

# Versuchsvorbereitung, Meßwerte und Versuchsauswertung zum Versuch 401 – Praktikum Meßtechnik

## 2. Versuchsvorbereitung

$$(8a) \quad R_X' = \frac{U_X}{I_A} = \frac{U_V}{I_A} = \frac{R_V \cdot R_X}{(R_V + R_X)}$$

$$R_X = R_X' \parallel R_V = \frac{R_X' \cdot (-R_V)}{R_X' - R_V} = \frac{R_X' \cdot (-R_V)}{R_X' - R_V} \cdot \frac{\frac{1}{-R_V}}{\frac{1}{-R_V}} = \frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})} \quad (8c)$$

$$f_r = \frac{\Delta R}{R_X} = \frac{R_X' - R_X}{R_X} = \frac{R_X' - \frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}}{\frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}} = \frac{R_X' - \frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}}{\frac{R_X'}{(1 - \frac{R_X'}{R_V})}} - 1 = 1 - \frac{R_X'}{R_V} - 1 = -\frac{R_X'}{R_V} \quad (8d)$$

## 3. Versuchsdurchführung

### 3.1 Strommessung

verwendete Meßgeräte:

Spannungsmessgerät: DMM

Strommessgerät: Metravo 3D, Meßbereich 20mA

( $\Delta U = 200\text{mV}$  bei Vollausschlag  $\Rightarrow R_A = 10\Omega$ )

$R_V$ in $\Omega$	100	50	20	15	10	8	5	4
$I$ in mA	0,92	1,66	3,32	3,99	4,96	5,44	6,54	7,00

### 3.2 Spannungsmessung

verwendete Meßgeräte:

Die Gesamtspannung wurde mit dem DMM gemessen.

$U_V$  wurde mit dem Metravo 4S (MT 0002) bestimmt.

#### 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	0,19	0,34	0,46	0,58	0,72	0,88	1,09	1,37	1,78	2,50

#### b) Messbereich 7,5V

$R_1$ in k $\Omega$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_V$ in V	0	0,66	1,21	1,75	2,29	2,81	3,40	4,06	4,82	5,76	7,00

### 3.3 Widerstandsmessung

verwendete Meßgeräte:

Spannungsmesser: MT0002, Meßbereich 7,5V

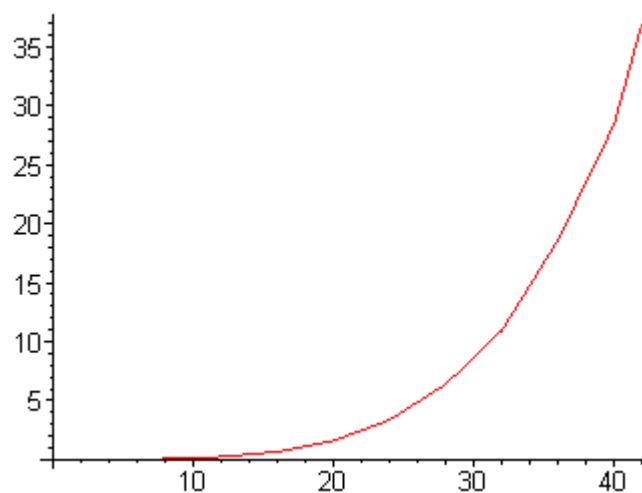
Strommesser: NF00162

$R_V = 10\text{k}\Omega$

		stromrichtig	spannungsrichtig
Widerstand $R_1$	U in V	7,00	6,99
	I in mA	6,93	7,62
Widerstand $R_1$	U in V	7,00	6,91
	I in mA	68,70	69,40

Aufnahme einer Kennlinie eines nichtlinearen Widerstandes (VDR):

U in V	I in mA
0	0
2	0,002
4	0,011
8	0,069
12	0,243
16	0,681
20	1,610
24	3,380
28	6,400
32	10,950
36	18,600
40	28,400
42	37,000



x-Achse: Spannung in V; y-Achse: Strom in mA

### 3.4 Messung am aktiven Zweipol

Leerlaufspannung  $U_q$ : 30,60V

Kurzschlußstrom  $I_K$ : 5,19mA

### 3.5 Aufnahme der Quellenkennlinie, Arbeitspunktbestimmung

$R_V/R_I$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0
$R_V$ in $k\Omega$	1,46	2,92	4,38	5,83	8,75	11,67	17,50	29,17	58,33	87,50
I in mA	4,10	3,40	2,99	2,62	2,10	1,75	1,32	0,88	0,48	0,33

