 FACH HOCH SCHULE JENA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	<b>FB Elektrotechnik u. Informationstechnik</b>  Laborpraktikum Grundlagen der Elektrotechnik		Versuch  3
	<b>Gleichstromnetzwerke</b>		
Seminargruppe: ..... <i>1-19</i> ..... Praktikumsgruppe: ..... <i>P05</i> ..... Teilnehmer: ..... <i>Jürgen Döflinger</i> ..... .....	Datum: ..... <i>7.1.10</i> ..... <b>Testat:</b> ..... <i>Zeslat</i> ..... ..... <i>Ziedler</i> ..... Unterschrift		

#### Literatur

- [1] Führer, Heidemann, Nerreter:  
 Grundgebiete der Elektrotechnik, Bd. 1  
 München: Hanser 1990, S. 35-86
- [2] Weißgerber, W.:  
 Elektrotechnik für Ingenieure, Teil 1  
 Braunschweig: Vieweg 1991, S. 27-129

### 1. Versuchsvorbereitung

#### 1.1. Spannungs- und Stromquellen

Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild einer realen Spannungsquelle und einer realen Stromquelle, jeweils belastet mit  $R_L$  ! Wodurch unterscheiden sich reale von idealen aktiven Zweipolen ?

#### 1.2. Lineare Quellen

- Skizzieren Sie die Funktionen  $U = f(I)$  einer realen linearen Spannungsquelle und eines Lastwiderstandes in einem Diagramm.
- Kennzeichnen Sie im Diagramm Strom und Spannung am Lastwiderstand. Wie wird das Wertepaar bezeichnet?
- Geben Sie die Gleichungen für den aktiven und den passiven Zweipol an.
- Geben Sie die Gleichung zur graphischen Bestimmung des Innenwiderstandes  $R_i$  der Quelle an.
- Was ist bei der messtechnischen Bestimmung der Quellenspannung an einer realen Spannungsquelle zu beachten? Welcher Fehler ist zu berücksichtigen?

#### 1.3 Nichtlineare Quellen

- Skizzieren Sie die Funktion  $U = f(I)$  einer Solarzelle. Entwickeln Sie daraus die Leistungskurve bei unterschiedlicher ohmscher Belastung.
- Reflektieren Sie eine sinnvolle Verteilung der Messpunkte über dem Kurvenverlauf zur Minimierung des Fehlers bei der Ermittlung des Leistungsmaximums.
- Geben Sie die Gleichungen für den Gleichstrominnenwiderstand und den diff. Innenwiderstand nichtlinearer Quellen in einem gewählten AP an.  
 Hinweis:  
 Vervollständigen Sie zur Plausibilisierung die  $U/I$ -Kennlinie der Solarzelle.

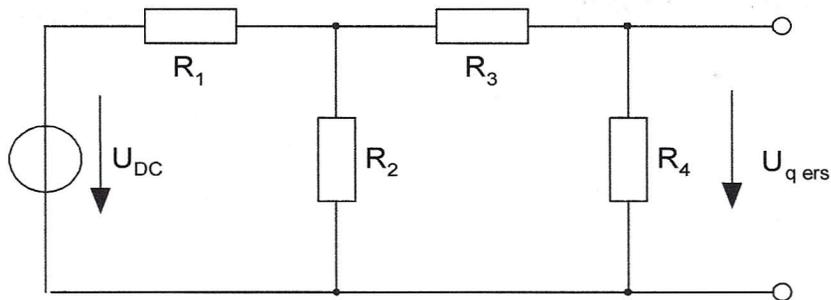
#### 1.4. Lineares Netzwerk

- Stellen Sie für die Schaltung ein linear unabhängiges Gleichungssystem zur Berechnung der Spannungen und Ströme im vorgegebenen Netzwerk mit Hilfe der Kirchhoffschen Gesetze auf.
- Berechnen Sie alle Ströme und Spannungen. Für das Netzwerk gilt:  
 $U_{DC} = 10V$ ,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 330\Omega$ ,  $R_3 = 150\Omega$  und  $R_4 = 470\Omega$ .

Fassen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen.

Entwerfen Sie die Tabelle so, dass die Messwerte aus 2.4. zum Vergleich eingetragen werden können.

- Ermitteln Sie die Ersatz-Quellenspannung  $U_{q\text{ ers}}$ , sowie den Ersatzinnenwiderstand  $R_{i\text{ ers}}$  der dargestellten Schaltung.



