

TU Dortmund

# V301 - Leerlaufspannung und Innenwiderstand von Spannungsquellen

Markus Stabrin  
markus.stabrin@tu-dortmund.de

Kevin Heinicke  
kevin.heinicke@tu-dortmund.de

Versuchsdatum: 7. Mai 2013

Abgabedatum: 14. Mai 2013

# 1 Einleitung

# 2 Theorie

# 3 Versuchsaufbau und Durchführung

# 4 Auswertung

## 4.1 Klemmspannungskurven

Zunächst wird für jede Spannungsquelle eine lineare Ausgleichsrechnung mit Hilfe von *python* für die Funktion (??) durchgeführt. Der y-Achsenabschnitt entspricht dabei der Leerlaufspannung  $U_0$  und die Steigung dem Innenwiderstand  $R_i$  der jeweiligen Spannungsquelle. Abbildungen 1 bis 3 zeigen die Graphen, Tabelle 1 beinhaltet die Messwerte. Die Ungenauigkeit der Messgeräte liegt bei

$$\begin{aligned}\Delta I &= \pm 1,5\%, \\ \Delta U &= \pm 2\%.\end{aligned}$$

Zudem gilt für die Leistung  $P$ :

$$\begin{aligned}P &= UI, \\ \Delta P &= \sqrt{(I\Delta U)^2 + (U\Delta I)^2}.\end{aligned}$$

Tabelle 1: Strom- und Spannungswerte der verschiedenen Spannungsquellen bei variierten Lastwiderständen  $R_a$ .

Monozelle			Rechteckspannung			Sinusspannung		
$I[\text{mA}]$	$U_k[\text{V}]$	$P[\text{mW}]$	$I[\text{mA}]$	$U_k[\text{mV}]$	$P[\mu\text{W}]$	$I[\text{mA}]$	$U_k[\text{V}]$	$P[\mu\text{W}]$
84	0,083	$6,97 \pm 0,17$	7,7	40	$308 \pm 8$	1,80	0,09	$162 \pm 4$
76	0,240	$18,24 \pm 0,46$	6,5	50	$325 \pm 8$	1,50	0,12	$180 \pm 4$
66	0,280	$18,48 \pm 0,46$	5,1	65	$332 \pm 8$	1,00	0,17	$170 \pm 4$
58	0,570	$33,06 \pm 0,83$	4,2	70	$294 \pm 7$	0,70	0,20	$140 \pm 4$
54	0,640	$34,56 \pm 0,86$	3,5	75	$263 \pm 7$	0,60	0,22	$132 \pm 3$
47	0,750	$35,25 \pm 0,88$	3,1	80	$248 \pm 6$	0,55	0,23	$127 \pm 3$
43	0,770	$33,11 \pm 0,83$	2,7	85	$230 \pm 6$	0,45	0,24	$108 \pm 3$
41	0,780	$31,98 \pm 0,80$	2,3	85	$196 \pm 5$	0,38	0,24	$91 \pm 2$
38	0,810	$30,78 \pm 0,77$	2,0	90	$180 \pm 4$	0,32	0,25	$80 \pm 2$
36	0,820	$29,52 \pm 0,74$	1,8	90	$162 \pm 4$	0,27	0,25	$68 \pm 2$
34	0,820	$27,88 \pm 0,70$	1,7	90	$153 \pm 4$	0,25	0,25	$62 \pm 2$

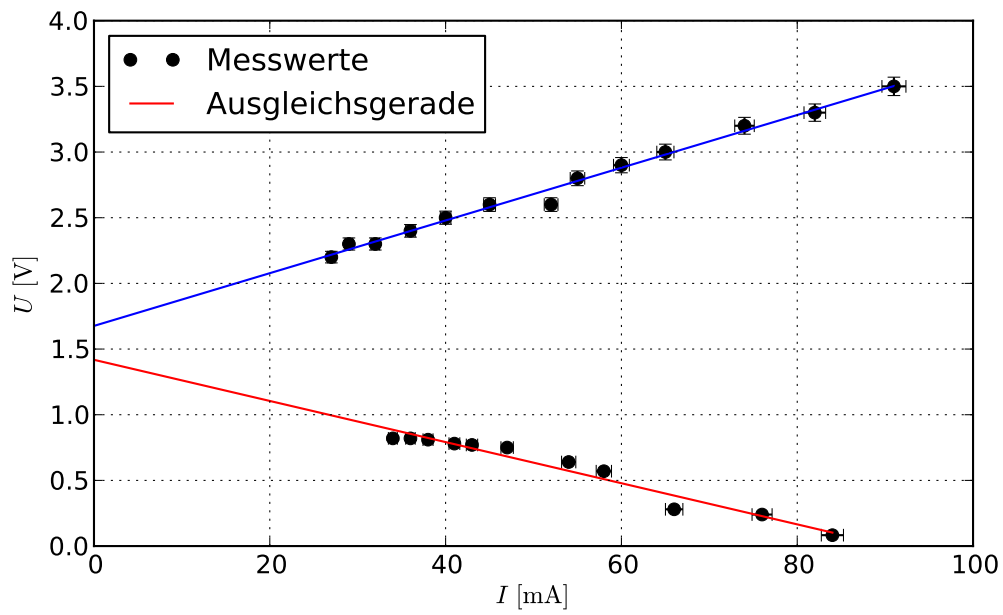


Abbildung 1: Spannungs- Stromkurve der Monozelle.