### 3.6 Bestimmung des Arbeitspunktes bei einem nichtlinearen Verbraucher

$I = 1,279\text{mA}$

$U = 19,7\text{V}$

### 3.7 I/U-Kennlinie eines Ventilators

U in V	I in mA
0	0
1	23,9
2	32,3
3	52,0
4	76,0
5	105,0

6	134,1
7	163,1
8	185,8
9	214,2
10	233,6
11	268,8
12	294,5

### 3.8 I/U-Kennlinie eines Solarzellenfeldes

Abstand: 80cm

$I_K = 72,4\text{mA}$

$U_0 = 16,93\text{V}$

R in $\Omega$	I in mA	P in mW	U in V
20	70,0	111,3	1,59
50	71,0	265,5	3,74
100	70,0	508,2	7,26
150	66,5	680,3	10,23
200	60,2	744,7	12,37
250	53,3	723,3	13,57
350	41,5	613,4	14,78
500	30,8	479,6	15,57
750	21,1	339,7	16,10
1000	16,0	261,3	16,33
1500	10,8	178,7	16,55
2000	8,2	136,4	16,63

Solarpanel + Ventilator:

$I = 74\text{ mA}$

$U = 3,45\text{V}$

## 4. Versuchsauswertung

### 4.1 zu 3.1 Strommessung

$$\text{Gl. (2): } I = I' \cdot \left(1 + \frac{R_A}{R_V}\right) \quad \text{Gl. (3): } \frac{\Delta I}{I} = \frac{(I' - I)}{I} = \frac{-R_A}{(R_A + R_V)} = \frac{-\left(\frac{R_A}{R_V}\right)}{\left(1 + \frac{R_A}{R_V}\right)}$$

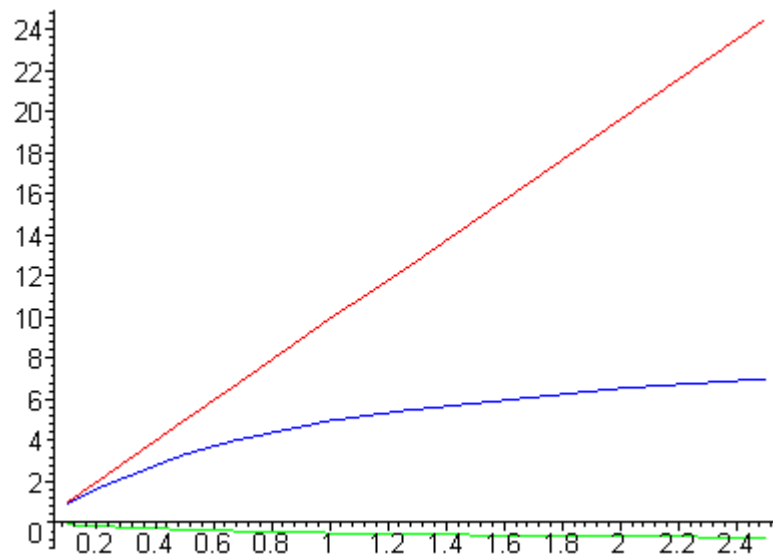
$R_A = 10\Omega$

$R_A/R_V$	0,10	0,20	0,50	0,67	1,00	1,25	2,00	2,50
$R_V$ in $\Omega$	100	50	20	15	10	8	5	4
$I'$ in mA	0,92	1,66	3,32	3,99	4,96	5,44	6,54	7,00
I in mA	1,01	1,99	4,98	6,62	9,92	12,24	19,62	24,50
$\Delta I/I$	-0,09	-0,17	-0,33	-0,40	-0,50	-0,56	-0,67	-0,71

Im folgenden Diagramm ist I,  $I'$  und  $\Delta I/I$  als Funktion von  $R_A/R_V$  aufgetragen.

x-Achse:  $R_A/R_V$

y-Achse: I (rot),  $I'$  (blau) und  $\Delta I/I$  (grün)



