



Workshop Praktikum A

WS 22/23

Who, what and why?



Maurice Kirchner (he/him)
B.Sc. Physik (wip)
mkirchner@ph2.uni-koeln.de

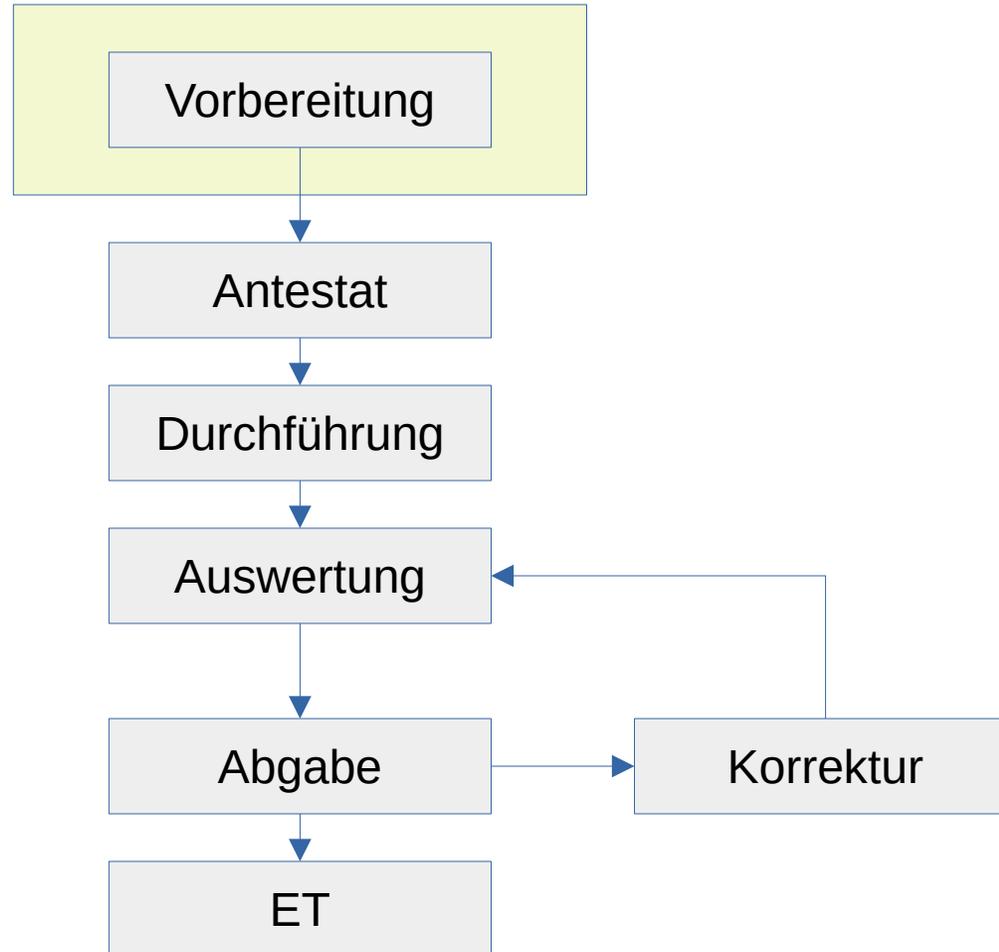


Abb. 1 AP vs Zweit¹

*alle anderen

Disclaimer

- Inhalt nach bestem Wissen und Gewissen
- Letztes Wort hat die AP Seite²:



Fehlerrechnung³ (pdf)



Allgemeine Hilfen⁴ (pdf)

Modellversuch

Mathematisches Pendel

■ Schritt 0: Lesen und Fragen klären:

- Kraft, Impuls, E_{pot} , E_{kin}
- Winkel, -geschwindigkeit, -beschleunigung
- Amplitude, Periode, (Kreis-)Frequenz



Anleitung M1⁵ (pdf)