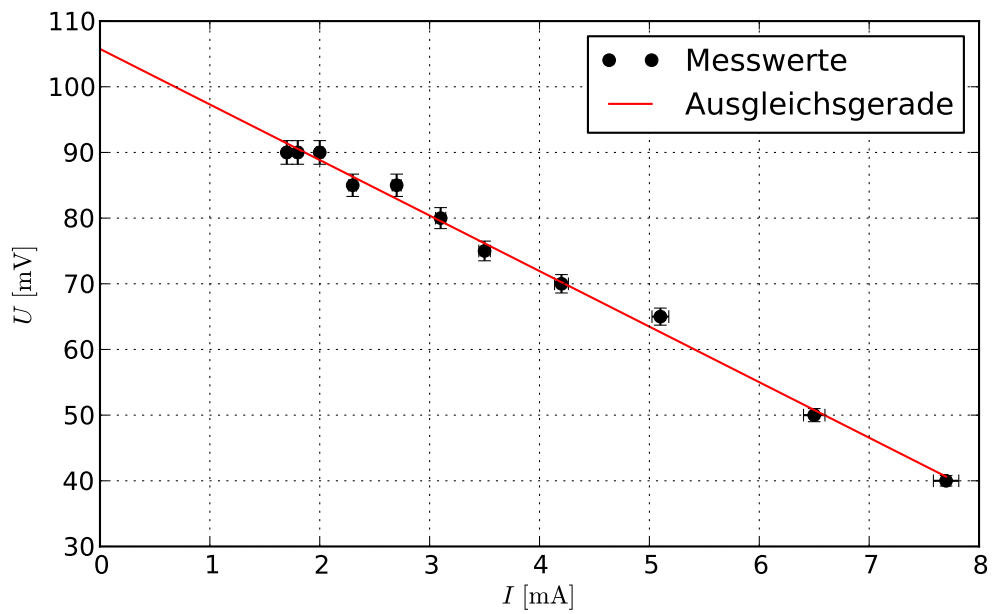


Abbildung 2: Spannungs- Stromkurve der Rechteckspannung

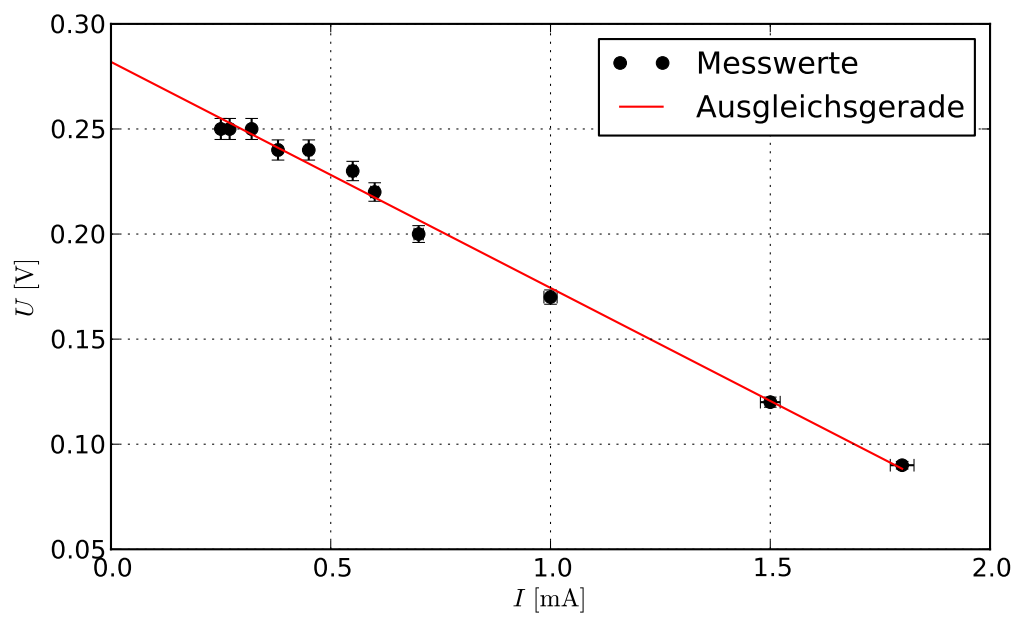


Abbildung 3: Spannungs- Stromkurve der Sinusspannung

## 4.2 Innenwiderstand $R_i$ und Leerlaufspannung $U_0$

Die Ausgleichsrechnung in Kapitel 4.1 liefert die Werte für die jeweiligen Innenwiderstände  $R_i$  und Leerlaufspannungen  $U_0$  der verschiedenen Spannungsquellen. Tabelle 2 beinhaltet die Werte.

Tabelle 2: Innenwiderstand  $R_i$  und Leerlaufspannung  $U_0$ .

