

VERSUCHSPROTOKOLL E2
INNENWIDERSTAND VON MESSGERÄTEN

JOHANN FÖRSTER 519519
VERSUCHSPARTNER MEIKEL SOBANSKI

VERSUCHSORT: NEW14'217 MESSPLATZ 1

VERSUCHSDATUM: 09.12.2008

VERSUCHSBETREUERIN: DR. SYLKE BLUMSTENGEL

HUMBOLDT UNIVERSITÄT ZU BERLIN
INSTITUT FÜR PHYSIK

INHALTSVERZEICHNIS

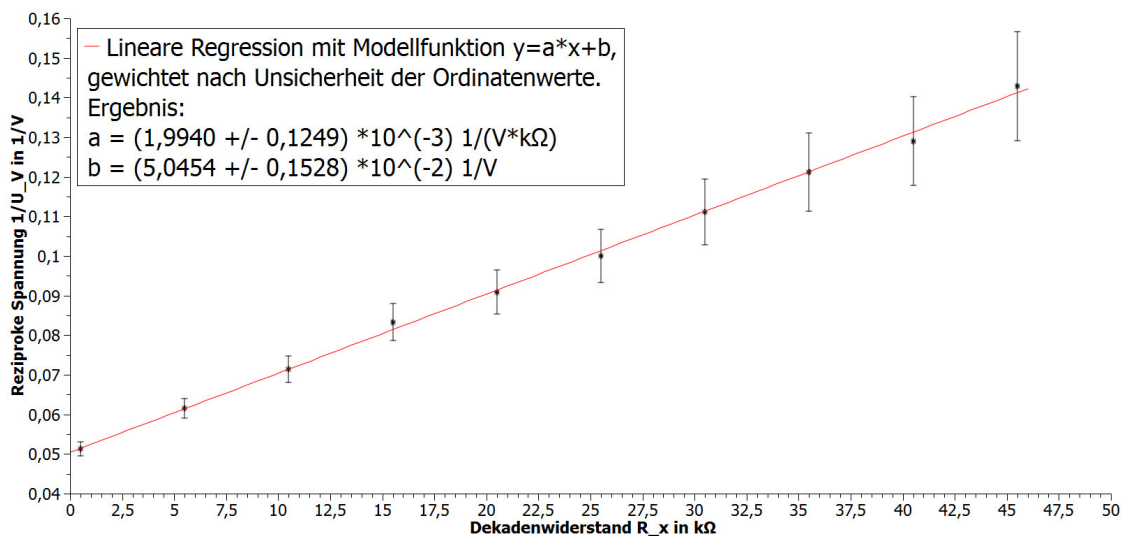
	Seite
1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung	3
2.1) Bestimmung des Innenwiderstandes des Voltmeters.....	3-4
2.2) Bestimmung des Innenwiderstandes des Amperemeters	4-5
2.3) Vergleich des Stromes I_0 aus Regression und direkter Messung	5
3) Fehleranalyse und kritische Ergebniseinschätzung	6
4) Quellenangabe.....	6
Anhang: Messprotokoll	7

1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung

Ziel des Versuches war es, die Innenwiderstände eines Ampere- und eines Voltmeters gemäß Quelle [1], Seite 6-8 zu bestimmen.

2.1) Bestimmung des Innenwiderstandes des Voltmeters

Zur Bestimmung des Widerstandes R_V des Voltmeters wurde ein variabler Widerstand R_x zum Voltmeter in Reihe geschaltet (vgl. [1], Seite 8, Abb. 2a) und am Voltmeter die Spannung U_V in Abhängigkeit des Widerstandes R_x gemessen. Die Unsicherheit des variablen Dekadenwiderstandes R_x ergibt sich nach Quelle [2], Seite 19 zu $u(R_x) = 0,02\Omega + 0,0003 * R_x$. Die am Voltmeter gemessene Spannung wurde auf $\frac{1}{4}$ Skalenteil (1 Skalenteil = 1V) genau abgelesen, was gleichzeitig als Ablesegenauigkeit angenommen wird. Die Genauigkeitsklasse des Voltmeters betrug 2,5, nach Quelle [2], Seite 19 beträgt die systematische Unsicherheit der Spannungswerte also 2,5% des gesamten Messbereiches (25V). Damit ergibt sich die Unsicherheit der gemessenen Spannung zu U_V zu $u(U_V) = \sqrt{(0,25V)^2 + (0,025 * 25V)^2} = 0,673V$. Mit der Beziehung $\frac{1}{U_V} = \frac{R_x}{U_B R_V} + \frac{1}{U_B} = f(R_x)$ ([1], Seite 7, Gleichung 3) erhält man bei Darstellung der Reziproken der gemessenen Spannung $\frac{1}{U_V}$ als Funktion des Widerstandes R_x eine Gerade, aus deren Anstieg der Widerstand R_V des Voltmeters bestimmt werden kann. Die Unsicherheit der reziproken Spannung ergibt sich nach der Fehlerfortpflanzung zu $u(\frac{1}{U_V}) = \frac{u(U_V)}{U_V^2}$. Mit QtiPlot erhält man folgende Darstellung:



