

# Praktikum Messtechnik

Gruppe 4.3.2

**Versuch:**

- 401 -

Strom- Spannungsmessung  
Messung an Zweipolen

**Versuchsdatum:**

23.04.2003

**Teilnehmer:**

Hornung, Jörg  
Karg, Michael  
Uhl, Michael

Versuchsvorbereitung:

$$R_X' = \frac{U_X}{I_A} = \frac{U_V}{I_A} = \frac{R_V \cdot R_X}{(R_V + R_X)}$$

$$\underline{\underline{R_X}} = R_X' \parallel R_V = \frac{R_X'(-R_V)}{R_X' - R_V} = \frac{R_X'(-R_V)}{R_X' - R_V} \cdot \frac{\frac{1}{-R_V}}{\frac{1}{-R_V}} = \underline{\underline{\frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}}}}$$

$$\underline{\underline{f_r}} = \frac{\Delta R}{R_X} = \frac{R_X' - R_X}{R_X} = \frac{R_X' - \frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}}{\frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}} = \frac{R_X'}{R_X'} - 1 = 1 - \frac{R_X'}{R_V} - 1 = -\underline{\underline{\frac{R_X'}{R_V}}}}$$

Versuchsdurchführung:**3.1 Strommessung**

Es wurde der Einfluss des Innenwiderstandes eines Strommessers mit  $R_A = 10\Omega$  ermittelt.

Die Messschaltung wurde nach *Bild 12* aufgebaut. Mittels der Widerstände  $R_S$  und  $R_P$  wurde  $U=100mV$  eingestellt und konstant gehalten.

Als Spannungsmessgerät wurde das Digitalmultimeter verwendet und als Strommessgerät wurde das *Metravo 3D* mit dem Messbereich  $20mA$  ( $\Delta U = 200mV$  bei *Vollausschlag*  $\Rightarrow R_A = 10\Omega$ ) verwendet.

Für die Stromstärke  $I$  wurde gemessen:

$R_V$ in $\Omega$	100	50	20	15	10	8	5	4
$I'$ in mA	0,91	1,66	3,3	3,96	4,9	5,4	6,45	7,00

Tabelle 1

**3.2 Spannungsmessung**

Die Messschaltung wurde nach *Bild 13* aufgebaut.

Es wurde nun die Spannung am Spannungsteiler  $R_1 + R_2 = R = 10K\Omega$  gemessen.

Die Spannung  $U_V$  wurde am Teilwiderstand  $R_1$  mit dem Messgerät *MT0002* gemessen.

a) Messbereich:  $2,5V$

$R_1$ in $k\Omega$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_V$ in V	0	0,20	0,35	0,45	0,60	0,70	0,90	1,10	1,35	1,75	2,50

Tabelle 2

b) Messbereich: 7,5V

$R_1$ in kV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_V$ in V	0	0,6	1,2	1,7	2,2	2,8	3,4	4,0	4,8	5,7	7,0

Tabelle 3

### 3.3 Widerstandsmessung

Es wurden zwei verschieden große Widerstände  $R_{X1}$  und  $R_{X2}$  stromrichtig nach Bild 3a und spannungsrichtig nach Bild 3b gemessen. Die Versorgungsspannung wurde auf 7V eingestellt. Zur Spannungsmessung wurde das MT0002 mit dem Messbereich 7,5V ( $R_V=10K\Omega$ ) und zur Strommessung das NF00162 verwendet.

a) Stromrichtig

für  $R_{X1}$  :             $U=7,0V$                      $I=68,4mA$                      $\Rightarrow R_{X1}=102,3\Omega$   
für  $R_{X2}$  :             $U=7,0V$                      $I=6,9mA$                      $\Rightarrow R_{X2}=1014\Omega$

b) Spannungsrichtig

für  $R_{X1}$  :             $U=6,9V$                      $I=69mA$                      $\Rightarrow R_{X1}=100\Omega$   
für  $R_{X2}$  :             $U=7,0V$                      $I=7,6mA$                      $\Rightarrow R_{X2}=921,1\Omega$

Nun wurde die Kennlinie eines nichtlinearen Widerstandes ( $VDR$ ) mit der Schaltung nach Bild 14 aufgenommen:

U in V	0	2	4	8	12	16	20	25	30	35	40	42
I in mA	0	0,003	0,011	0,073	0,268	0,754	1,705	4,16	8,60	16,10	34,8	40,4