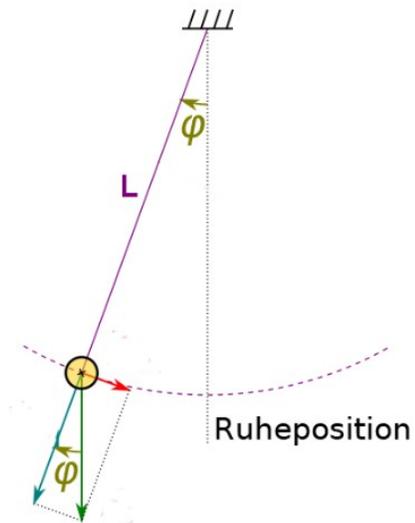


Abb. 2 Pendel⁵

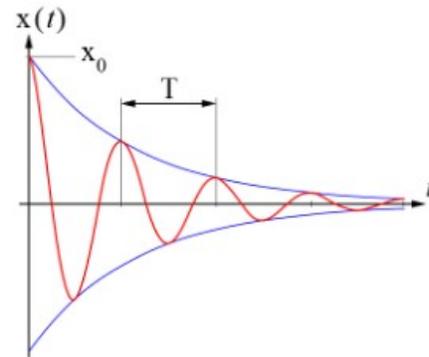
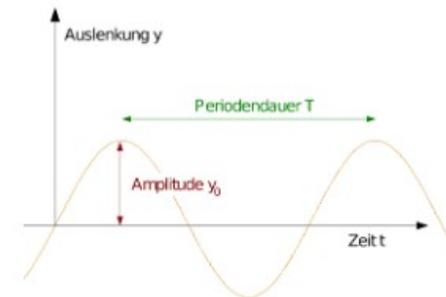
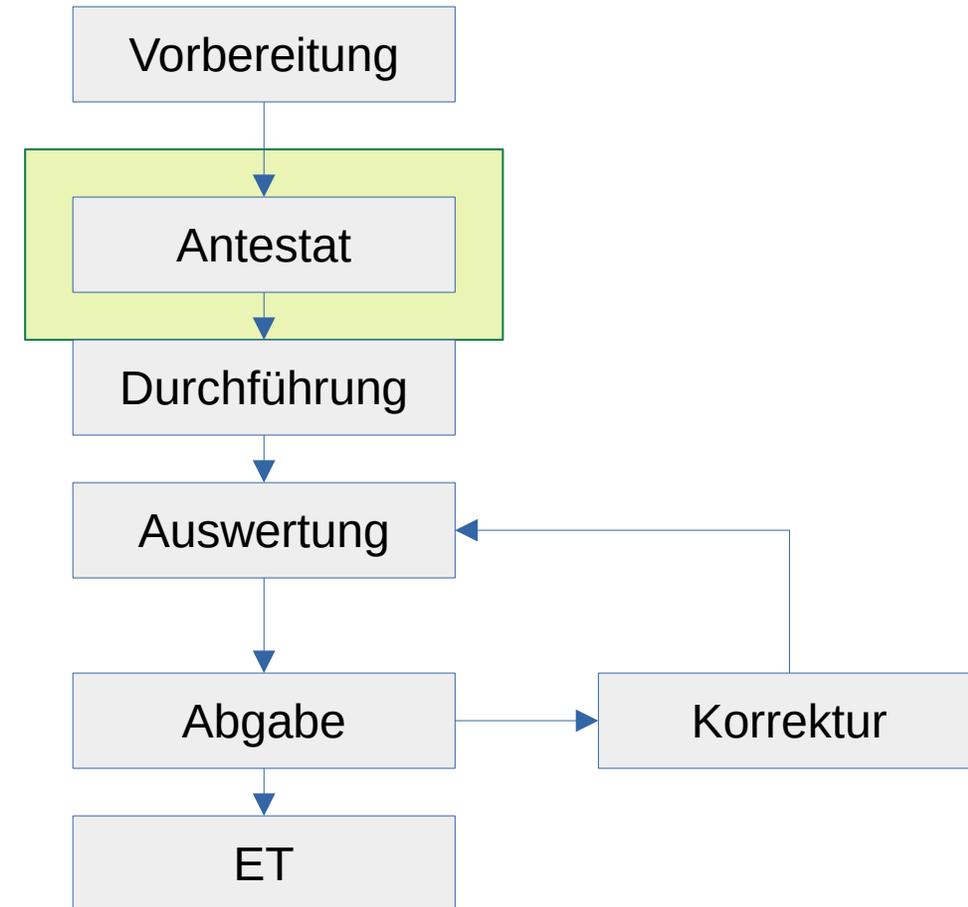
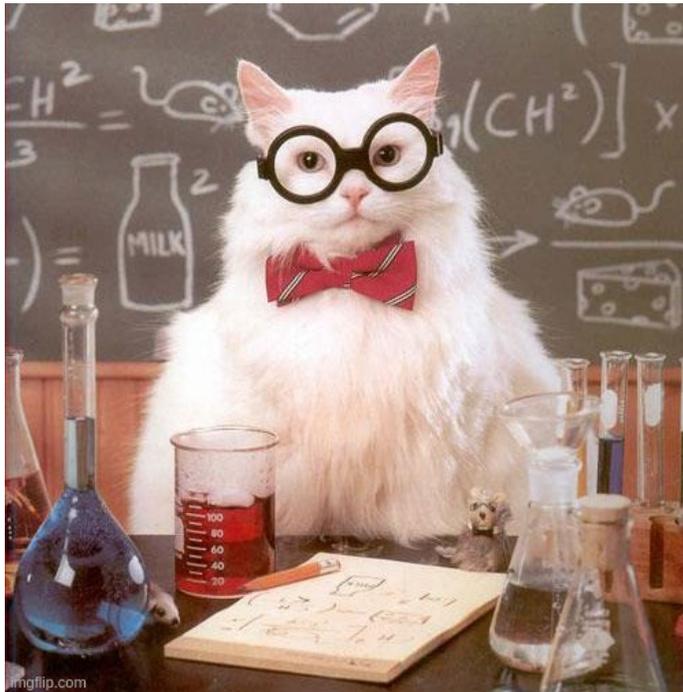


