

V5: Messinstrumente

PRAKTISCHE ÜBUNGEN IN PHYSIK FÜR MEDIZINER, ZAHNMEZINER UND BIOLOGEN

PHYSIKALISCHE ÜBUNGEN FÜR PHARMAZEUTEN

STAND: 4. FEBRUAR 2019

I. HANDHABUNG EINES MULTIMETERS UND DES ZEIGERINSTRUMENTES

Ein Multimeter kann eine Reihe von Messwerten erfassen (Strom, Spannung, Widerstand, Beleuchtungsstärke, Temperatur, ...). Das Zeigerinstrument werden Sie für die genaue Messung der Spannung sowie der Stromstärke nutzen.

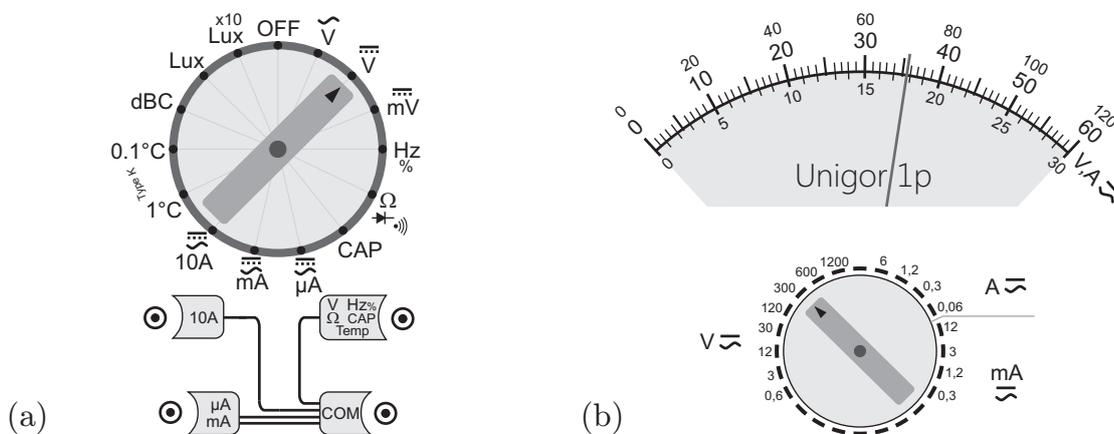


Abbildung 1: Skizzen von Multimeter (a) und Zeigerinstrument (b). Das Multimeter ist zur Messung von Gleichspannung im Voltbereich eingestellt. Auch das Zeigerinstrument misst bei der aktuellen Stellung des Drehschalters die Spannung, der angezeigte Wert beträgt ca. 177 V.

Das Digitalmultimeter (Abb 1(a)) hat vier Eingangsbuchsen. Messungen mit externen Messfühler werden über diese Buchsen durchgeführt, wobei eine Messleitung immer(!) in der COM Buchse eingesteckt sein muss. Je nachdem, welche Größe gemessen werden soll, muss die andere Messleitung in die geeignete Buchse gesteckt werden. Der Drehschalter muss auf die gewünschte Messgröße gestellt werden. Dabei steht \sim für Wechselspannung/Wechselstrom und \equiv für Gleichspannung/Gleichstrom. Dieses Multimeter hat eine automatische Anpassung des Messbereiches. Achten Sie daher beim Ablesen auf die Kommastelle und den Vorfaktor (z.B. k für 10^3) im Display.

Das Zeigerinstrument (Abb 1(b)) hat zwei Eingangsbuchsen in welche die Messleitungen eingesteckt werden. Mit dem Drehschalter wählen Sie die Messgröße sowie den Messbereich (entsprechend dem maximal angezeigten Messwert). Das Symbol \sim steht für Gleich- und Wechselspannung/-strom. Da das Gerät nur positive Werte anzeigen kann, müssen Sie, so Sie keinen Ausschlag messen, entweder die Messleitungen tauschen oder das Gerät mit dem \pm -Taster (direkt über dem Drehschalter) intern umpolen.