Tabelle 4

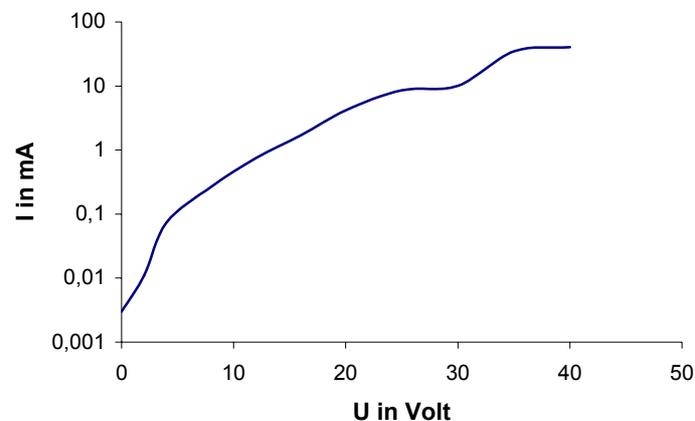


Abbildung 1

### 3.4 Messung am aktiven Zweipol

Die Messschaltung wurde nach *Bild 15* aufgebaut und die Leerlaufspannung  $U_q$  und der Kurzschlussstrom  $I_K$  gemessen. Für die Spannungsmessung wurde das Digitalmultimeter verwendet, da es einen sehr hohen Innenwiderstand hat.

$$U_q=30,6V \quad I_K=5,2mA \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{R_i}} = \frac{U_q}{I_K} = \frac{30,6V}{5,2mA} = \underline{\underline{5,88K\Omega}}$$

### 3.5 Aufnahme der Quellenkennlinie, Arbeitspunktbestimmung

Es wurde die Kennlinie  $U=f(I)$  vom aktiven Zweipol nach *Bild 15* aufgenommen. Der aktive Zweipol wurde mit einem veränderlichen Widerstand  $R_v$  belastet.

$R_v / R_i$	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	5	10	15
$R_v$ in $k\Omega$	1,47	2,94	4,41	5,88	8,82	11,76	17,64	29,4	58,8	88,2
$I$ in mA	4,1	3,4	2,9	2,6	2,09	1,74	1,30	0,870	0,474	0,326

Tabelle 5

### 3.6 Bestimmung des Arbeitspunktes bei einem nichtlinearen Verbraucher

Der aktive Zweipol von *Bild 15* wurde mit einer Reihenschaltung aus einem Widerstand  $R=1k\Omega$  und dem nichtlinearen Widerstand (*VDR*) von *Aufgabe 3.3* belastet. Durch Strom- und Spannungsmessung wurde der Arbeitspunkt bestimmt:

$$U_{AP}=21,1V \quad I_{AP}=1,63mA$$

### 3.7 I / U – Kennlinie des Ventilators

Es wurde die  $I(U)$  – Kennlinie des Ventilators mittels Strom- und Spannungsmessung ermittelt.

U in V	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I in mA	0,0	8,3	31,7	53,6	80,2	107,8	136,7	166,0	193,1	225,6	253,6	285,6	340,0

Tabelle 6

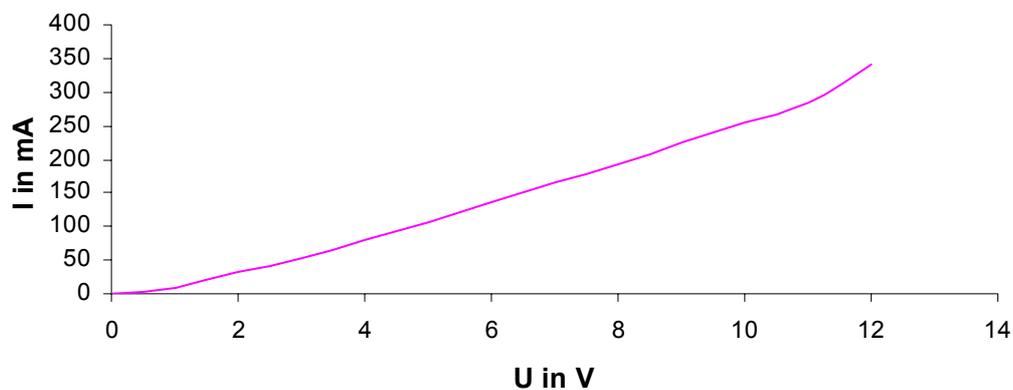
 $I(U)$  - Kennlinie

Abbildung 2

### 3.8 I / U – Kennlinie eines Solarzellenfeldes

Im Abstand von  $70\text{cm}$  wurde das *Solarzellenfeld* mit einem *Strahler* beleuchtet. Zwischen den Messungen wurde er ausgeschaltet, um eine unnötige Erwärmung des *Solarzellenfeldes* und eine darausfolgende Verfälschung des Messergebnisses so gering wie möglich zu halten. Zunächst wurde der *Kurzschlussstrom* und die *Leerlaufspannung* gemessen.