Abb. 3 Schwingung⁵



Modellversuch

Mathematisches Pendel



Modellversuch

Mathematisches Pendel

- Schritt 1: Messprinzip klären
- Schritt 2: Messgrößen bestimmen

$$F_{g,\text{tan}} = F_{\varphi}$$

$$\text{Ansatz: } A(t) = A_0 e^{-\omega t}$$

$$-mg \sin(\varphi) = mL\ddot{\varphi}$$

$$\implies \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\varphi \text{ klein} \approx -\frac{g}{L}\varphi = \ddot{\varphi}$$

$$\iff g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

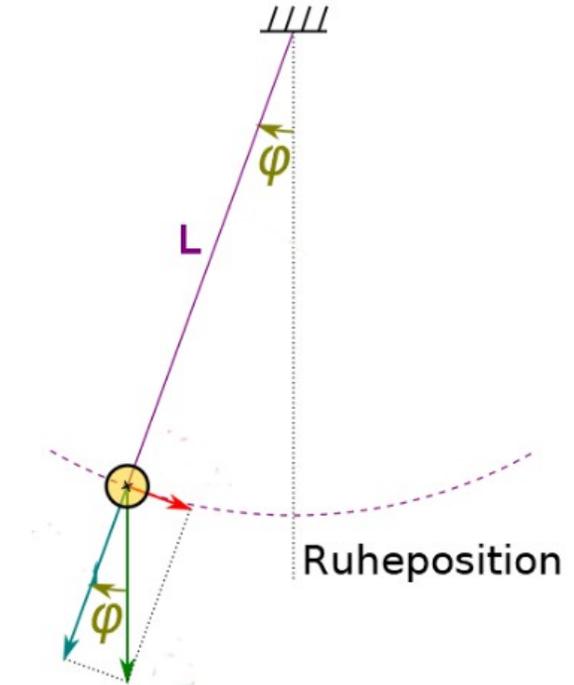


Abb. 2 Pendel⁵

- Schritt 3: Quellen für Messfehler identifizieren

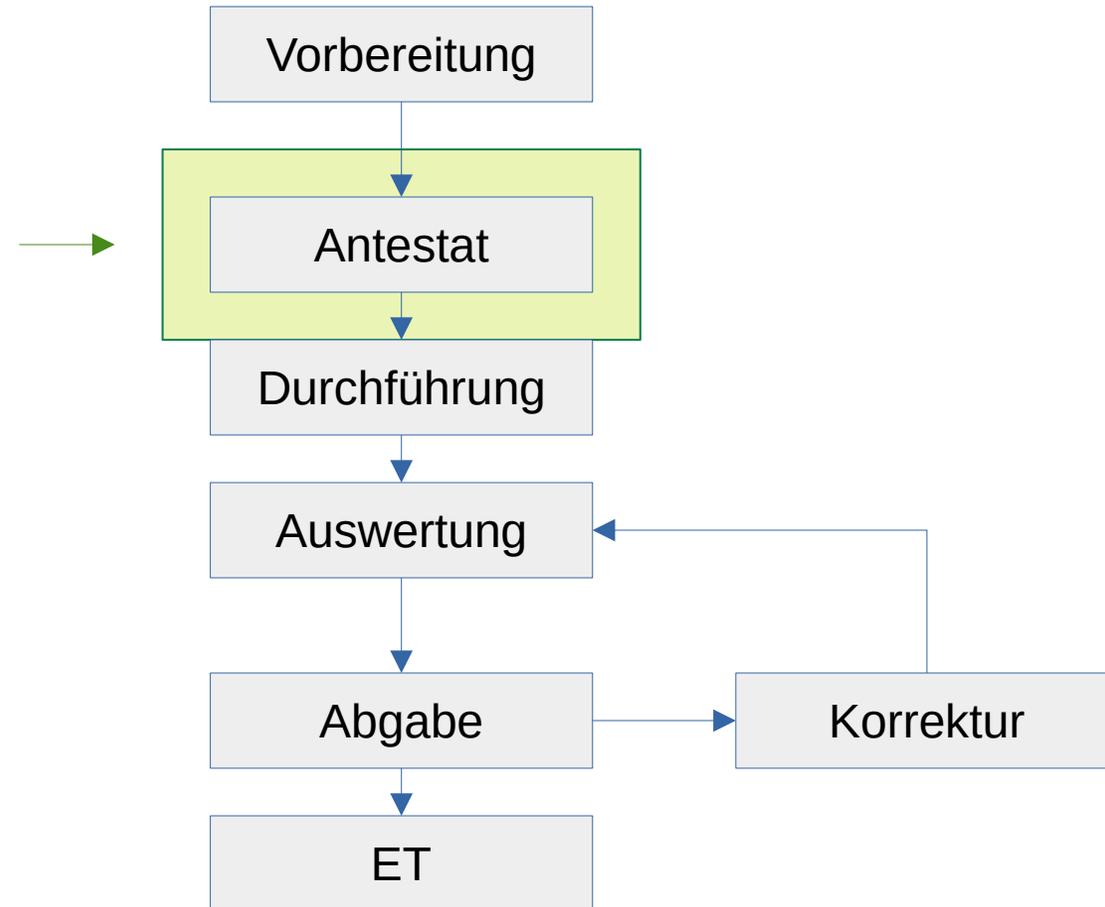
Modellversuch

Mathematisches Pendel

Ihr habt gerade das
Antestat bestanden!*

Merken (3Ms):

- Messprinzip
- Messgrößen
- Messfehler



*Kann je nach BetreuerIn variieren

Modellversuch

Mathematisches Pendel

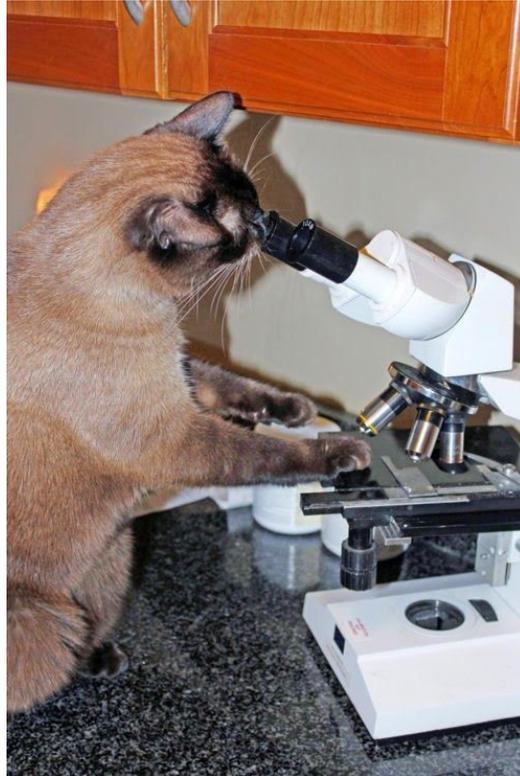
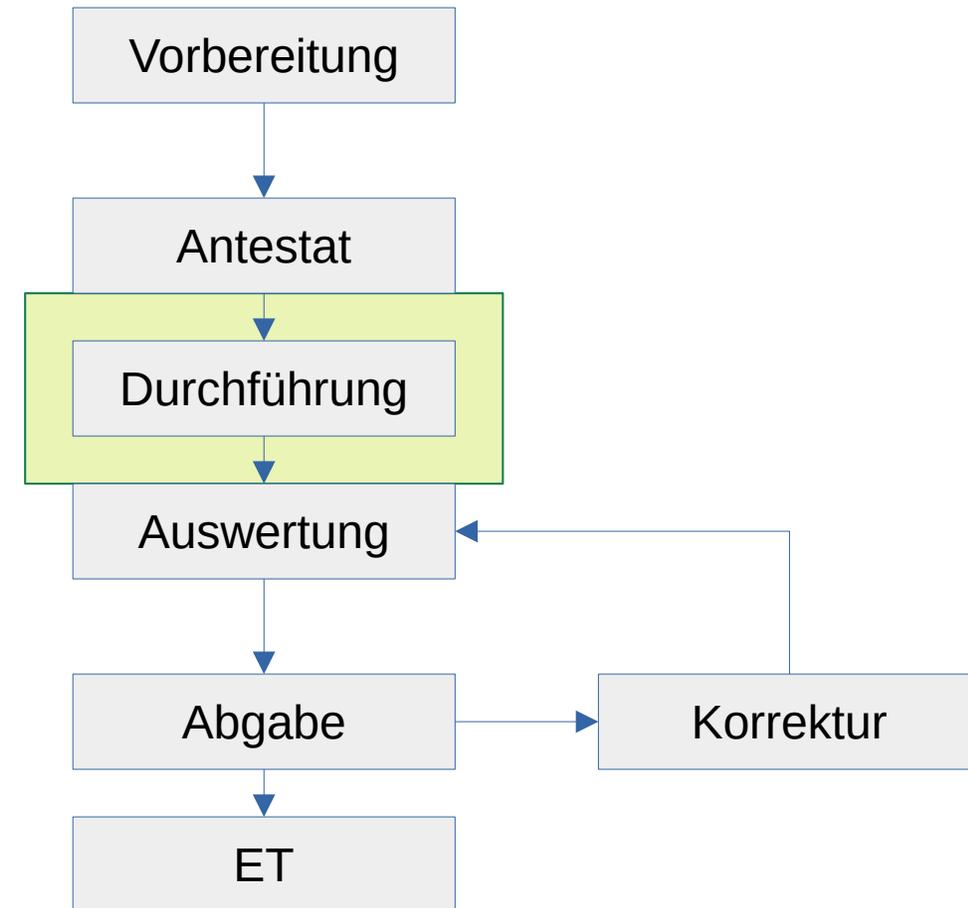