Abhängigkeit der reziproken Spannung $\frac{1}{U_V}$ vom Dekadenwiderstand R_x

Nach Quelle [1], Seite 7, Gleichung 3 kann der Achsenabschnitt $b = (5,0454 \pm 0,1528) * 10^{-2} \frac{1}{V}$ mit dem Reziproken der Betriebsspannung $\frac{1}{U_B}$ identifiziert werden. Damit bestimmt man die Betriebsspannung zu $U_B = \frac{1}{b} = 19,82V$ und seine Unsicherheit zu $u(U_B) = \frac{u(b)}{b^2} = 0,60V$. Der Anstieg $a = (1,9940 \pm 0,1249) * 10^{-3} \frac{1}{V * k\Omega}$ kann analog mit $\frac{1}{U_B * R_V}$ identifiziert werden, damit erhält man für den Innenwiderstand des Voltmeters $R_V = \frac{1}{a * U_B} = 25,30k\Omega$. Die Unsicherheit ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz zu $u(R_V) = \sqrt{\left(\frac{\partial R_V}{\partial a} u(a)\right)^2 + \left(\frac{\partial R_V}{\partial U_B} u(U_B)\right)^2} = 1,76k\Omega$.
 \Rightarrow Innenwiderstand des Voltmeters: $R_V = (25 \pm 2)k\Omega$

2.2) Bestimmung des Innenwiderstandes des Amperemeters

Zur Bestimmung des Innenwiderstandes des Amperemeters wurde das Amperemeter zum variablen Widerstand R_x parallel geschaltet und dazu ein Widerstand R_0 in Reihe geschaltet (vgl. [1], Seite 8, Abb. 2b). Die Unsicherheit des Widerstandes R_x ergibt sich analog zu 2.1). Der durch das Amperemeter fließende Strom I_A wurde auf $\frac{1}{5}$ Skalenteil genau abgelesen (1 Skalenteil = $5 \mu A$), was wieder als Ablesegenauigkeit angenommen wird. Die Genauigkeitsklasse des Amperemeters betrug 1,5, nach Quelle [2], Seite 19 beträgt die systematische Unsicherheit der Stromwerte also 1,5% des gesamten Messbereiches ($100 \mu A$).

Damit ergibt sich die Unsicherheit der Strommessungen zu

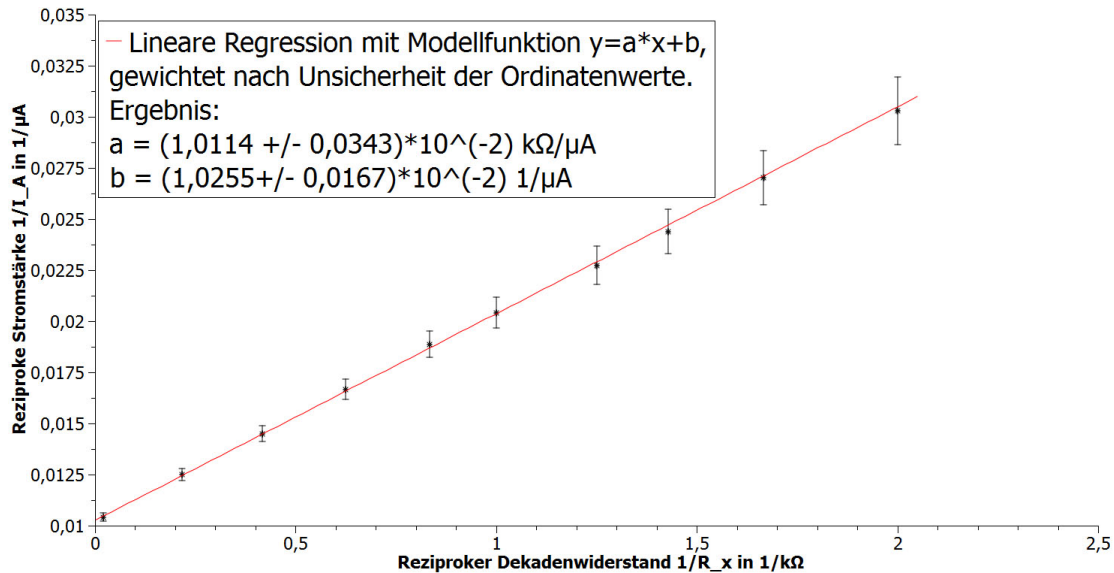
$$u(I_A) = \sqrt{(1 \mu A)^2 + (0,015 * 100 \mu A)^2} = 1,80 \mu A. \text{ Mit der Beziehung}$$

$\frac{1}{I_A} = \frac{R_A}{R_x I_0} + \frac{1}{I_0}$ ([1], Seite 8, Gleichung 4) erhält man bei Darstellung der reziproken Stromstärke $\frac{1}{I_A}$ in Abhängigkeit des reziproken Dekadenwiderstandes

$\frac{1}{R_x}$ eine Gerade, aus deren Anstieg der Innenwiderstand R_A des Amperemeters bestimmt werden kann. Die Unsicherheit der reziproken Stromstärke ergibt sich nach der Fehlerfortpflanzung zu $u\left(\frac{1}{I_A}\right) = \frac{u(I_A)}{I_A^2}$ und die des reziproken

Dekadenwiderstandes zu $u\left(\frac{1}{R_x}\right) = \frac{u(R_x)}{R_x^2}$.