Danach wurde mit einer Widerstandsdekade als Last die  $I(U)$  – Kennlinie des Solarzellenfeldes aufgenommen.

$$I_K = 90,6 \text{ mA} \quad U_q = 17,44 \text{ V} \quad R_i = \frac{U_q}{I_K} = \frac{17,44 \text{ V}}{90,6 \text{ mA}} = \underline{\underline{192,5 \Omega}}$$

R in $\Omega$	20	50	100	150	200	250	350	500	750	1000	1500	2000
I in mA	90,1	88,7	84,7	79,5	68,9	59,0	44,8	32,5	22,2	16,8	11,3	8,5
U in V	1,93	4,56	8,56	12,04	13,89	14,84	15,75	16,33	16,71	16,88	17,05	17,15
P in W	173,9	404,5	725,0	957,2	957,0	875,6	705,6	530,7	371,0	283,6	192,7	145,8

Tabelle 7

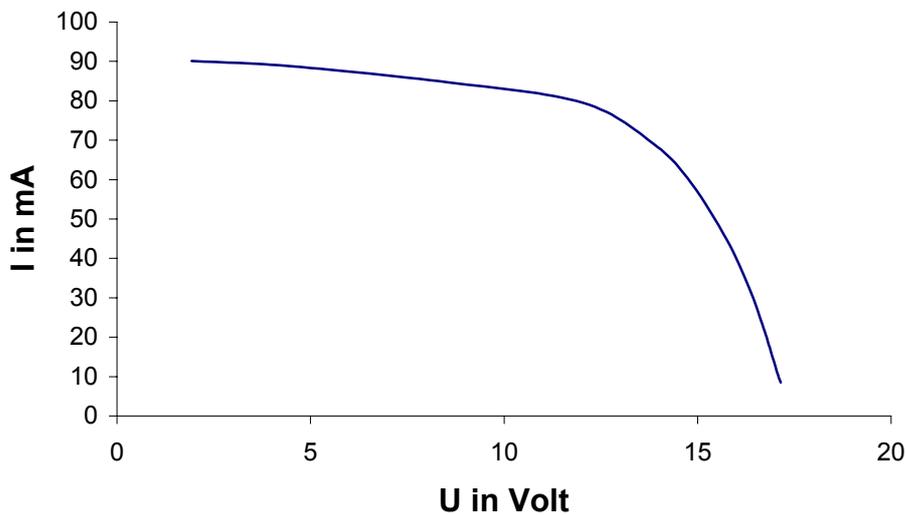


Abbildung 3

Nun wurde das Solarpanel und der Ventilator zusammenschaltend und der Arbeitspunkt gemessen:

$$I_{AP} = 89,5 \text{ mA} \quad U_{AP} = 3,8 \text{ V}$$

### Versuchsauswertung:

#### 4.1

$$I = I' \cdot \left( 1 + \frac{R_A}{R_V} \right) \qquad \frac{\Delta I}{I} = \frac{(I' - I)}{I} = \frac{-R_A}{(R_A + R_V)} = \frac{-\left( \frac{R_A}{R_V} \right)}{\left( 1 + \frac{R_A}{R_V} \right)}$$

$R_A = 10 \Omega$

$R_A / R_V$	0,10	0,20	0,50	0,47	1,00	1,25	2,00	2,50
$R_V$ in $\Omega$	100	50	20	15	10	8	5	4
$I'$ in mA	0,91	1,66	3,30	3,96	4,90	5,40	6,45	7,00
$I$ in mA	1,00	1,99	4,95	6,60	9,80	12,15	19,35	24,50
$\Delta I / I$	-0,09	-0,17	-0,33	-0,40	-0,50	-0,56	-0,67	-0,71