Abb. 4 Zweiti vs AP⁶



Pause

Modellversuch

Mathematisches Pendel

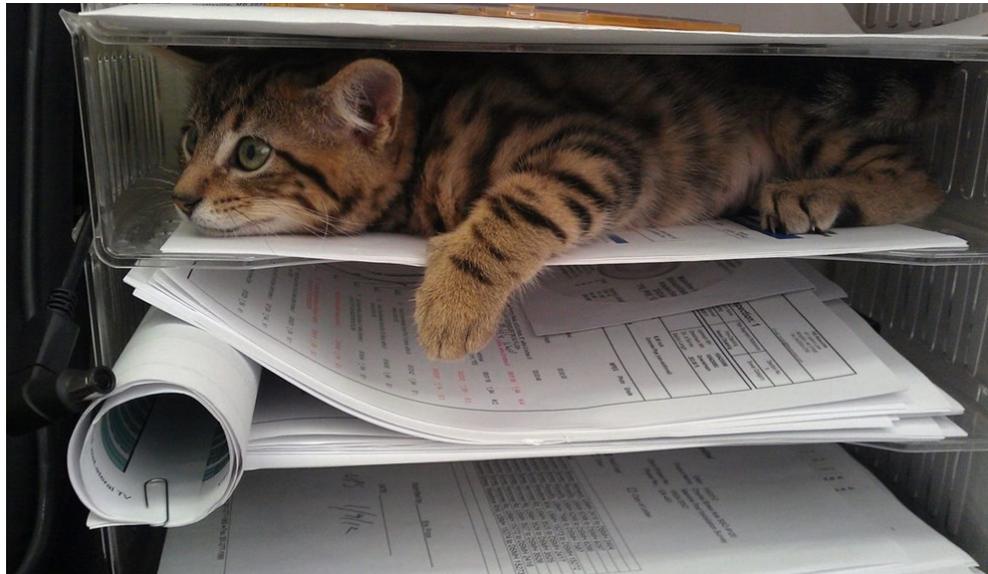
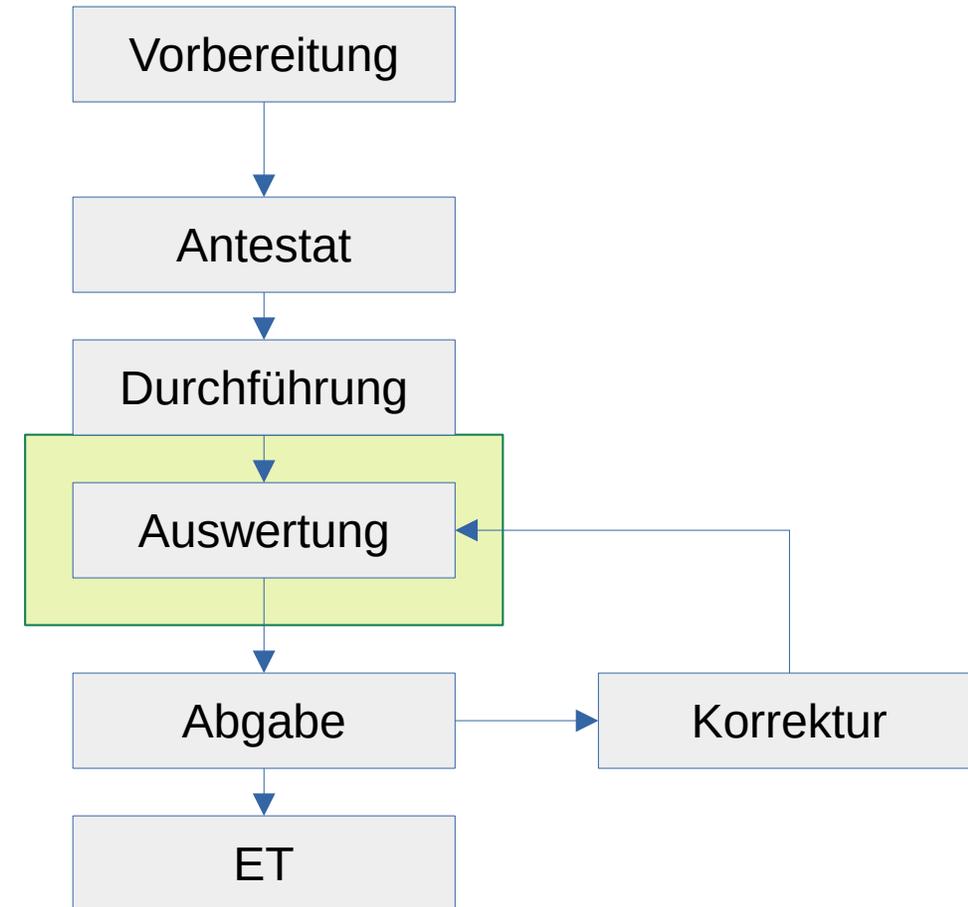


Abb. 6 Das AP schlägt zurück¹²



Messwerte und Fehler

Genauigkeit

- Gemessener Wert nicht zwangsweise wahrer Wert
- Genauigkeit = Richtigkeit + Präzision