## 2. Versuchsdurchführung und -auswertung

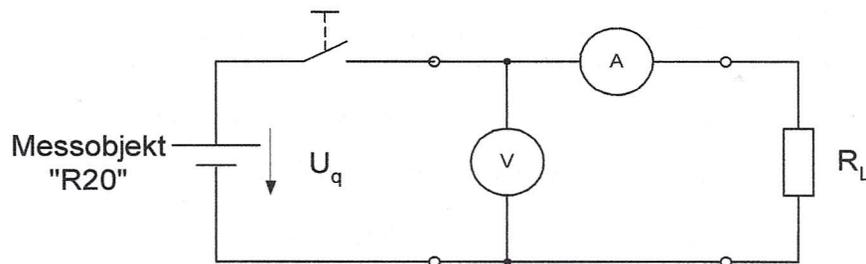
### 2.1. Analyse linearer Spannungsquellen - Primärelement als Spannungsquelle

Bauen Sie die abgebildete Messschaltung auf!

**Nutzen Sie zur Strommessung den Ampere-Bereich des Multimeters !**

- Messen Sie die Leerlaufspannung der Monozelle mit einem Digitalmultimeter.
- Belasten Sie die Spannungsquelle nacheinander mit einem Widerstand von  $10\Omega$ ;  $5,1\Omega$  und  $1\Omega$ . Messen Sie nach Schließen des Schalters Strom und Spannung.

Schließen Sie den EIN-Taster nur kurzzeitig zum Messen von Strom und Spannung

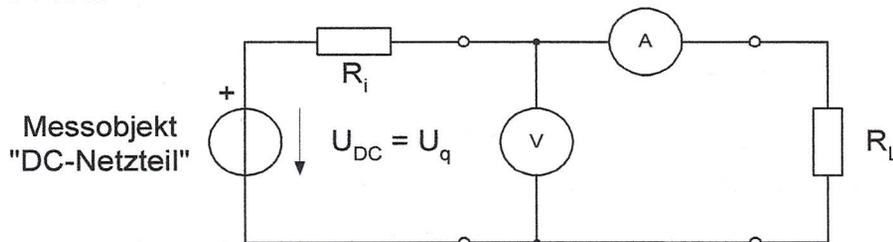


- Stellen Sie die Funktion  $U = f(I)$  der Monozelle im Bereich  $0 \leq I \leq 1,5 \text{ A}$  ( $100 \text{ mA/cm}$ ;  $0,1 \text{ V/cm}$ ) dar. Orientieren Sie den Bereich der Ordinate an der Leerlaufspannung von ca.  $1,5 \text{ V}$  der Monozelle.
- Ermitteln Sie mittelbar aus dem Diagramm  $R_i$  und Kurzschlussstrom  $I_K$  der Spannungsquelle.

**$I_K$  nicht direkt messen!**

### 2.2 Analyse linearer Spannungsquellen - DC-Netzteil als Spannungsquelle

- Stellen Sie am Ausgang der DC-Spannungsversorgung die Leerlaufspannung der Monozelle ein.
- Modifizieren Sie die Messschaltung. Ersetzen Sie dazu wie angegeben die Monozelle durch das DC-Netzteil.



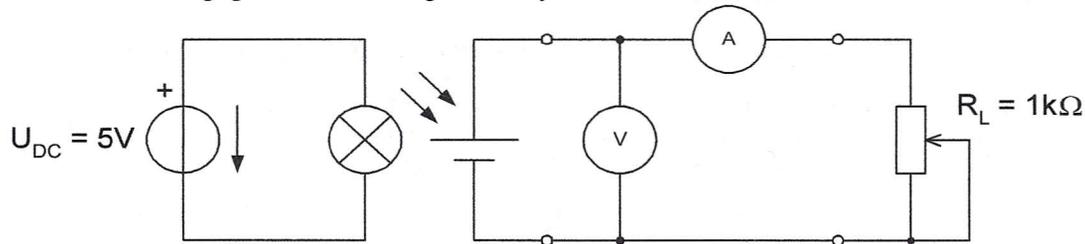
**Stellen Sie die Strombegrenzung am DC-Netzteil auf 1,5 A!  
Benutzen Sie zur Strommessung den Ampere -Bereich!**

- Belasten sie die Spannungsquelle nacheinander mit einem Widerstand von  $10\Omega$ ;  $5,1\Omega$  und  $1\Omega$ .
- Tragen Sie die gemessene Funktion in das Diagramm aus 2.1 ein.
- Ermitteln Sie aus dem Diagramm Innenwiderstand  $R_i$  und Kurzschlussstrom  $I_K$  der Spannungsquelle.
- Zeichnen Sie weiterhin die Widerstandsgeraden der drei Lastwiderstände in das Diagramm ein!
- Markieren Sie alle Arbeitspunkte!
- Wie verändert sich der Arbeitspunkt, wenn
  - a)  $R_i = \text{const.}$  und der Lastwiderstand vergrößert wird und
  - b) bei  $R_L = \text{const.}$  der Innenwiderstand verkleinert wird.Wählen Sie je ein Beispiel aus und kennzeichnen Sie durch Pfeile die Verschiebung der Arbeitspunkte im Diagramm.