#### 4.2 zu 3.2 Spannungsmessung

relativer Fehler:  $\Delta x/x = 1 - x_w/x$

$x_w$  ... wahrer Wert

$x$  ... gemessener Wert

$\Delta x/x$  ... relativer Fehler

a) Messbereich 2,5V

$R_V = 3,4k\Omega$

$U = 2,5V$

$R_1/R$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$R_1$ in $k\Omega$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_V \rightarrow \infty; U_V/V$	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
$R_V \rightarrow \infty; U_V/U$	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$U_V$ in V	0	0,19	0,34	0,46	0,58	0,72	0,88	1,09	1,37	1,78	2,50
$U_V/U$	0	0,08	0,14	0,18	0,23	0,29	0,35	0,44	0,55	0,71	1,00
rel. Fehler/V	0	-0,32	-0,47	-0,63	-0,72	-0,74	-0,70	-0,61	-0,46	-0,26	0,00

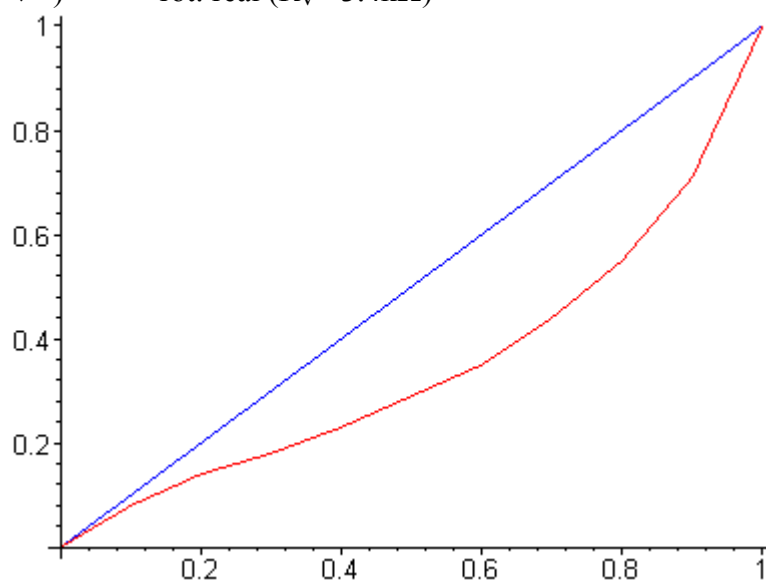
Das folgende Diagramm stellt  $U_V/U$  in Abhängigkeit von  $R_1/R$  dar.

x-Achse:  $R_1/R$

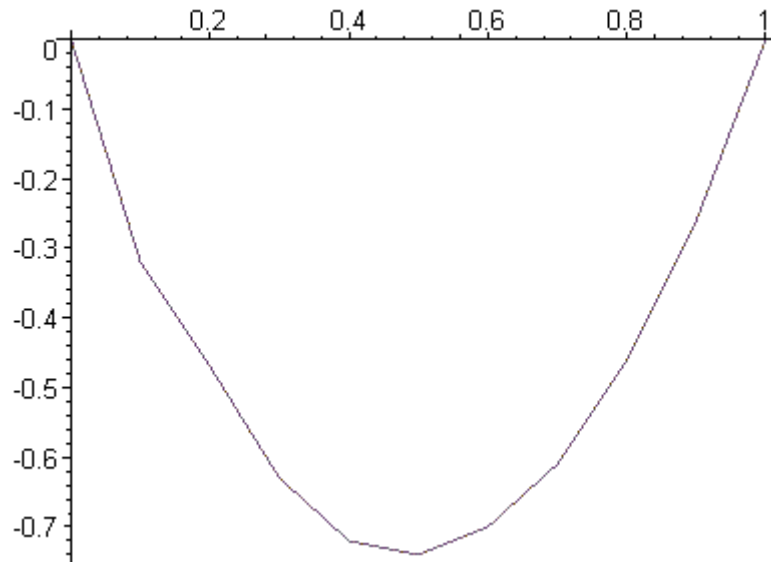
y-Achse:  $U_V/U$

blau: ideal ( $R_V \rightarrow \infty$ )

rot: real ( $R_V = 3.4k\Omega$ )



Das folgende Diagramm stellt den relativen Fehler in Abhängigkeit von  $R_1/R$  dar.