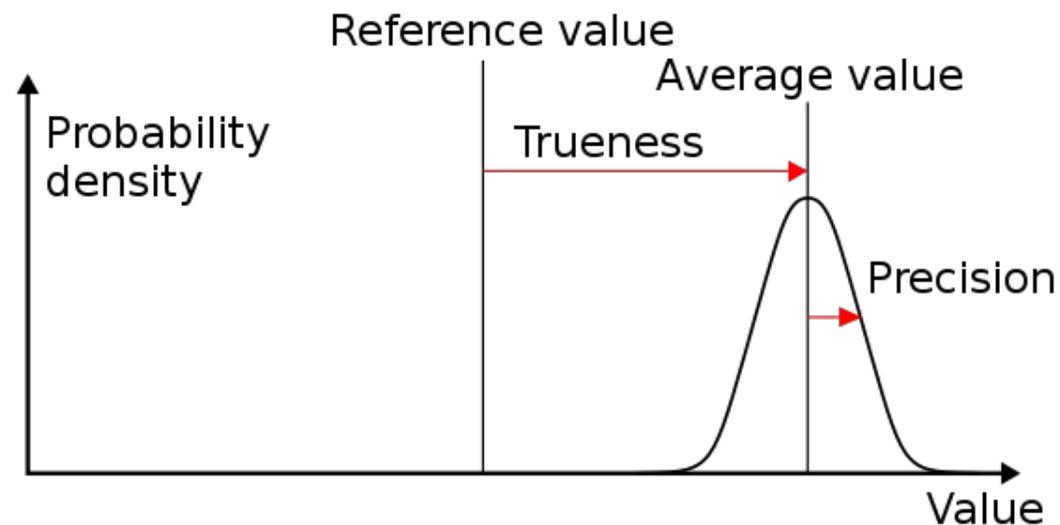


Abb. 7 Richtigkeit und Präzision⁷

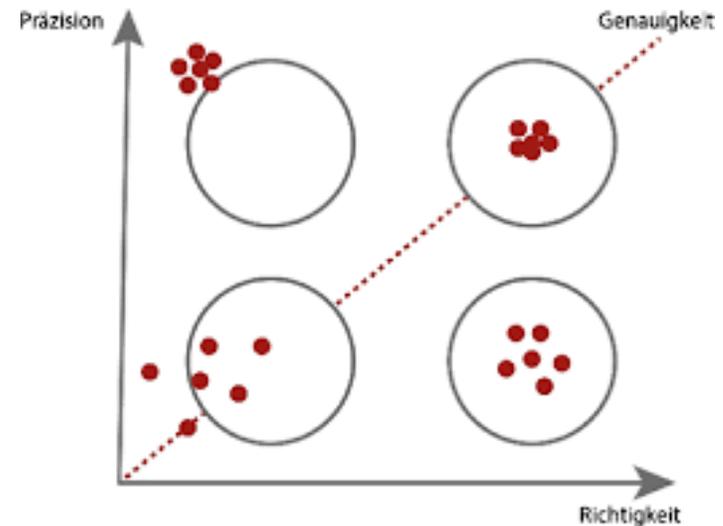


Abb. 8 Präzision und Richtigkeit⁸

Messwerte und Fehler

Genauigkeit

Richtigkeit vs. Systematische Fehler

(Referenzwert)

(Können sich aufheben)

Präzision vs. Zufällige Fehler

(Wiederholung)

(Addieren sich immer)

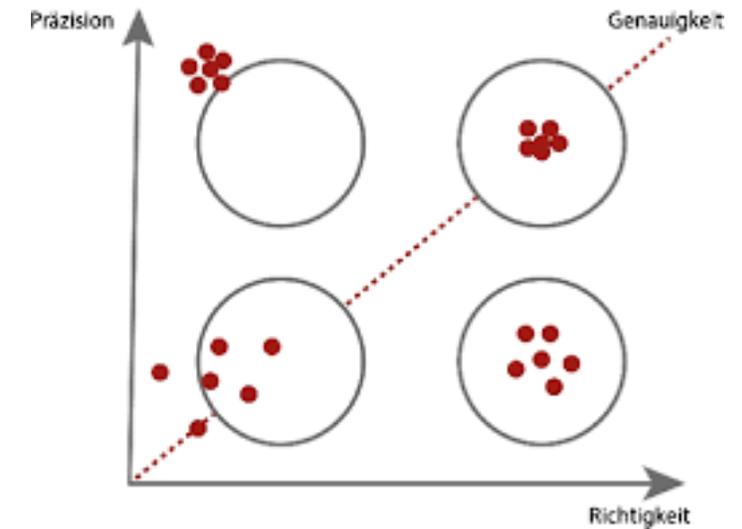


Abb. 9 Richtigkeit und Präzision⁸