### 2.3. Analyse nichtlinearer Spannungsquellen - Solarzelle als nichtlineare Quelle

**Vermeiden Sie unbedingt Fremdspannungen an der Solarzelle!**

Bauen Sie die angegebene Schaltung zur Analyse der Solarzelle auf.



Ermitteln Sie die Funktion  $U = f(I)$  durch Veränderung des Lastwiderstandes.  
(Zur Skalierung messen Sie zuvor die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom).

- Stellen Sie zunächst die Messwerte von  $U$  und  $I$  in einer Tabelle zusammen.
- Errechnen Sie für alle Belastungsfälle die abgegebene Leistung  $P_{ab}$  der Solarzelle.
- Zeichnen Sie die Funktionen  $U = f(I)$ ,  $P_{ab} = f(I)$  in ein Diagramm.
- Bei welchem Lastwiderstand gibt die Solarzelle die maximale Leistung ab?  
Ermitteln Sie für die Solarzelle bei  $P = P_{max}$  graphisch
  - den Lastwiderstand  $R_L$ ,
  - den Gleichstrominnenwiderstand  $R_i$
  - sowie den differentiellen Innenwiderstand  $r_i$ .Nehmen Sie die dazu notwendigen Eintragungen im Diagramm vor.
- Diskutieren Sie das Ergebnis.

### 2.4 Netzwerkanalyse

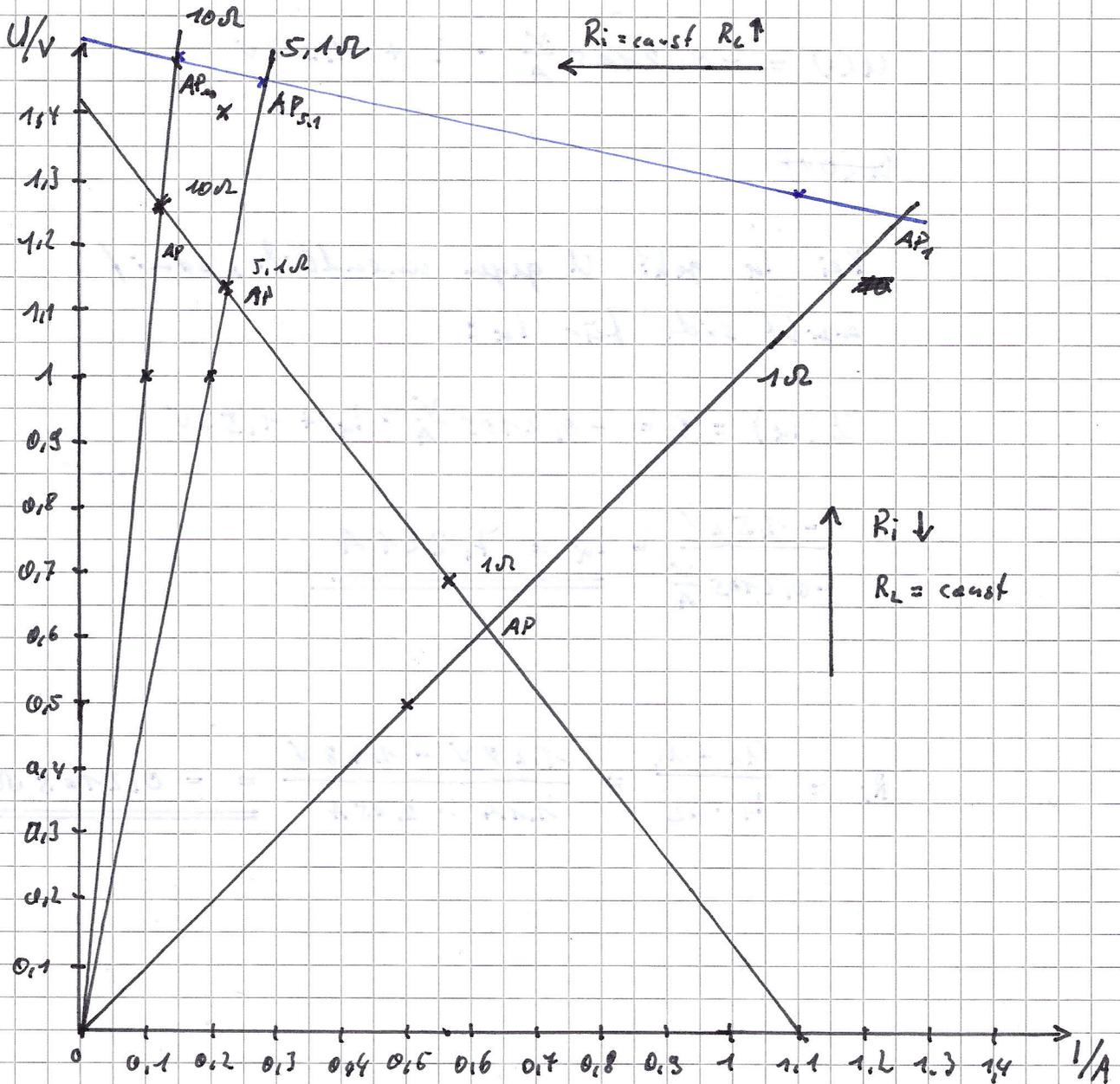
Bauen Sie das Netzwerk aus 1.4 auf!