Da das Ablesen mit dem Zeigerinstrument des Öfteren Schwierigkeiten bereitet sei hier nochmals exemplarisch die Vorgehensweise einer Messung erläutert. Beispiel: angenommen Sie möchten eine Spannung von ca. 10 V messen. In diesem Fall ist der Drehschalter bei $V\sim$ für eine möglichst präzise Messung in den Messbereich "12" zu stellen (sozusagen in 9-Uhr Stellung). Das Gerät kann dann maximal 12 V messen. Die zu nutzende Skala ist die äusserste, die "120"-er Skala, wobei Sie die abgelesenen Werte durch 10 teilen müssen. Der Zeiger müsste folglich, für die Messung von 10 V, bei 100 stehen. Wenn Sie den "30"-er Messbereich wählen, der maximal angezeigte Wert also 30 V beträgt, ist der Ausschlag auf der innersten Skala bei 10 zu erwarten.

II. MESSUNSICHERHEIT VOM DIGITALMULTIMETER

Ein Digitalmultimeter suggeriert aufgrund seiner eindeutigen Ablesegenauigkeit eine ebensolche Messgenauigkeit. Dem ist aber nicht so. Auch wenn die systematische Messunsicherheit gegebenenfalls beträchtlich ist lassen sich relative Messungen mit weitaus kleinerer, statischer Messunsicherheit durchführen: der statistische Fehler (welcher in die Gauss'sche Fehlerfortpflanzung eingeht) ist nämlich nur die letzte Stelle der Anzeige. Lesen Sie dazu die Ausführungen im Anhang zum Thema Messunsicherheiten und Messfehler. Zwei Beispiele mögen die Sachlage verdeutlichen.

Beispiel: Temperaturmessung

Sie wollen Fieber messen und nutzen dafür die Schalterstellung "0.1°C". Auf dem Display erscheint 40,5 und Sie sind mehr als nur alarmiert. Was bedeutet der Wert? Ein Blick in die Gebrauchsanweisung hilft. Hier finden Sie für den gewählten Messbereich zwischen -20 und +400°C die Auflösung mit 0,1°C und die Genauigkeit mit $\pm(3,0\% + 3^\circ\text{C})$ angegeben. Das bedeutet, dass der Messwert $40,5^\circ\text{C} \pm (3,0\% + 3^\circ\text{C})$ beträgt und also richtig $(40,5 \pm 4,215)^\circ\text{C}$ lautet. Es ist mitnichten gesagt, dass Sie überhaupt Fieber haben! Ein Multimeter ist folglich nicht geeignet um Fieber zu messen weil die systematische Messunsicherheit zu groß ist.

Andererseits ist es mit diesem Multimeter durchaus möglich Temperaturänderungen mit einer Genauigkeit von 0,1°C, entsprechend der letzten Stelle der Anzeige, zu messen.

Beispiel: Spannungsmessung

Sie messen die Spannung einer Batterie - die Anzeige lautet 2,354 V. In der Gebrauchsanleitung des Multimeters findet sich zur Messung von Gleichspannung folgende Tabelle:

Direct voltage (DC)

Range	Resolution	Accuracy
400 mV	0.1 mV	$\pm(1.2\% + 5)$
4 V	0.001 V	$\pm(1.2\% + 5)$
40 V	0.01 V	$\pm(1.2\% + 5)$
400 V	0.1 V	$\pm(1.8\% + 4)$
600 V	1 V	$\pm(1.8\% + 4)$

- Range: Bereich in welchem das Multimeter arbeitet
- Resolution: Auflösung der Anzeige
- Accuracy:
 - die Prozentangabe ist der *prozentuale* systematische Fehler vom aktuellen Messwert
 - die Zahlenangabe ist der *absolute* systematische Fehler in Einheiten der Auflösung

Der Messwert von 2,354 V liegt zwischen 400 mV und 4 V, also gilt:

Range: 4 V, Resolution 0.001 V, Accuracy: $\pm(1.2\% + 5)$

Der systematische Fehler beträgt also:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \pm \left(2.354 \cdot \frac{1.2}{100} \text{ V} + 5 \cdot 0.001 \text{ V} \right) \\ &= \pm (0.028248 \text{ V} + 0.005 \text{ V}) \\ &= \pm 0.033248 \text{ V} \end{aligned}$$

Das Ergebnis der Einzelmessung ist also folgendermaßen anzugeben:

$$\text{Spannung : } U = (2.354 \pm 0.033) \text{ V}$$