Messwerte und Fehler

Mittelwert

- Messwert wird gemittelt: Bei hohen N (und ohne systematischen Fehler: $\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x} \rightarrow x$)

- Versch. Mittelwerte für versch. Situationen. Hier: arithmetischer

Mittelwert
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- Problem

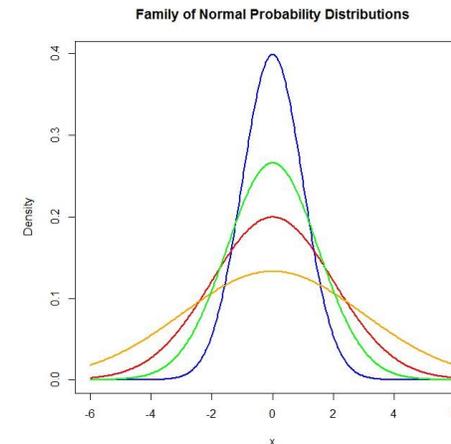
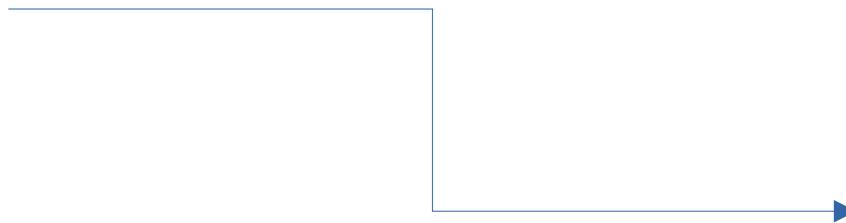