Tabelle 8

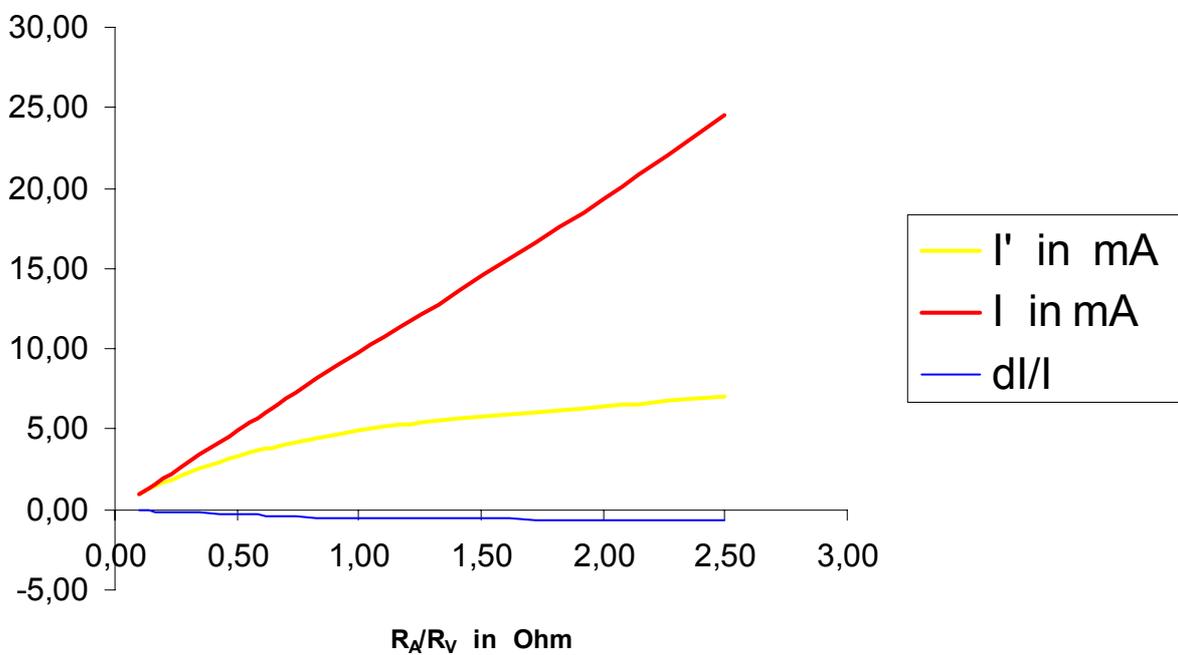


Abbildung 4

4.2

Messgerät: Messbereich: 2,5V ; Innenwiderstand: 3,4kΩ  
 Eingangsspannung: 2,5V

$R_1 / R$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$R_1$ in kΩ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

$U_V$ in V	0	0,2	0,35	0,45	0,6	0,7	0,9	1,1	1,35	1,75	2,5
$U_V / U$	0	0,08	0,14	0,18	0,24	0,28	0,36	0,44	0,54	0,7	1
$U_V / U$ für $R_V \rightarrow \infty$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rel. Fehler für $R_V \rightarrow \infty$	0,00	-0,20	-0,30	-0,40	-0,40	-0,44	-0,40	-0,37	-0,33	-0,22	0,00

Tabelle 9

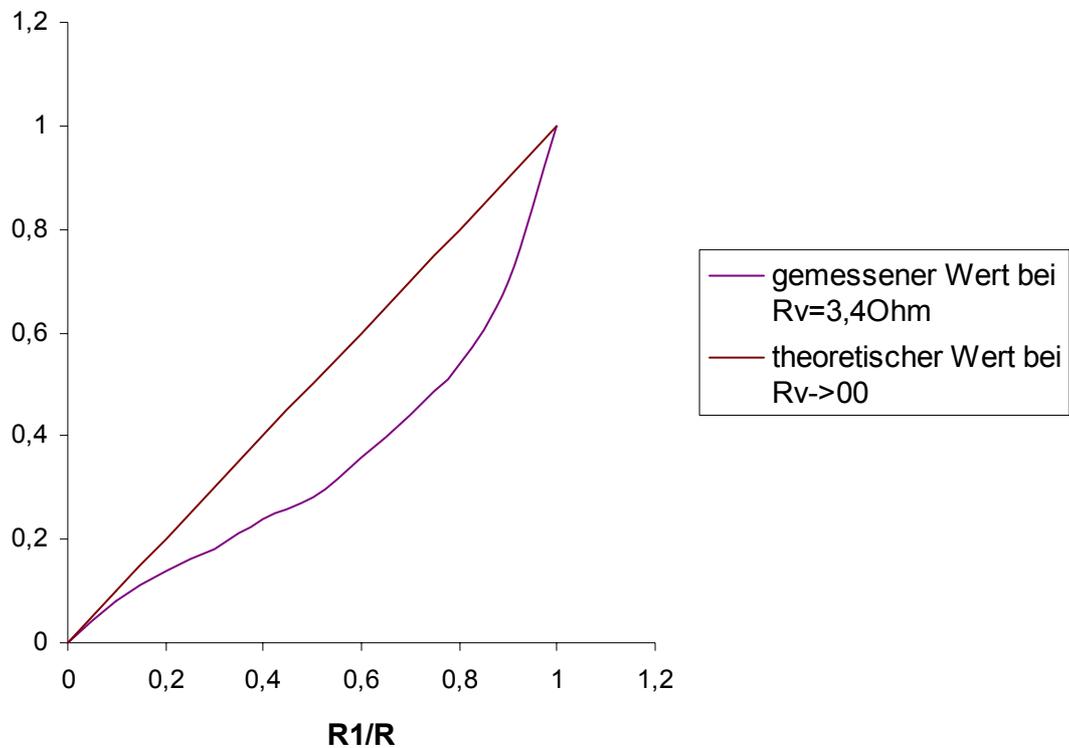
 **$U_V/U$  in Abhängigkeit von  $R_1/R$** 