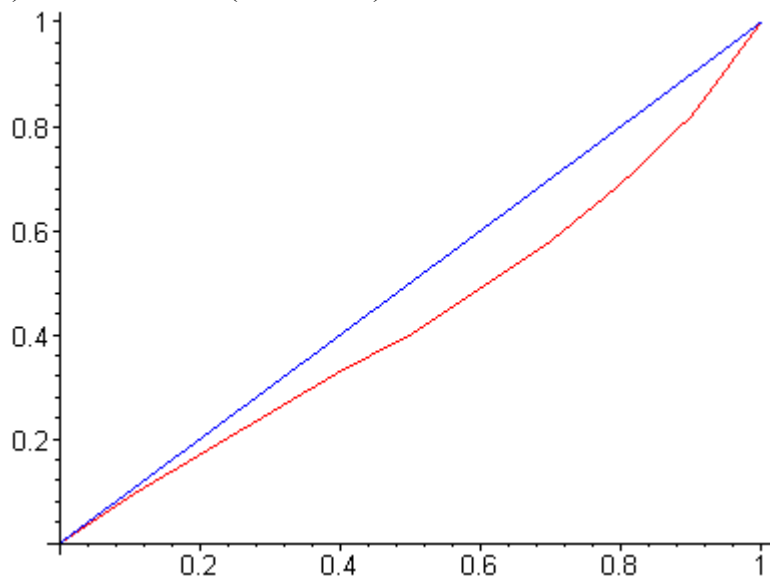
x-Achse:  $R_1/R$ 

y-Achse: relativer Fehler in Volt

b) Messbereich 7,5V

 $R_V = 10\text{k}\Omega$  $U = 7,0\text{V}$ 

$R_1/R$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$R_1$ in $\text{k}\Omega$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_V \rightarrow \infty; U_V/V$	0	0,70	1,40	2,10	2,80	3,50	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00
$R_V \rightarrow \infty; U_V/U$	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$U_V$ in V	0	0,66	1,21	1,75	2,29	2,81	3,40	4,06	4,82	5,76	7,00
$U_V/U$	0	0,09	0,17	0,25	0,33	0,40	0,49	0,58	0,69	0,82	1,00
rel. Fehler/V	0	-0,04	-0,19	-0,35	-0,51	-0,69	-0,80	-0,84	-0,78	-0,54	0,00

Das folgende Diagramm stellt  $U_V/U$  in Abhängigkeit von  $R_1/R$  dar.x-Achse:  $R_1/R$ y-Achse:  $U_V/U$ blau: ideal ( $R_V \rightarrow \infty$ )rot: real ( $R_V = 10\text{k}\Omega$ )

## 4.3 zu 3.3 Widerstandsmessung

 $U_V = 7\text{V}$ Widerstand  $R_1$ :  $R_V = 10\text{k}\Omega$ ;  $R_A = 10\Omega$ Widerstand  $R_2$ :  $R_V = 10\text{k}\Omega$ ;  $R_A = 1\Omega$

	stromrichtig	spannungsrichtig
scheinbarer Widerstand $R_1$ in $\Omega$	1010,1	917,3
scheinbarer Widerstand $R_2$ in $\Omega$	101,9	99,6
korrigierter Widerstand $R_1$ in $\Omega$	1000,1	1010,0
korrigierter Widerstand $R_2$ in $\Omega$	100,9	100,6
prozentualer Fehler Widerstand $R_1$	1,00%	-9,18%
prozentualer Fehler Widerstand $R_2$	0,99%	-0,99%

