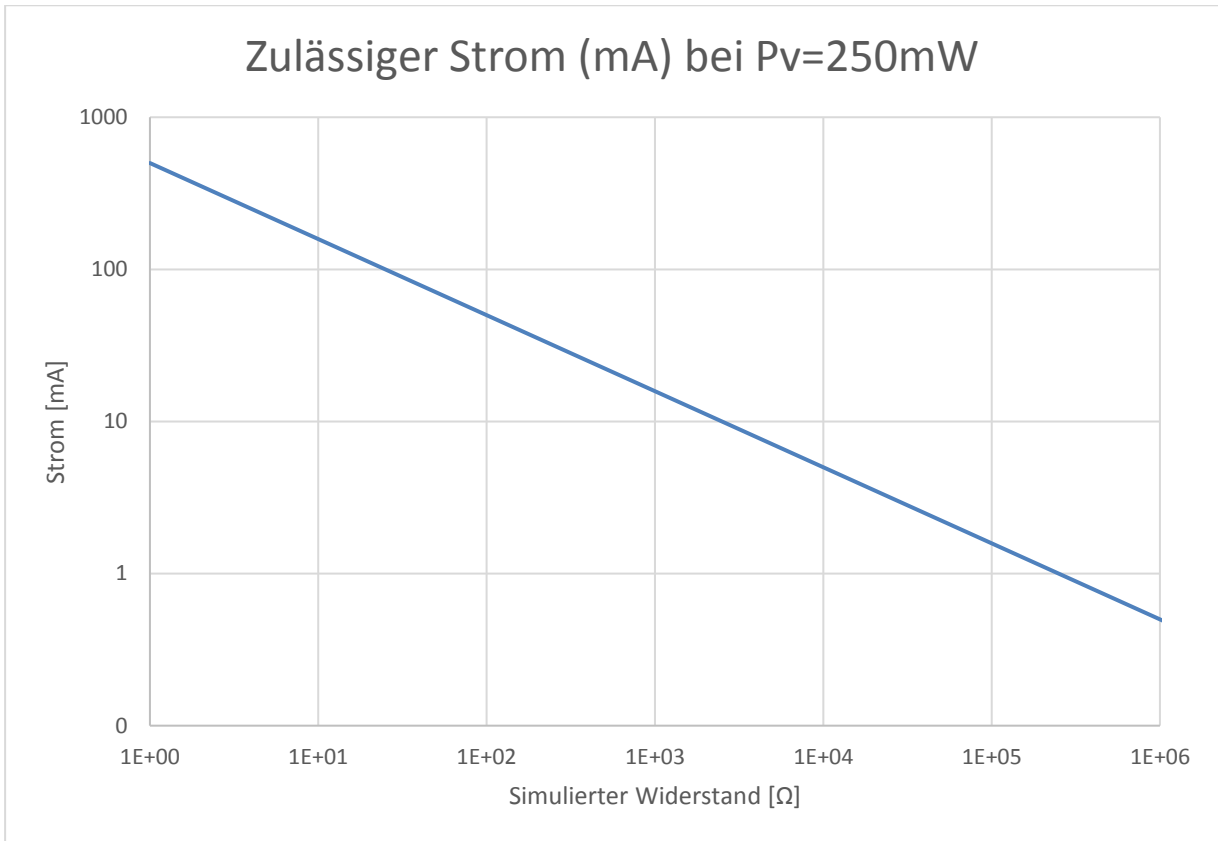


Abbildung 7-1 Maximal zulässiger Strom durch den simulierte Widerstand

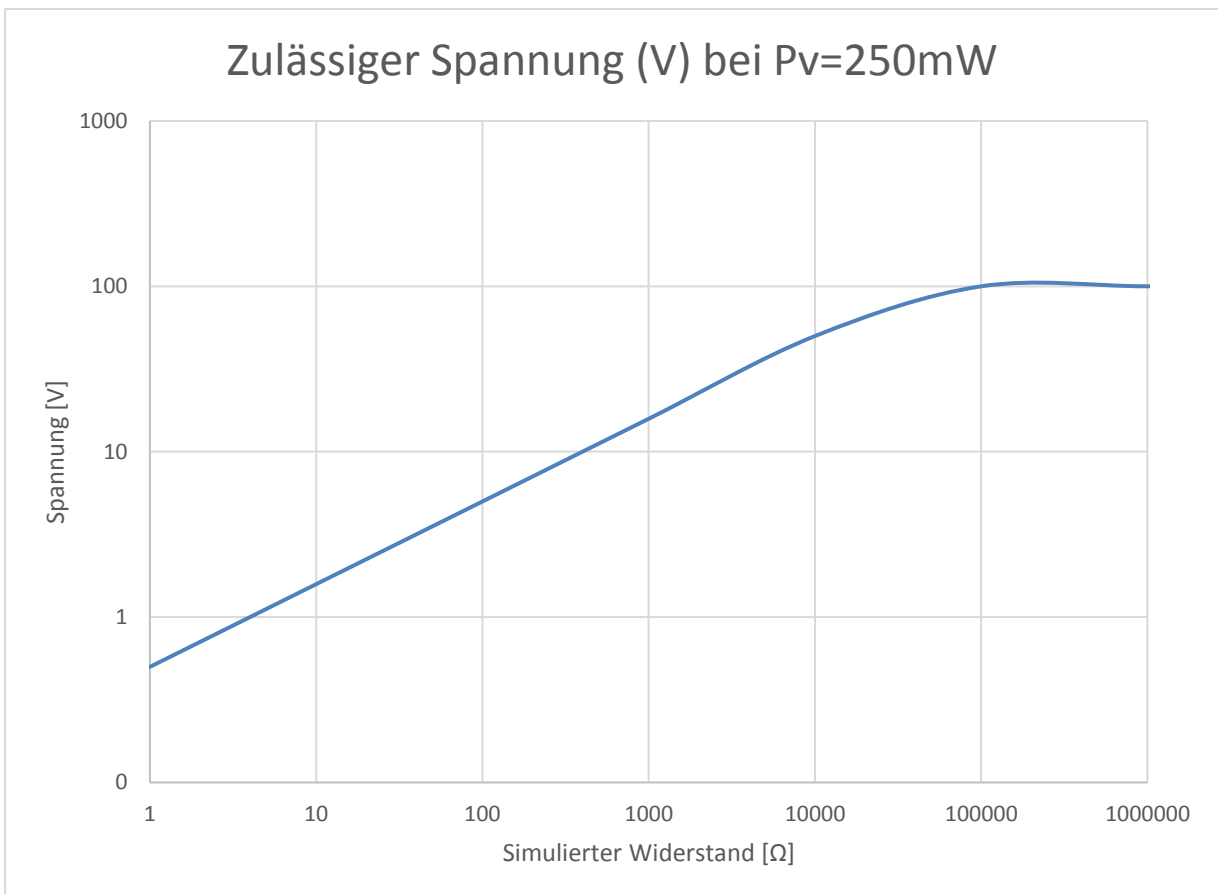


Abbildung 7-2 Maximal zulässige Spannung über den simulierte Widerstand



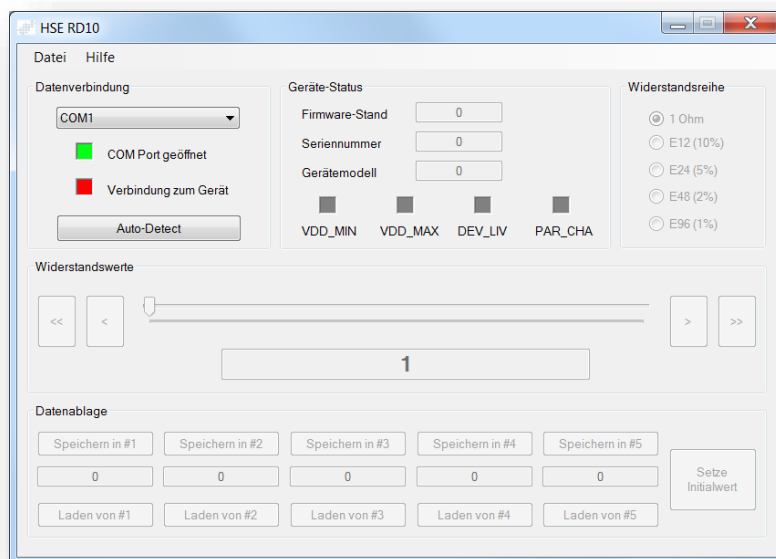
## 8. Steuerung mit einem PC

Das Gerät besitzt eine USB-Schnittstelle des Typs B, über die ein handelsüblicher PC angeschlossen werden kann.

Für die Kommunikation wird ein COM-Port simuliert, welches die Implementierung eines einfachen Protokolls ermöglicht. Der sogenannte virtuelle COM-Port benötigt darüber hinaus auch keinen speziellen Treiber, er ist Bestandteil eines jeden Windows® Betriebssystems.

Beim Anschluss eines PCs installiert dieser bei Bedarf automatisch den notwendigen Treiber. Zur Herstellung der logischen Verbindung muss in der Applikation der zugeordnete COM-Port („COMn“) gewählt werden. Der PC merkt sich den zugeordneten COM-Port und bei nochmaliger Verwendung wird dem Gerät der gleiche COM-Port zugeordnet.