Abbildung 5

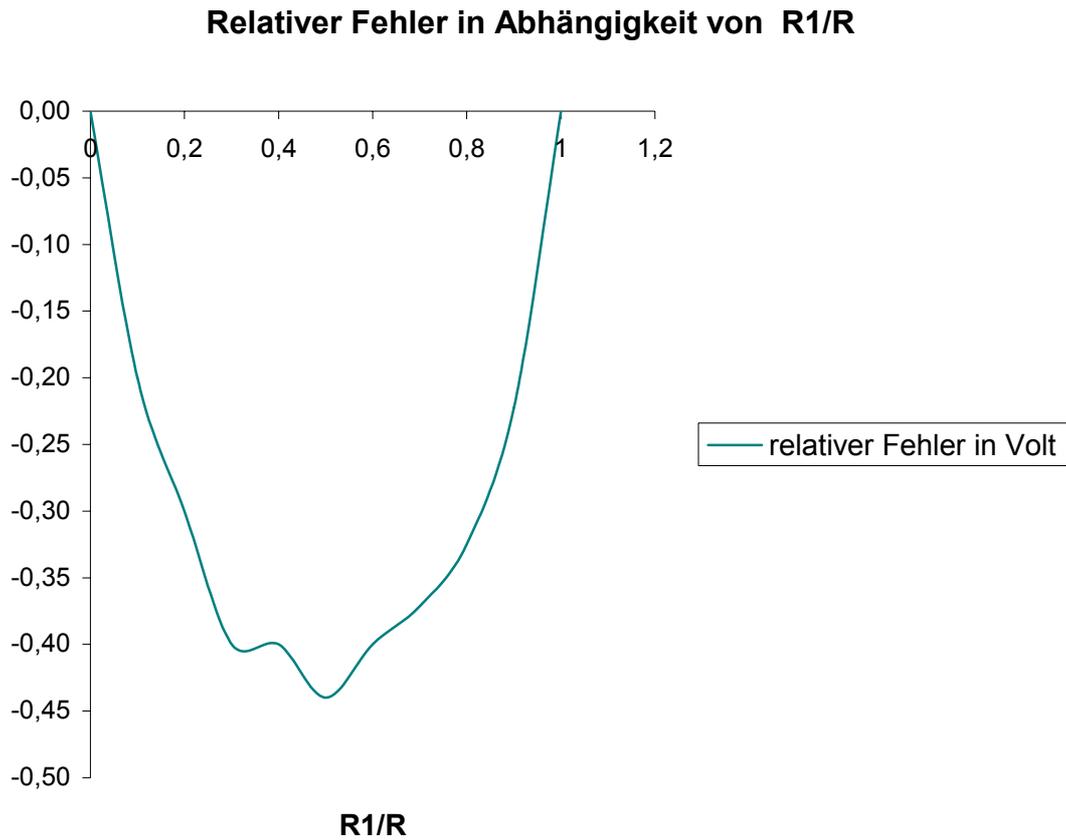


Abbildung 6

Messgerät: Messbereich:  $7,5V$  ; Innenwiderstand:  $10k\Omega$   
 Eingangsspannung:  $7V$

$R_1/R$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$R_1$ in $k\Omega$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_V$ in V	0	0,6	1,2	1,7	2,2	2,8	3,4	4	4,8	5,7	7
$U_V / U$	0	0,09	0,17	0,24	0,31	0,40	0,49	0,57	0,69	0,81	1,00
$U_V / U$ für $R_V \rightarrow \infty$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Rel. Fehler für $R_V \rightarrow \infty$	0,00	-0,14	-0,14	-0,19	-0,21	-0,20	-0,19	-0,18	-0,14	-0,10	0,00