Mit QtiPlot erhält man nun folgende Darstellung:



Abhängigkeit der reziproken Stromstärke $\frac{1}{I_A}$ vom reziproken Widerstand $\frac{1}{R_x}$

Nach Quelle [1], Seite 8, Gleichung 4 kann der Achsenabschnitt $b = (1,0255 \pm 0,0167) * 10^{-2} \frac{1}{\mu A}$ mit dem Reziproken der Stromstärke $\frac{1}{I_0}$ durch den Widerstand R_0 identifiziert werden. Damit erhält man für die Stromstärke $I_0 = \frac{1}{b} = 97,52 \mu A$ mit der Unsicherheit $u(I_0) = \frac{u(b)}{b^2} = 1,59 \mu A$. Analog wird der Anstieg $a = (1,0114 \pm 0,0343) * 10^{-2} \frac{k\Omega}{\mu A}$ mit $\frac{R_A}{I_0}$ identifiziert, womit man den Innenwiderstand des Amperemeters bestimmt zu $R_A = a * I_0 = 0,986 k\Omega$.

Die Unsicherheit ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz zu

$$u(R_A) = \sqrt{\left(\frac{\partial R_A}{\partial a} u(a)\right)^2 + \left(\frac{\partial R_A}{\partial I_0} u(I_0)\right)^2} = 0,037 k\Omega.$$

\Rightarrow Innenwiderstand des Amperemeters:

$$R_A = (0,99 \pm 0,04) k\Omega$$

2.3) Vergleich des Stromes I_0 aus Regression und direkter Messung

Der Strom I_0 wurde aus der linearen Regression in 2.2) bestimmt zu $I_{0,Regression} = (97,5 \pm 1,6) \mu A$. Zusätzlich wurde er gemäß [1], Seite 8, direkt gemessen zu $I_{0,gemessen} = 98 \mu A$. Die Unsicherheit der Strommessung beträgt wie in Abschnitt 2.1) $u(I_{0,gemessen}) = 1,8 \mu A \Rightarrow I_{0,gemessen} = (98,0 \pm 1,8) \mu A$. Damit stimmen beide Werte innerhalb ihrer Messunsicherheit überein.

3) Fehleranalyse und kritische Ergebniseinschätzung

Die erzielten Resultate entsprechen den Erwartungen, der ermittelte Innenwiderstand des Voltmeters ist mit $R_V = (25 \pm 2)k\Omega$ erwartungsgemäß deutlich größer als der Innenwiderstand des Amperemeters mit $R_A = (0,99 \pm 0,04)k\Omega$ und auch die Werte für den Strom I_0 in 2.3) stimmen innerhalb ihrer Messunsicherheit überein. Die Unsicherheiten von R_A und R_V wurden dabei direkt aus den von QtiPlot ausgegebenen Unsicherheiten bestimmt, die aufgrund der Gewichtung nach Unsicherheiten der Ordinatenwerte deutlich genauer sein dürfte als die im Skript [1], Seite 6 erwähnte Fehlerabschätzung, welche ebenso wie der rechnerische Geradenausgleich mit dem PC Programm GERA ([1], Seite 6) veraltet scheint. Trotzdem haben nicht beachtete Messunsicherheiten das Ergebnis beeinflusst, denn zum einen war nicht gewährleistet, dass die Spannungsquelle stets eine genau konstante Betriebsspannung U_B liefert und zum anderen war der Strom I_0 trotz des relativ hohen Vorwiderstandes $R_0 = 200k\Omega$ bei Verändern des Widerstandes R_x nicht exakt konstant (aus [1], Seite 8, Abb. 2b erhält man mittels Ohmschen Gesetz sowie Knoten- und Maschensatz: $I_0 = \frac{U_B}{R_0 + \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_A}}}$).

Weiterhin wurden auch die Innenwiderstände der Kabel vernachlässigt.

Insgesamt sind jedoch die nicht beachteten Messabweichungen im Vergleich zu den Unsicherheiten der Strom- und Spannungsmessungen als gering einzuschätzen.

4) Quellenangabe (Stand: 13.12.2008)

[1] Skript "Phys. Grundpraktikum: Elektrodynamik und Optik", 2005, online verfügbar unter [http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Elektrodynamik und Optik/PDF-Dateien/Elektrodynamik und Optik.pdf](http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Elektrodynamik%20und%20Optik/PDF-Dateien/Elektrodynamik%20und%20Optik.pdf)

[2] Skript "Phys. Grundpraktikum: Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik", 2007, online verfügbar unter <http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Einfuehrung/PDF-Datei/Einfuehrung.pdf>