Anschließend werden die Kommunikationsparameter eingestellt: 115,2kbit, keine Parität, 8 Datenbits und 1 Stoppbit.



Das mitgelieferte Programm kann auf jedem PC mit Windows® Betriebssystem verwendet werden und benötigt keine Installation. Es kann auch von einem USB-Stick gestartet werden.

Damit lassen sich alle Parameter sehr einfach steuern und überwachen.

Zur Kontrolle des Gerätes kann aber auch im einfachsten Fall jedes Terminalprogramm verwendet werden.

Die Befehle und Parameter folgen einem festen Format und werden im Folgenden erklärt.

## 9. Schnittstellenbeschreibung RD10

### 9.1. Physikalischer Anschluss

Der RD10 wird über einen USB-Anschluss an den PC angeschlossen. Um die Applikation einfach zu halten, wird zur Steuerung ein virtueller COM-Port verwendet, statt einer direkten Steuerung.

### 9.2. Kommunikationsparameter

Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 115200 bit/s. Daten: 8bit, keine Parität und 1 Stoppbit (8N1).

### 9.3. Grundlegendes Kommunikationsprotokoll

Die Kommunikation zwischen Gerät und PC erfolgt nach dem Master-Slave Prinzip. Dabei stellt der PC den Master dar und dient in erster Linie der komfortablen Parametrierung des Gerätes. Diagnoseabfragen erfolgen zyklisch durch den PC und werden nicht asynchron gesteuert.

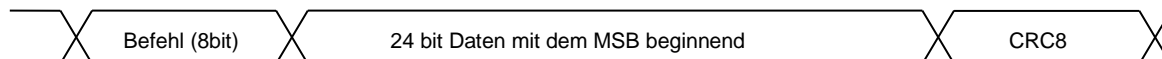
Zum Beginn einer Kommunikation schickt der PC einen 1-Byte langen Befehl gefolgt von weiteren 3 Bytes als Nutzinformation.

Um eine Mindestsicherheit der Datenübertragung zu gewährleisten wird jeder Übertragung noch ein 8bit CRC als Prüfsumme angehängt. Dabei wird das 8bit-Prüfpolynom 0xD5 verwendet.