Tabelle 10

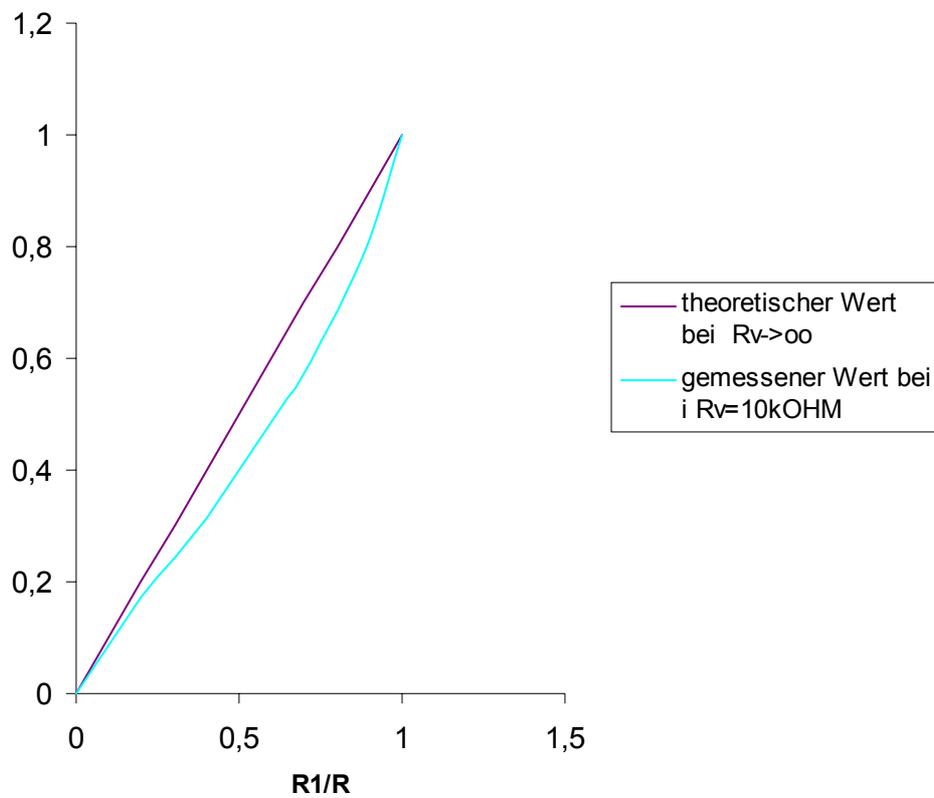
**Uv/U in Abhängigkeit von R1/R**

Abbildung 7

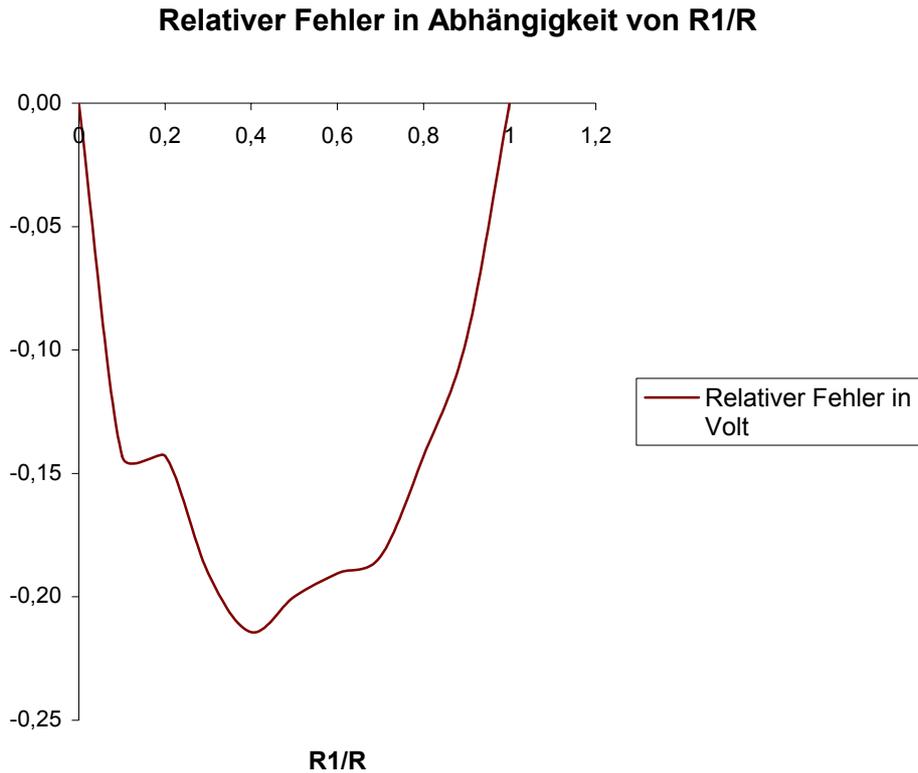


Abbildung 8

**4.3**Für Widerstand  $R_{X1}$  :

$$U_V = 7V \quad R_V = 10k\Omega \quad R_A = 10\Omega$$

	Stromrichtig	Spannungsrichtig
Gemessener Widerstand $R_{X1}$	102,30 $\Omega$	100,00 $\Omega$
Korrigierter Wert für $R_{X1}$	92,30 $\Omega$	101,01 $\Omega$
Prozentualer Fehler	9,78%	1,01%

Tabelle 11

Für Widerstand  $R_{X2}$  :

$$U_V = 7V \quad R_V = 10k\Omega \quad R_A = 1\Omega$$

	Stromrichtig	Spannungsrichtig
Gemessener Widerstand $R_{X2}$	1014,00 $\Omega$	912,10 $\Omega$
Korrigierter Wert für $R_{X2}$	1013,00 $\Omega$	1014,49 $\Omega$
Prozentualer Fehler	0,10%	11,23%