#### 4.4 zu 3.4 Messung am aktiven Zweipol

Leerlaufspannung  $U_q$ : 30,60V

Kurzschlußstrom  $I_K$ : 5,19mA

Innenwiderstand  $R_i$ :  $R_i = U_q/I_K = 5895,95\Omega \approx 5,9k\Omega$

Berechnung (theoretische Werte):

$$R_i: \text{Spannungsquelle kurzschließen} \quad R_i = 2,5k\Omega + \frac{5k\Omega \cdot 10k\Omega}{(5+10)k\Omega} = 5,833k\Omega$$

$$U_q: \text{ist die Spannung die am } 10k\Omega \text{ Widerstand abfällt} \quad U_q = \frac{45V}{(5+10)k\Omega} \cdot 10k\Omega = 30,00V$$

$$I_K: I_K = \frac{U_q}{R_i} = 5,14mA$$

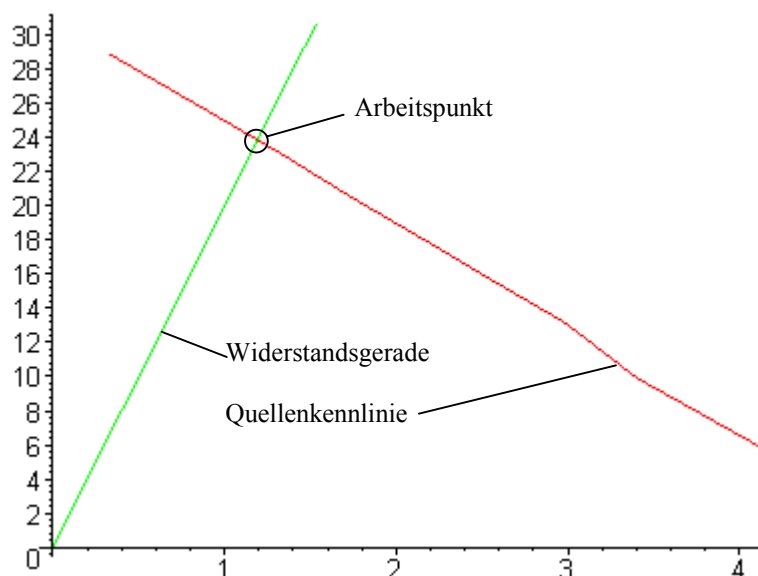
Die Abweichung zwischen den gemessenen und errechneten Werten kommt durch Meßgerätefehler, Ablesefehler, Bauelementetoleranzen, ... zustande.

#### 4.5 zu 3.5 Aufnahme der Quellenkennlinie, Arbeitspunktbestimmung

$R_V/R_I$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0
$R_V$ in $k\Omega$	1,46	2,92	4,38	5,83	8,75	11,67	17,50	29,17	58,33	87,50
$I$ in mA	4,10	3,40	2,99	2,62	2,10	1,75	1,32	0,88	0,48	0,33
$U_V$ in V	5,99	9,93	13,10	15,27	18,38	20,42	23,10	25,67	28,00	28,88

Diagramm: Quellenkennlinie  $U_V = f(I)$

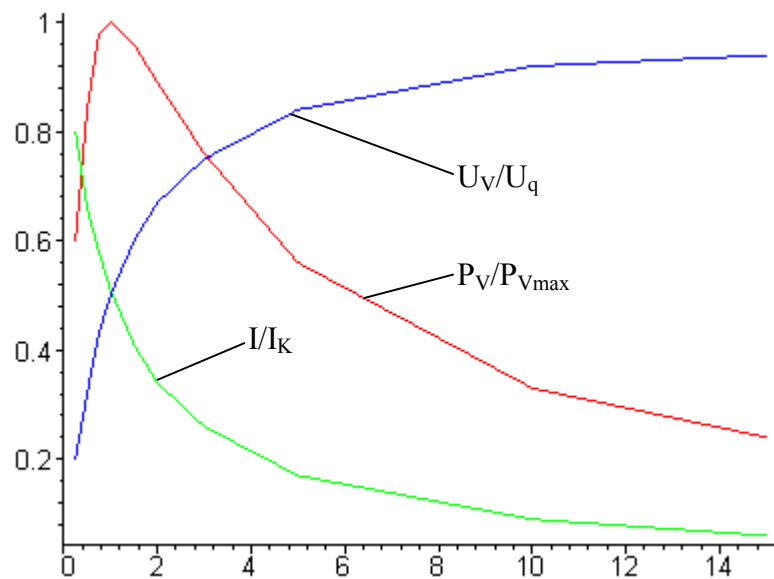
x-Achse: Strom  $I$  in mA; y-Achse: Spannung  $U_V$  in V