### 9.4. Datenstrom vom PC zum Gerät:

Prinzipiell erfolgt jede Übertragung eines einzelnen Parameters wie folgt:



Nach jeder Übertragung vom PC zum Gerät hin ermittelt das Gerät an Hand der Prüfsumme, ob es die Sendung richtig empfangen hat.

Der Empfang wird positiv quittiert indem das Gerät lediglich ein Byte am Ende des Antwort-Datenstromes mit dem Inhalt 0xAA übermittelt. Diese Mitteilung dient als „Acknowledge“.

Sollte die Übertragung nicht erfolgreich sein, wird eine Negativ-Quittung geschickt: 0x85.

### 9.5. Datenstrom vom Gerät zum PC

Nach jedem empfangenen Befehl antwortet das Gerät mit einer kurzen Verzögerung. Die Antwort besteht aus 3 Bytes Nutzinformationen, die bei entsprechenden Befehlen abgefragte Daten (wie z.B. Firmwarestand etc.) beinhalten. Sonst ist der Inhalt stets „0x00“. Im Anschluss daran erfolgt wieder ein Byte mit 8bit CRC als Prüfsumme und einem Byte als Empfangsquittung.

Bei fehlerhaftem Empfang, wird negativ mit 0x85 quittiert. (= „No acknowledge“)



## 10. Befehls- und Parameterübersicht

### 10.1. Liste der Befehle

Befehl	Befehlscode	Wertebereich logisch	Wertebereich physikalisch	Auflösung physikalisch
Widerstandswert übermitteln	0x20	1...1.000.000	1...1.000.000	1Ω
Aktuellen Wert in Speicher 1 ablegen	0x21	-	-	-
Aktuellen Wert in Speicher 2 ablegen	0x22	-	-	-
Aktuellen Wert in Speicher 3 ablegen	0x23	-	-	-
Aktuellen Wert in Speicher 4 ablegen	0x24	-	-	-
Aktuellen Wert in Speicher 5 ablegen	0x25	-	-	-
Schrittweite übertragen	0x26	0...4	-	1Ω, E12, E24, E48, E96
Werte in Speicher 1 wiederherstellen	0x31	-	-	-
Werte in Speicher 2 wiederherstellen	0x32	-	-	-
Werte in Speicher 3 wiederherstellen	0x33	-	-	-
Werte in Speicher 4 wiederherstellen	0x34	-	-	-
Werte in Speicher 5 wiederherstellen	0x35	-	-	-
Komplettes Setup permanent im Gerät speichern	0x50	-	-	-
Diagnose abfragen	0x70	-	-	-
Firmwarestand abfragen	0x71	-	-	-
Seriennummer abfragen	0x72	-	-	-
Gerätemodell abfragen	0x73	-	-	-

Beim Speichern oder Wiederherstellen von gespeicherten Werten werden geräteseitig immer Widerstandswert und die Schrittweite, die im Moment der Speicherung eingestellt war gespeichert bzw. wiederhergestellt.

## 11. Diagnosen

Das Gerät überprüft permanent eine Auswahl an Parametern und Funktionen. Sollte eine der überwachten Funktionen nicht das erwartete Ergebnis liefern, so wird das in einem Diagnosebyte entsprechend eingetragen.



## Benutzerhandbuch Widerstandsdekade RD10

### 12 Verbindungserkennung zwischen PC und Gerät



Alle Einträge reflektieren den augenblicklichen Zustand des Gerätes. Geht beispielsweise die Versorgungsspannung wieder in den nominellen Bereich zurück, wird auch das Fehlerbit im gleichen Augenblick zurückgesetzt.

Eine Ausnahme bildet Bit 0. Diese wird erst wieder zurückgesetzt, nachdem der als verändert gemeldete Parameter vom PC abgefragt wird.

