Versuchsbericht zu

S1 – Was ist Experimentieren?

Gruppe 6Mi

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 18.10.2017
betreut von
Dr. Anke (Beck-)Schmidt

12. November 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Beantworten Sie diese Fragen:

1.1 Was ist mit "Messgröße"gemeint?

Eine Messgröße ist eine mithilfe eines Messverfahrens an einer physikalischen Gegebenheit ermittelter Zahlenwert mit Maßeinheit. Der Messwert wird für gewöhnlich von der Anzeige eines Messgerätes abgelesen oder durch einen Computer automatisiert erfasst. Er ist abhängig von Messunsicherheiten oder der nur eingeschränkt kontrollierbaren Versuchsumgebung. Deshalb ist es mit Messgrößen auch immer nur möglich den *wahren Wert* als mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit in einem gegebenen Intervall liegend zu bestimmen. Beispiele für Messgrößen sind Lägen, Massen, Volumina oder Kräfte. Wie am Beispiel der Volumina erkennbar, muss die Messgröße nicht unmittelbar erfassbar sein, sondern kann sich auch aus anderen Messgrößen ergeben (hier aus der Länge).

1.2 Warum führt man in der Naturwissenschaft Experimente durch?

In der Mathematik sind einige geschickt gewählte Prämissen ausreichend, um alles, was man untersuchen möchte, logisch herzuleiten. In den Naturwissenschaften kennen wir diese natürlichen Prämissen nicht und sind daher darauf angewiesen, eine „Top-Down-Perspektive“ anzunehmen. Wir können nur die Effekte der Prämissen beobachten und müssen daraus dann Rückschlüsse auf die grundlegenden Konzepte finden. Ein Beobachten dieser Effekte nennt man dann „Experiment“ und ist aus der Naturwissenschaft nicht wegzudenken. Außerdem wäre man ohne tatsächliche Messungen nicht in der Lage die aufgestellten Theorien zu überprüfen und zu quantifizieren.

1.3 Warum kann der “wahre Wert” einer Messgröße niemals bestimmt werden?

Einerseits hat jedes Messgerät eine Unsicherheit und auch eine große Anzahl an Messungen schränkt das Intervall, in dem der „wahre Wert“ der Messgröße mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt, nur ein. Eine Messung des wahren Wertes würde ein unendlich genaues Messgerät oder eine unendliche Zahl an Messungen voraussetzen. Dies wird sich aus offensichtlichen Gründen niemals realisieren lassen. Außerdem würde eine exakte Messung auch eine exakte Kontrolle der Randbedingungen des Experiments benötigen. Wie unrealistisch dies ist, lässt sich daran erkennen, dass beispielsweise der gravitationelle Einfluss eines Staubkorns im Nachbargebäude des Raumes, in dem das Experiment durchgeführt wird, in die Rechnung einbezogen werden müsste.

2 Durchgeführte Versuche

2.1 Versuch 1: Leerlaufspannung einer Batterie

2.1.1 Fragestellung

Welche Spannung hat die vorliegende 9-Volt-Batterie?

2.1.2 Vorwissen

Batterien haben unmittelbar nach der Herstellung eine höhere Spannung als angegeben, da sie sich mit zunehmender Aufbewahrungsdauer selbst entladen. Die aufgedruckte Spannung soll bis zum angegebenen Datum (in diesem Fall Februar 2017) vorhanden sein. Demnach ist es unwahrscheinlich, dass die Batterie noch eine höhere Spannung als 9V hat. Da wir keine Informationen über ihre bisherige Nutzung haben, lassen sich allerdings keine weiteren Schlüsse über den Zustand ihrer Ladung ziehen. Also ist ihre Leerlaufspannung auf 0-9 Volt einzuschätzen, ohne dass man nähere Angaben dazu machen könnte, welche Spannungsbereiche wahrscheinlicher als andere sind. Demnach ergibt sich eine rechteckige WDF, wie sie in Abb. 1 zu sehen ist.

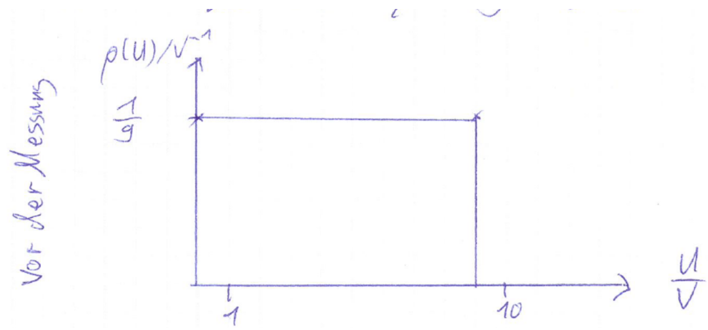

Abbildung 1: WDF der Leerlaufspannung gemäß der Vorüberlegung

2.1.3 Darstellung der Messwerte

Es wurde mit einem Multimeter gemessen. Dabei wurde der Messbereich verkleinert, bis der Messwert darin lag. Dies war im Bereich 2V bis 20V der Fall. Da der angezeigte Wert auf der Digitalanzeige bei längerer Messung leicht schwankte haben wir versucht den Wert aufzunehmen, der sich kurz nach Beginn der Messung einstellte, um nicht durch den endlichen Innenwiederstand (und den dadurch entstehenden Stromfluss) des Multimeters den Ladungsstand der Batterie zu beeinflussen.