Tabelle 12

**4.4**

Gemessene Werte:

$$U_q = 30,6V \quad I_K = 5,2mA \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{R_i}} = \frac{U_q}{I_K} = \frac{30,6V}{5,2mA} = \underline{\underline{5,88K\Omega}}$$

Berechnete Werte:

$$\underline{\underline{R_i}} = \left( 2,5 + \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} \right) K\Omega = \underline{\underline{5,83K\Omega}}$$

$$\underline{\underline{I_K}} = \frac{45V - \left( \frac{45V}{5K\Omega + \frac{2,5K\Omega \cdot 10K\Omega}{2,5K\Omega + 10K\Omega}} \cdot 5K\Omega \right)}{2,5K\Omega} = \underline{\underline{5,143mA}}$$

$$\underline{\underline{U_q}} = R_i \cdot I_K = 5,833K\Omega \cdot 5,143mA = \underline{\underline{30,0V}}$$

Die Abweichung kommt durch Toleranzen bei Bauteilen und Messgeräten, durch Ablesefehler, durch Art der Messschaltung und durch Nicht-Linearität der Bauteile zustande.

4.5

$$U_q = 30,6V \quad I_K = 5,2mA \quad \underline{\underline{P_{Vmax}}} = \frac{U_q^2}{4 \cdot R_i} = \frac{(30,6V)^2}{4 \cdot 5,88K\Omega} = \underline{\underline{39,81mW}}$$

R <sub>v</sub> / R <sub>i</sub>	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	5	10	15
R <sub>v</sub> in kΩ	1,47	2,94	4,41	5,88	8,82	11,76	17,64	29,4	58,8	88,2
I in mA	4,1	3,4	2,9	2,6	2,09	1,74	1,3	0,87	0,474	0,326
U <sub>v</sub> in V	6,03	10,00	12,79	15,29	18,43	20,46	22,93	25,58	27,87	28,75
U <sub>v</sub> / U <sub>q</sub>	0,20	0,33	0,42	0,50	0,60	0,67	0,75	0,84	0,91	0,94
I / I <sub>K</sub> in mA	0,79	0,65	0,56	0,50	0,40	0,33	0,25	0,17	0,09	0,06
PV / P <sub>vmax</sub>	0,62	0,85	0,93	1,00	0,97	0,89	0,75	0,56	0,33	0,24

Tabelle 13

Quellkennlinie U<sub>v</sub>=f(I)



Der Arbeitspunkt ist der Schnittpunkt der beiden Geraden.