#### 11.1. Codierung des Diagnosebytes:

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
reserviert	reserviert	reserviert	reserviert	VDD_MIN	VDD_MAX	DEV_LIV	PAR_CHA

#### 11.2. Bedeutung der einzelnen Bits des Diagnosebytes:

PAR_CHA	0=Am Gerät wurden keine Parameter verändert 1= Am Gerät wurde ein Parameter verändert. Synchronisation zwischen PC-Anzeige und Gerät erforderlich. Abfrage des geänderten Parameters durch den PC erforderlich.
DEV_LIV	Ist immer eins und dient als Möglichkeit zur Funktionserkennung des Gerätes
VDD_MAX	1=Versorgungsspannung zu hoch
VDD_MIN	1=Versorgungsspannung zu niedrig

## 12. Verbindungserkennung zwischen PC und Gerät

Der PC sendet nach dem Programmstart regelmäßig einen Erkennungscode (Geräteidentifikation) über den COM-Port zum Gerät.

Zwecks des Komforts sollte die Software am PC dazu alle verfügbaren COM-Ports nacheinander öffnen und die Geräteidentifikation senden. Sobald diese vom Gerät erkannt wird, antwortet es vorzugsweise im festgelegten Format (insgesamt 5 Bytes) mit einem Quittungscode. Der PC schließt daraufhin den Erkennungsvorgang ab und behält den geöffneten Port bei.

Wird das Verbindungskabel getrennt, erkennt der PC durch regelmäßige Abfrage des Diagnosebytes die ausbleibende Antwort und beginnt daher wieder mit dem Versenden des Erkennungscode. Die Erkennungsprozedur kann somit wieder beginnen.

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Abfragehäufigkeit	100		1000	ms

## 13. Synchronisation zwischen Gerät und Anwendersoftware am PC

Neben der reinen Fernsteuerung über einen PC besteht auch die Möglichkeit, die Parameteranzeigen am PC-Programm mit den Anzeigen und Einstellungen am Gerät stets synchron zu halten, unabhängig wo Veränderungen vorgenommen werden.

Am Gerät können alle Parameter autark ohne Zuhilfenahme eines PCs eingestellt werden. Wird jedoch gleichzeitig ein PC mit dem Gerät gekoppelt, werden Einstellungen, die am Gerät vorgenommen werden, aufgrund des Master-Slave Prinzips nicht automatisch an den PC übermittelt.

Um die Anzeigen am PC mit den Einstellungen am Gerät dennoch synchron zu halten, muss der PC diese in regelmäßigen Abständen abfragen.

Zu diesem Zweck fordert der PC das Diagnosebyte vom Gerät an. Bit 0 (PAR\_CHA) stellt einen Flag dar, der anzeigt, ob am Gerät eine Einstellung geändert wurde. Ist der Wert eine logische „1“, so wurde ein Parameter am Gerät verändert. In so einem Fall enthalten die ersten zwei Bytes die Information, welches der Parameter verändert wurde:



Der Parametertyp der Nachricht vom Gerät zum PC entspricht genau dem Befehlscode, der zum Verändern des Parameters verwendet wurde. So lässt sich auf einfache Weise extrahieren, was genau verändert wurde.

Auch hier beginnt der Datenstrom mit dem MSB und da die Befehle nur ein Byte lang sind, ist das erste Byte der Antwort bei Abfrage der Diagnose stets 0.

Wurde kein Parameter verändert, sieht die Antwort auf die Diagnoseanfrage wie folgt aus:



Als Reaktion fragt der PC in einem darauffolgenden Schritt beim Gerät mit den Befehlen gemäß Tabelle 6-1 den neuen Wert des veränderten Parameters ab.

Mit einer kurzen Verzögerung sendet das Gerät den Wert des geänderten Parameters zurück. Dieser kann je nach Parameter bis zu drei Byte lang sein.

Abschließend wird nach dem Versenden des Parameterwerts der Flag im Diagnosebyte wieder auf 0 gesetzt.