Messung	Leerlaufspannung U_0 / V
1	5,67
2	5,61

2.1.4 Unsicherheitsbetrachtung

Der Hersteller der Multimeter gibt eine Messtoleranz von ±0,5% des abgelesenen Wertes für Gleichspannungsmessungen in den Messbereichen 2 V und 20 V an. Die ist eine Typ B Unsicherheit mit rechteckiger WDF. Außerdem lässt sich die Spannung nur bis auf zwei Nachkommastellen ablesen, wodurch eine zusätzliche Ungenauigkeit von $\pm 0,005$V entsteht. Dies ist ebenfalls eine Typ B Unsicherheit mit rechteckiger WDF. Insgesamt ergibt sich:
$u_1 = \frac{0{,}01}{2\sqrt{3}}\text{V} \approx 0,0029\text{V}$
$u_2 = \frac{2 \cdot 0{,}005 \cdot \text{Messwert}}{2\sqrt{3}}$
Messung 1: Unsicherheit: $\pm\sqrt{(\frac{0{,}01 \cdot 5{,}67}{2\sqrt{3}})^2 + 0,0029^2}\text{V} \approx \pm 0,075\text{V}$
Messung 2: Unsicherheit: $\pm\sqrt{(\frac{0{,}01 \cdot 5{,}61}{2\sqrt{3}})^2 + 0,0029^2}\text{V} \approx \pm 0,074\text{V}$

2.1.5 Ergebnis

Messung	Leerlaufspannung U_0 / V
1	$(5{,}670 \pm 0{,}075)$ V
2	$(5{,}610 \pm 0{,}074)$ V

Mittelwert $\overline{U}_0 = 5,64\text{V}$
Unsicherheit Mittelwert: $u_{\mathrm{M},\leq 10} = t_{68}(3)\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n(n-1)}} = 0,036\text{V}$
kombinierte Unsicherheit: $\pm\sqrt{(u_{\mathrm{M}})^2 + 0,0029^2}\text{V} \approx \pm 0.036\text{V}$

2.1.6 Schlussfolgerung

Die Leerlaufspannung liegt höchstwahrscheinlich bei $U_0 = 5,64$V. Die lässt darauf schließen, da das „Haltbarkeitsdatum“ der Batterie noch nicht so lange überschritten ist, dass eine derartige Entladung zu erwarten wäre, dass die Batterie bereits benutzt wurde.

2.2 Versuch 2: Länge eines Stiftes

2.2.1 Fragestellung

Wie lang ist der vorliegende Stift?

2.2.2 Vorwissen

Eine grobe Abschätzung mit dem Auge ergibt ca. 14cm. Hierfür haben wir uns den Messbereich eines Geo-Dreiecks vorgestellt und dies mit dem Stift verglichen.

2.2.3 Darstellung der Messwerte

Ein Maßband wurde von einer Person an das eine Ende des Stiftes gehalten, während die andere Person am anderen Ende die Skala ablas.

Messung Nr.	Länge l / cm
1	16,7
2	16,7

2.2.4 Unsicherheitsbetrachtung

Das Lineal lässt sich ungefähr mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$cm ablesen. Dies ist eine Typ B Unsicherheit mit dreieckiger WDF. $u = \frac{0{,}2}{2\sqrt{6}}\text{cm} = 0,04\text{cm}$

2.2.5 Ergebnis

Messung Nr.	Länge l / cm
1	$(16{,}70 \pm 0{,}04)$ cm
2	$(16{,}70 \pm 0{,}04)$ cm

2.2.6 Schlussfolgerung

Die Länge des Stiftes kann als $(16{,}70 \pm 0{,}04)$ cm angenommen werden. Daraus lässt sich folgern, dass die Abschätzung mit dem Auge für eine grobe Einschätzung der Länge eines Stiftes ausreicht. Eine auf wenige Millimeter genaue Angabe der Länge setzt jedoch eine tatsächliche Messung voraus.

2.3 Versuch 3: Kugeln auf der schiefen Bahn

2.3.1 Fragestellung

Rollt eine Metallkugel die schiefe Schiene schneller herunter als eine Holzkugel?