- Messen Sie alle Spannungen und Ströme in der Schaltung.  
Tragen Sie die Werte in die Tabelle aus 1.4. ein.  
Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den errechneten Werten aus 1.4.
- Bestimmen Sie den Ersatzinnenwiderstand des Netzwerkes durch Zuschalten eines Lastwiderstandes an den Ausgangsklemmen! (Messen Sie  $U$  und  $I$  am Lastwiderstand)  
Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den errechneten Werten aus 1.4.  
Übertragen Sie dazu die gemessenen Werte zu den errechneten in die vorbereitete Tabelle!
- Zeichnen Sie das Spannungsquellen - Ersatzschaltbild.  
Tragen Sie die konkreten Werte für die Ersatzkomponenten ein.

2.1.

$U_L = 1,48 \text{ V}$

$1 \Omega$	$5,1 \Omega$	$10 \Omega$
$0,163 \text{ V}$	$1,14 \text{ V}$	$1,26$
$0,56 \text{ A}$	$0,22 \text{ A}$	$0,12 \text{ A}$



$I_k = 1,1 \text{ A}$

$R_i = \frac{U_L}{I_k} = \frac{1,48 \text{ V}}{1,1 \text{ A}} \approx 1,35 \Omega$

2.2.

$U_L = 1,5 \text{ V}$

$1 \Omega$	$5,1 \Omega$	$10 \Omega$
$1,23 \text{ V}$	$1,45 \text{ V}$	$1,48 \text{ V}$
$1,1 \text{ A}$	$0,28 \text{ A}$	$0,15 \text{ A}$

$$U(i) = \frac{u_1 - u_2}{I_1 - I_2} \cdot I + U(I=0)$$

$$U(i) = \frac{1,28\text{V} - 1,48\text{V}}{1,1\text{A} - 0,15\text{A}} \cdot I + 1,52\text{V}$$

$$U(i) = -0,2105 \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot I + 1,52\text{V}$$

$U(I_K)$

Bei  $I_K$  geht  $U$  gegen unendlich, somit  
erhält sich für  $I_K$ :

$$U(I_K) = 0 = -0,2105 \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot I_K + 1,52\text{V}$$

$$\frac{-1,52\text{V}}{-0,2105 \frac{\text{V}}{\text{A}}} = I_K = \underline{\underline{7,221\text{A}}}$$