## 14. Erstsynchronisation beim Anschluss eines PCs

Wird ein PC zum ersten Mal nach dem Einschalten des Gerätes angeschlossen, sind alle Einstellparameter des Gerätes dem PC unbekannt und unterschiedlich von den Werten am PC.

Sobald das Vorhandensein eines Gerätes erkannt wird, werden alle Parameter nacheinander abgefragt, um diese mit den Anzeigewerten am PC zu synchronisieren. Danach erfolgt nur noch die Abfragung einer durch das Gerät hervorgerufenen Änderung, wie in Kapitel 5 beschrieben.

Das Abfragen eines Parameters erfolgt ganz ähnlich wie das Übermitteln eines Parameters, mit dem Unterschied, dass zum ursprünglichen Befehlscode einfach ein Offset addiert wird.

Lautet beispielsweise der Befehl zum Übermitteln des Widerstandwertes 0x20, so lautet der Befehl zum Zurücklesen dieser Daten vom Gerät 0xA0. Der Offset beträgt 0x80.

Nach diesem Schema ergibt sich folgende Befehlsliste, die zum Auslesen der Parameter dient:

Befehl	Befehlscode	Wertebereich logisch
Widerstandwert	0xA0	1...1.000.000
Speicherwert 1 lesen	0xA1	1...1.000.000
Speicherwert 2 lesen	0xA2	1...1.000.000
Speicherwert 3 lesen	0xA3	1...1.000.000
Speicherwert 4 lesen	0xA4	1...1.000.000
Speicherwert 5 lesen	0xA5	1...1.000.000
Schrittweite lesen	0xA6	0...4

Tabelle 14-1 Liste der Befehle zum Abfragen von Parametern

Wie unter Kapitel 5 bereits beschrieben, sieht die Antwort des Gerätes stets wie folgt aus:



Beispiel einer Parameteränderung (Widerstandswertänderung)

Der PC fragt den Diagnosecode ab und sendet dazu: 0x70, 3-mal 0x0 und abschließend den CRC. Das Gerät antwortet mit: 0x0, 0x20, 0x3, CRC und 0xAA.



Nun fragt der PC mit 0xA0, 3-mal 0x0 und CRC den neuen Wert ab und erhält den neuen Widerstandswert, gefolgt von CRC und 0xAA als Antwort.

## 15. Erklärungen zu Widerstandsreihen

Das Gerät kann den Widerstand in 1Ω-Schritten oder nach Normreihen gerastert einstellen. Der Zusammenhang der Codierung bei der Befehlsübertragung ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Code für Schrittweite	Schrittweite
0	1Ω
1	E12
2	E24
3	E48
4	E96

Die Werte für die E-Reihen lassen sich entweder aus einer Look-Up Table entnehmen oder berechnen. Sie resultieren aus den jeweiligen Toleranzen der Reihe.

Die Zahl hinter dem „E“ besagt, wie viele Werte sich innerhalb einer Dekade befinden. Der Logik folgend wird vom Anfangswert 1 ausgegangen und dieser mit einer Konstante multipliziert. Das Ergebnis wird anschließend jeweils immer wieder mit der gleichen Konstante multipliziert, bis das Ergebnis sich verzehnfacht hat.

Die darauffolgenden Dekaden berechnen sich nach dem gleichen Schema.

Die Berechnung der Konstante ergibt sich aus der x-ten Wurzel von 10.

$$k = \sqrt[x]{10} \quad \text{oder} \quad k = 10^{\frac{1}{x}}$$

X stellt dabei 12, 24, 48 oder 96 dar.

Die Rundung der Werte folgt leider keiner mathematisch exakten Regel und wurden wegen der bereits frühen hohen Verbreitung nachträglich nie mehr geändert.

Daher ist die Realisierung als Look-Up Table einfacher.