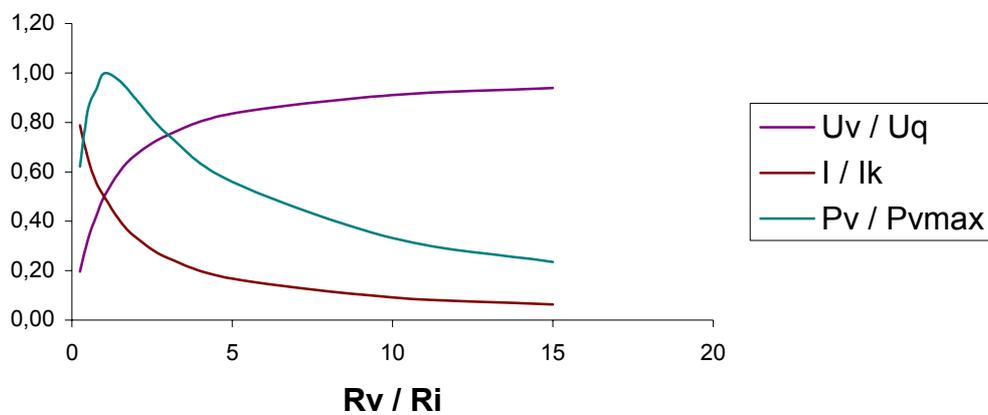


Abbildung 10

#### 4.6 Bestimmung des Arbeitspunktes bei einem nichtlinearen Verbraucher

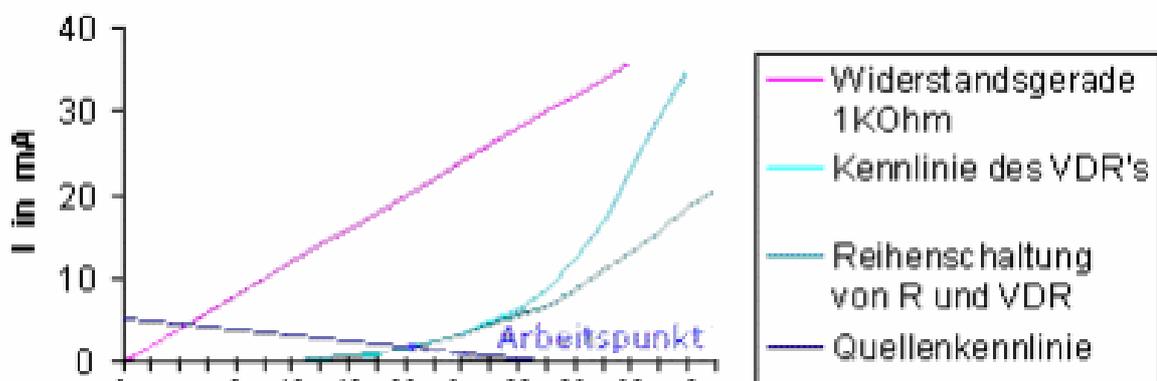


Abbildung 11

Der Arbeitspunkt ist der Schnittpunkt der Quellenkennlinie und der Kennlinie der Reihenschaltung von R und VDR.

#### 4.7 Kennlinie eines Solarzellenfeldes

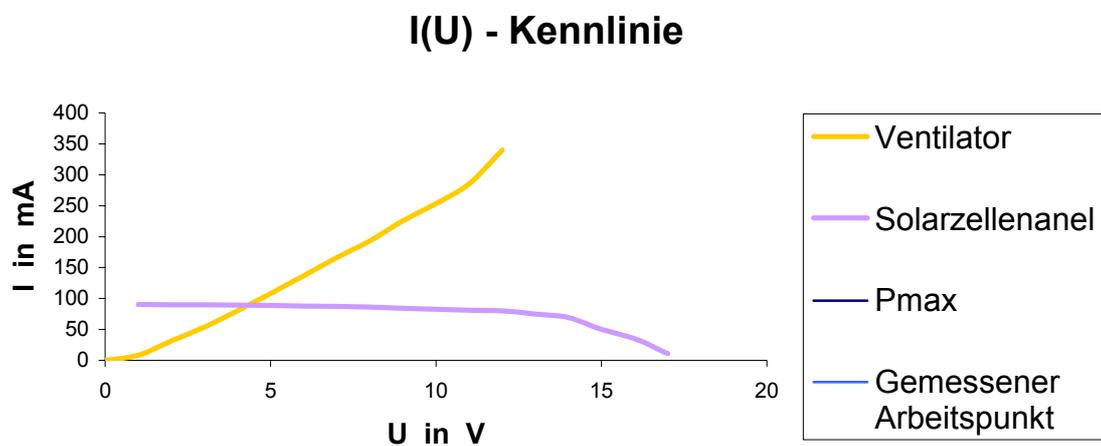


Abbildung 12

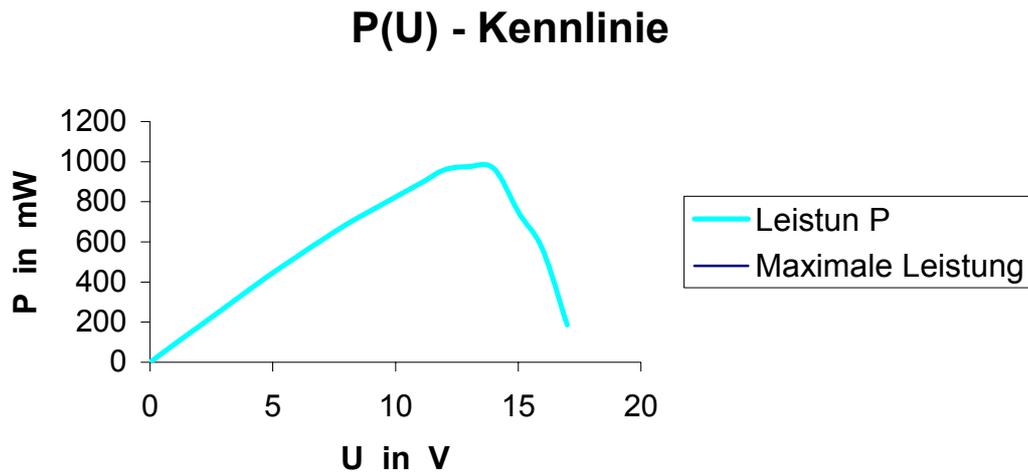


Abbildung 13

Tatsächlich abgegebene Leistung:

$$\frac{P_{mpp}}{P} = \frac{9,7W}{0,975W} = \underline{\underline{9,95\%}}$$

Das Solarpanel gibt deutlich weniger Leistung ab, da es im Versuch mit einem Strahler betrieben wurde, dessen Lichtspektrum sich von dem des Sonnenlichts stark unterscheidet. Die Maximale Leistung kann deshalb nur bei Sonnenlicht erreicht werden.