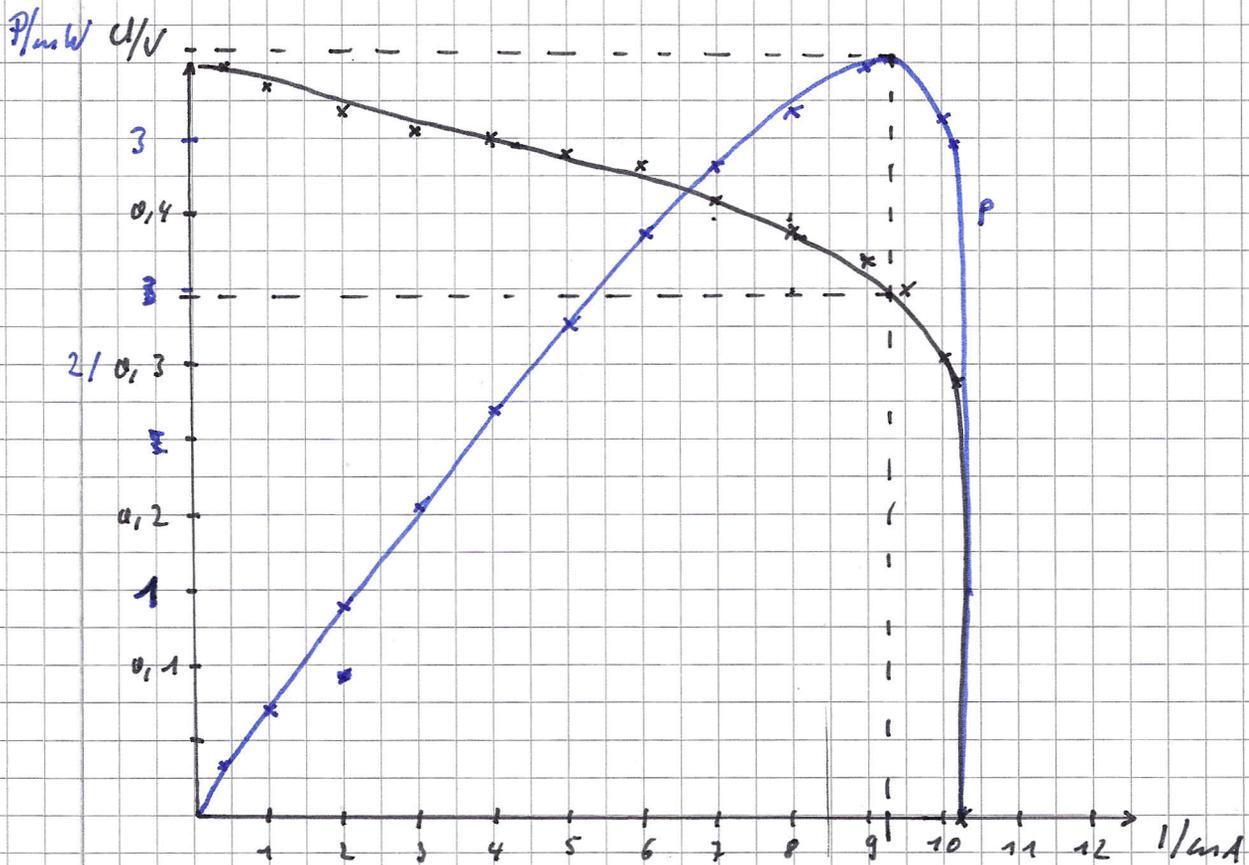
$$R_i = \frac{u_1 - u_2}{I_1 - I_2} = \frac{1,28\text{V} - 1,48\text{V}}{1,1\text{A} - 0,15\text{A}} = \underline{\underline{-0,2105\ \Omega}}$$

2.3.

$P/mW$	0,22	0,48	0,84	1,38	1,8	2,2	2,58	3,07	3,72	3,33	
$I/mA$	0,44	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10,22
$U/V$	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,41	0,39	0,37	0

$I/mA$	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10	10,11
$U/V$	0,367	0,361	0,358	0,354	0,348	0,344	0,337	0,330	0,320	0,310	0,234
$P/mW$	3,34	3,33	3,324	3,327	3,3	3,3	3,27	3,23	3,17	3,1	2,97

$P = 3,33 mW$  für  $9 mA$

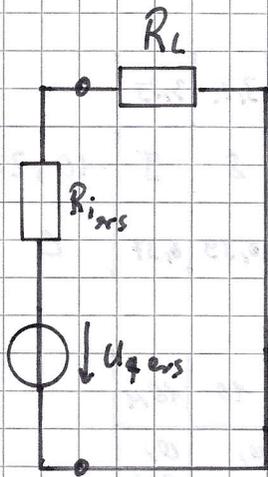


$$U_{pmax} = 0,365 V$$

$$I_{pmax} = 3,3 mA$$

$$R_L = R_i = \frac{U_{pmax}}{I_{pmax}} = \frac{0,365 V}{3,3 mA} = \underline{\underline{37,1 \Omega}}$$

2.4.



$$R_{i,rs} = 315 \Omega$$

$$U_{q,rs} = 5,19 \text{ V}$$