E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)		
1,0	1,0	1,00	1,00		
			1,02	1,02	
			1,05	1,05	
	1,1	1,1	1,10	1,10	
				1,13	1,13
				1,15	1,15
1,2	1,2	1,21	1,21		
			1,24	1,24	
	1,3	1,27	1,27		
			1,30	1,30	
			1,33	1,33	
			1,37	1,37	
1,5	1,5	1,40	1,40		
			1,43	1,43	
			1,47	1,47	
	1,6	1,6	1,50	1,50	
				1,54	1,54
				1,58	1,58
1,8	1,8	1,62	1,62		
			1,65	1,65	
			1,69	1,69	
	2,0	2,0	1,74	1,74	
				1,78	1,78
				1,82	1,82
2,2	2,2	1,87	1,87		
			1,91	1,91	
			1,96	1,96	
	2,4	2,4	2,00	2,00	
				2,05	2,05
				2,10	2,10
2,7	2,7	2,15	2,15		
			2,21	2,21	
			2,26	2,26	
	3,0	3,0	2,32	2,32	
				2,37	2,37
				2,43	2,43
3,3	3,3	2,49	2,49		
			2,55	2,55	
			2,61	2,61	
	3,6	3,6	2,67	2,67	
				2,74	2,74
				2,80	2,80
4,7	4,7	2,87	2,87		
			2,94	2,94	
			3,01	3,01	
	5,6	5,6	3,09	3,09	
				3,16	3,16
				3,24	3,24

E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)		
3,3	3,3	3,32	3,32		
			3,48	3,48	
			3,57	3,57	
3,9	3,9	3,65	3,65		
			3,74	3,74	
			3,83	3,83	
4,7	4,7	3,92	3,92		
			4,02	4,02	
	5,1	5,1	4,12	4,12	
				4,22	4,22
				4,32	4,32
				4,42	4,42
5,6	5,6	4,53	4,53		
			4,64	4,64	
			4,75	4,75	
	6,2	6,2	4,87	4,87	
				4,99	4,99
				5,11	5,11
6,8	6,8	5,23	5,23		
			5,36	5,36	
			5,49	5,49	
	7,5	7,5	5,62	5,62	
				5,76	5,76
				5,90	5,90
8,2	8,2	6,04	6,04		
			6,19	6,19	
			6,34	6,34	
	9,1	9,1	6,49	6,49	
				6,65	6,65
				6,81	6,81
10	10	6,98	6,98		
			7,15	7,15	
			7,32	7,32	
	12	12	7,50	7,50	
				7,68	7,68
				7,87	7,87
15	15	8,06	8,06		
			8,25	8,25	
			8,45	8,45	
	18	18	8,66	8,66	
				8,87	8,87
				9,09	9,09
22	22	9,31	9,31		
			9,53	9,53	
			9,76	9,76	

Abbildung 15-1 E-Reihen

## 16. Technische Daten

### 16.1. Elektrische Parameter

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Versorgungsspannungsbereich	9		26	VDC
Leistungsaufnahme		4	6	W
Zulässige Verlustleistung simulierter Widerstand		0,25		W
Genauigkeit eingestellter Widerstand	-1	±0,5	+1	Ω
Spannungsfestigkeit simulierter Widerstand	250			V

### 16.2. Sonstige Daten

Parameter	Wert
Arbeitstemperatur	-10°C...+60°C
Gehäusematerial	Aluminium, ABS
Abmessungen	Ca. 173x103x35mm
Gewicht	Ca. 382g



## 17.CE Konformitätserklärung

Hersteller: HSE Lorand d'Ouvenou  
Hermann-Köhl-Str. 3  
D-93049 Regensburg



Produktbezeichnung: Widerstandsdekade RD10  
Modell: RD10-01 / RD10-02

Der Hersteller bescheinigt hiermit die Konformität des oben genannten Produkts mit den folgenden Bestimmungen:

- EMV Richtlinien 2014/30/EU
- RoHS 2011/65/EU



Datum: 29.10.2020

Unterschrift

Lorand d'Ouvenou, Geschäftsführer