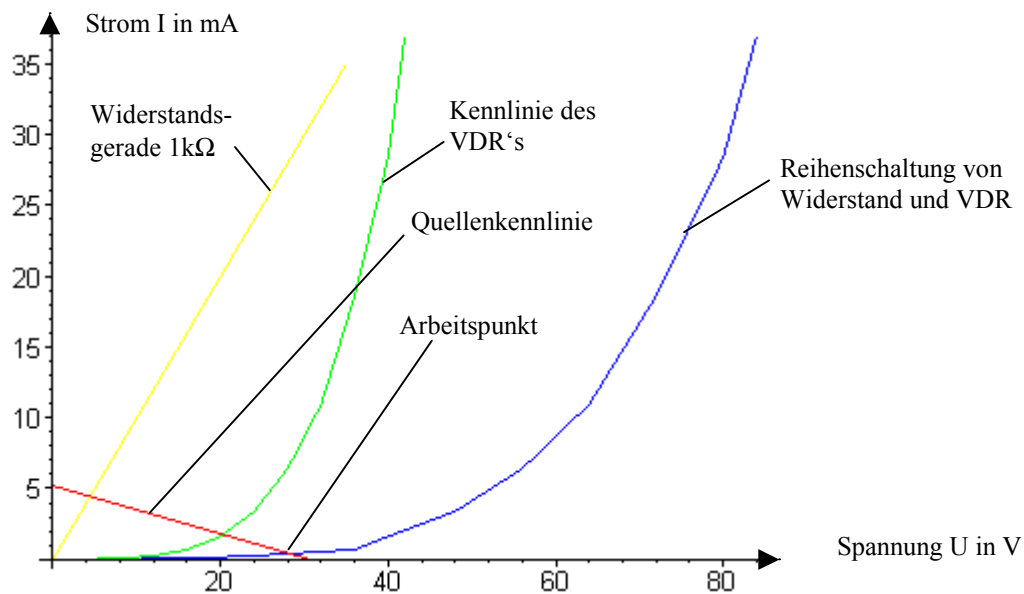
$R_V/R_I$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0
$R_V$ in $k\Omega$	1,46	2,92	4,38	5,83	8,75	11,67	17,50	29,17	58,33	87,50
$I$ in mA	4,10	3,40	2,99	2,62	2,10	1,75	1,32	0,88	0,48	0,33
$U_V$ in V	5,99	9,93	13,10	15,27	18,38	20,42	23,10	25,67	28,00	28,88
$P_V$ in mW	23,96	33,76	39,17	40,00	38,60	35,74	30,49	22,59	13,44	9,53
$U_V/U_q$	0,20	0,32	0,43	0,50	0,60	0,67	0,75	0,84	0,92	0,94
$I/I_K$	0,80	0,66	0,58	0,51	0,41	0,34	0,26	0,17	0,09	0,06
$P_V/P_{Vmax}$	0,60	0,84	0,98	1,00	0,96	0,89	0,76	0,56	0,33	0,24

$$U_q = 30,60V; \quad I_K = 5,14mA; \quad P_{Vmax} = \frac{U_q^2}{4 \cdot R_I} = 40,13mW$$