2.3.2 Vorwissen

Die bisher akzeptierte Hypothese ist, dass die schwerere Kugel, also die metallene, unter dem Einfluss der Reibung schneller rollt. Beim vertikalen Falle erwarten wir bei einer Messung, die nicht im Vakuum stattfindet, dass eine Holzkugel langsamer fällt als eine Metallkugel, da die Oberflächenstruktur der Holzkugel eine größere Bremswirkung durch den Luftwiderstand verursacht. Dies lässt sich auf ein Rollen mit dem Winkel α zur Horizontalen übertragen. Aus der Fallbeschleunigung ergibt sich: $ma = mg \sin \alpha$. Da sich hier die Masse eliminiert, hat diese keinen Einfluss auf die Fallbeschleunigung. Wenn man lediglich das Trägheitsmoment betrachtet, würde man sogar ein langsameres Rollen der Metallkugel erwarten, da sie ein höheres Trägheitsmoment hat und somit langsamer beschleunigt wird. Wir messen so häufig, bis sich der laufende Mittelwert der Zeit, die die Kugel bis zum Ende der Schiene benötigt, nicht mehr wesentlich ändert.

2.3.3 Darstellung der Messwerte

Messung Nr.	Holz / s	Metall / s	HM / s	MM / s
1	1,87	1,72	1,87	1,72
2	1,84	1,62	1,86	1,67
3	1,88	1,65	1,86	1,66
4	1,75	1,72	1,84	1,68
5	1,85	1,59	1,84	1,66
6	1,90	1,69	1,85	1,65

HM (MM) ist hierbei der Laufende Mittelwert der Holzkugel (Metallkugel).
Standardunsicherheiten des Mittelwertes:
Holzkugel: $u_{\mathrm{HM}} = t_{68}(3)\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n(n-1)}} = 0,128\mathrm{s}$
Metallkugel: $u_{\mathrm{MM}} = 0,144\mathrm{s}$

2.3.4 Unsicherheitsbetrachtung

Die menschliche Wahrnehmung limitiert die Genauigkeit der Zeitmessung mit einer Stoppuhr. Dies in einen Zahlenwert zu fassen würde einen separaten Vergleich von dieser Messmethode zu einer automatisierten (z.B. mit einer Lichtschranke) voraussetzen. Die Unsicherheit, die durch die Limitierung des Digitaldisplays auf zwei Nachkommastellen entsteht, dürfte demgegenüber zu vernachlässigen sein.

2.3.5 Ergebnis

Die Metallkugel rollt signifikant (Abweichung größer als Standardunsicherheit) schneller auf der Rinne.

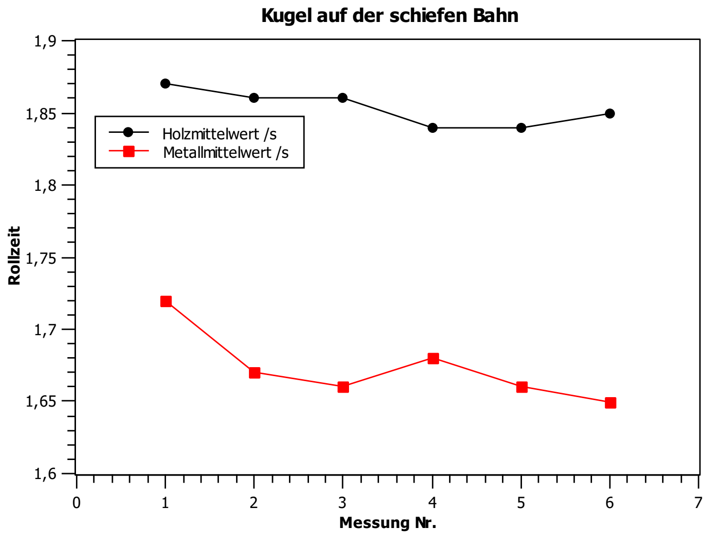

Abbildung 2: Darstellung der laufenden Mittelwerte

2.3.6 Schlussfolgerung

Um die Hypothese legitimerweise in Frage zu stellen, müsste die Holzkugel im Mittel schneller die Bahn hinunterrollen als die Metallkugel und die Abweichung müsste größer sein als die Standardunsicherheit. Die erste Bedingung ist bereits nicht erfüllt, daher konnten wir die Hypothese nicht falsifizieren und sie kann beibehalten werden. Unsere Vorannahme, dass der Einfluss des Trägheitsmoments auf die Zeit, die die Kugel benötigt, um die schiefe Bahn hinunter zu rollen, gegenüber dem Reibungswiederstand verschwindet, wird also durch die Ergebnisse unterstützt.