Spannungsquelle	$R_i[\Omega]$	$U_0[\text{V}]$
Monozelle	$15,7 \pm 1,1$	$1,418 \pm 0,060$
Monozelle, Gegenspannung	$20,1 \pm 0,6$	$1,676 \pm 0,034$
Rechteckspannung	$107,6 \pm 3,0$	$0,106 \pm 0,001$
Sinusspannung	$8,5 \pm 0,2$	$0,282 \pm 0,003$

## 4.3 Systematische Fehler

Der Systematische Fehler  $\Delta_s U_0$  bei der direkten Messung der Leerlaufspannung beträgt nach Umstellen von Gleichung (??):

$$\Delta_s U_0 = U_k \frac{R_i}{R_a}.$$

Mit einem Außenwiderstand im Voltmeter von  $R_a \approx 10 \text{ M}\Omega$  und der direkt gemessenen Spannung

$$U_0 = 1,65 \text{ V},$$

folgt der Fehler

$$\Delta_s U_0 = 2,59 \mu\Omega.$$

Das entspricht einem relativen Fehler  $\delta_s$  von  $\delta_s = 1,57 \cdot 10^{-4} \%$ .

Schließt man das Voltmeter nicht wie vorgegeben an, sondern hinter dem Amperemeter, fällt in diesem – zusätzlich zur Leerlaufspannung  $U_0$  – eine Spannung  $U_A$  ab.

## 4.4 Leistungsdiagramm

Im folgenden Diagramm 4 ist die Leistung  $P$ , die im Belastungswiderstand  $R_a$  umgesetzt wird, aufgetragen. Zusätzlich ist der Graph der theoretisch errechneten Leistungskurve  $N = f(R_a)$  eingetragen. Die Leistungskurve berechnet sich mit Gleichung (??) nach

$$N = I^2 R_a = \frac{U_0^2 R_a}{(R_i + R_a)^2}.$$

Hierbei werden die Werte des Innenwiderstandes  $R_i$  und der Leerlaufspannung  $U_0$  ohne Gegenspannung aus Kapitel 4.2 verwendet.

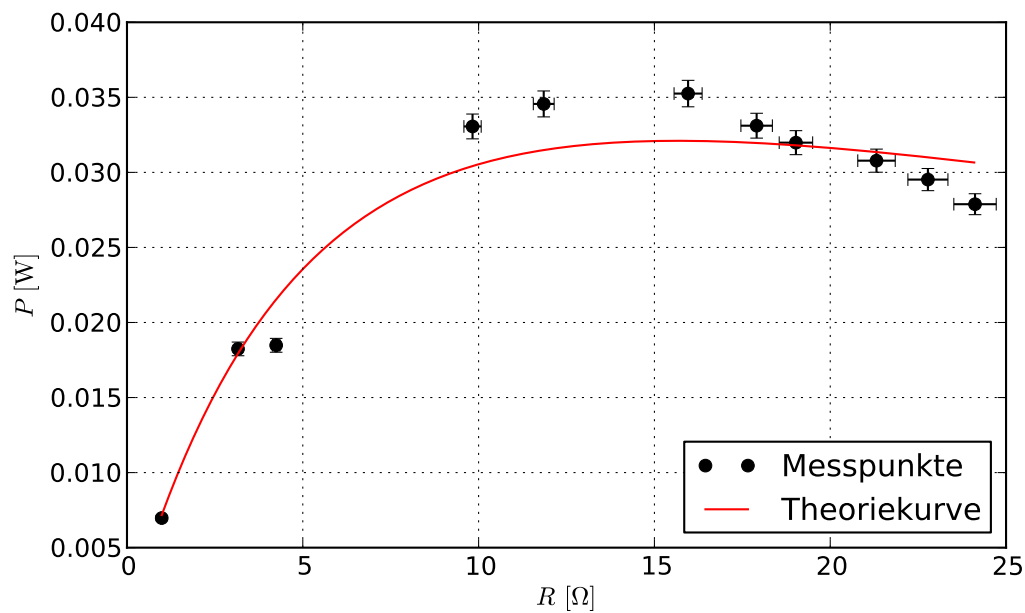


Abbildung 4: Leistungsdigramm der Monozelle mit theoretischer Leistungskurve.

## 5 Diskussion

Wie in Kapitel 4.3 dargestellt, sind die bekannten Systematischen Fehler gering. Dennoch weichen die gemessenen Leistungswerte der Monozelle von der Theoriekurve ab. Die lässt möglicherweise sich durch Messfehler und nicht berücksichtigte Kabelwiderstände erklären. Ein weiterer Indiz für fehlerhafte Messung ist das Ergebnis der Leerlaufspannung der Monozelle mit und ohne Gegenspannung. Während ohne Gegenspannung ein Wert von

## Literatur

- [1] Physikalisches Anfängerpraktikum der TU Dortmund: Versuch Nr.301 - Leerlaufspannung und Innenwiderstand von Spannungsquellen. <http://129.217.224.2/HOME/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/V301.pdf>. Stand: Mai 2013.