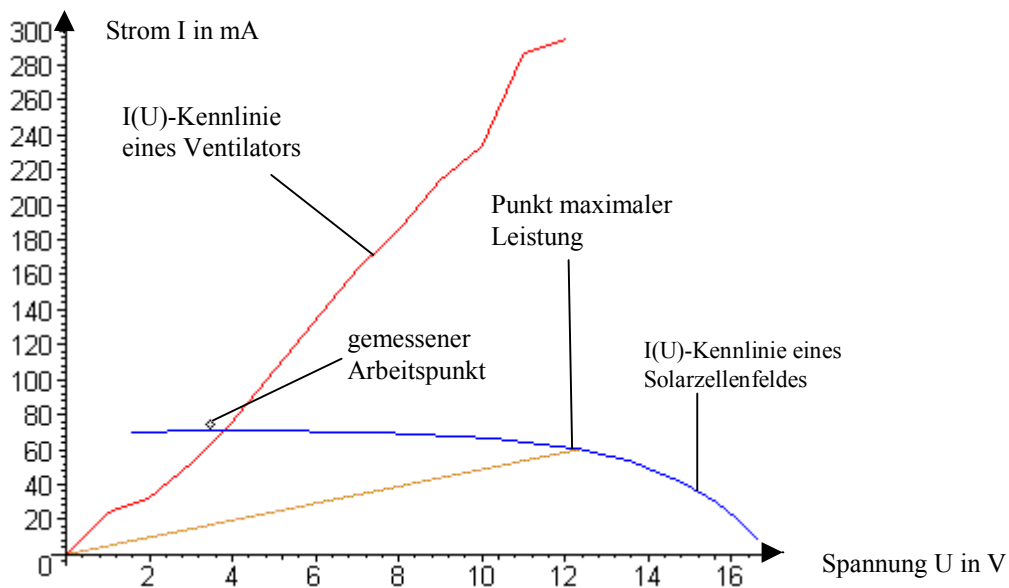
Diagram: x-Achse:  $R_V/R_I$  y-Achse:  $U_V/U_q$ ,  $I/I_K$ ,  $P_V/P_{Vmax}$



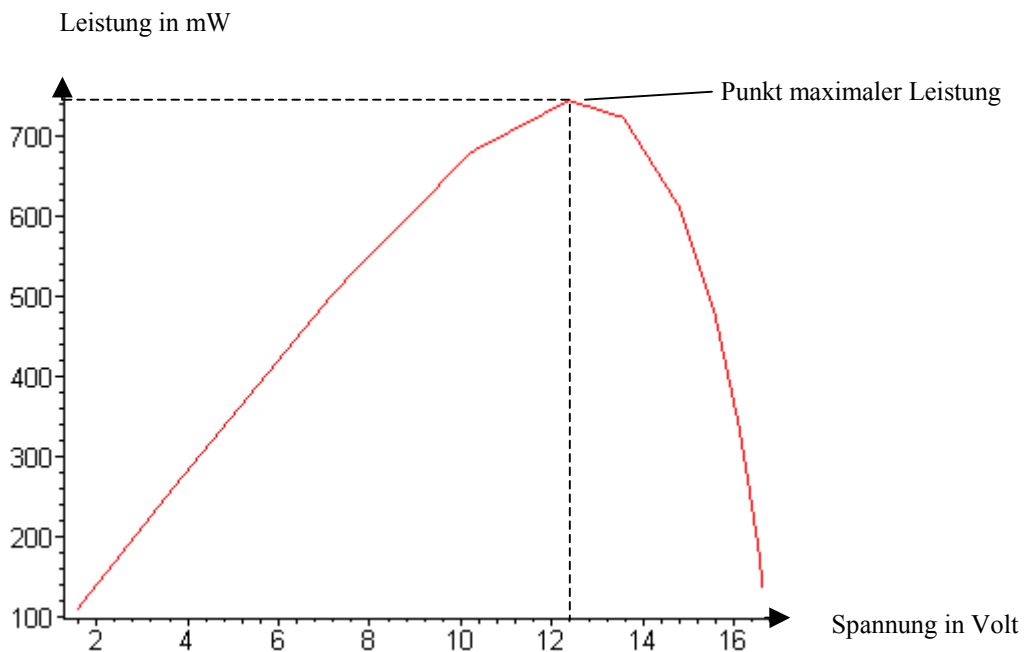
#### 4.6 zu 3.6 Bestimmung des Arbeitspunktes bei einem nichtlinearen Verbraucher



#### 4.7 zu 3.8 Kennlinie eines Solarzellenfeldes



$P(U)$ -Kennlinie des Solarzellenfeldes:



Das Solarpanel gibt eine deutlich unter der angegebenen Nennleistung liegende Leistung ab. Diese Beobachtung ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass das Solarpanel in der Messung mit einem 500W-Strahler betrieben wurde und nicht mit Sonnenlicht. Das Solarzellenfeld ist aber für Sonnenlicht ausgelegt und kann nur dann die angegebene Leistung abgeben wenn es mit Licht bestrahlt wird, dessen Strahlenzusammensetzung dem Sonnenlicht gleicht. Der Strahler gibt aber eine Strahlung ab, die nicht dem Sonnenlicht gleicht.