Abb. 10 ...normal⁹

Messwerte und Fehler

Varianz

- **Varianz σ^2 :**

Mittlere quadratische Abweichung einer reellen Zufallsvariablen von ihrem Erwartungswert

$$\sigma^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- **Messwerte:**

Unabhängige, identisch verteilte Zufallsvariablen mit endlicher Varianz

Messwerte und Fehler

Standardabweichung und Standardfehler

- Standardabweichung $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- Standardfehler (des Mittelwerts):

$$s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

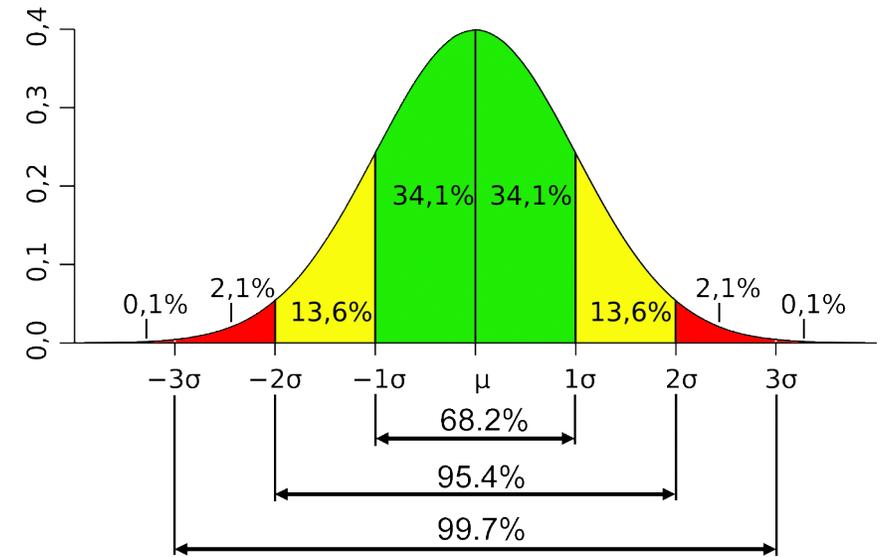


Abb. 11 Konfidenzintervalle¹⁰

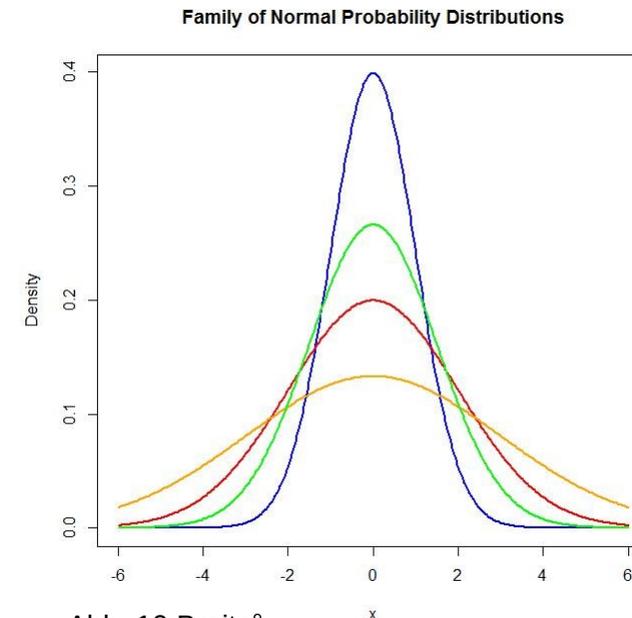
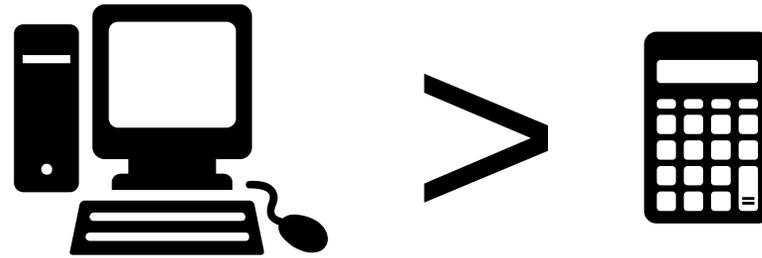


Abb. 10 Breite⁹

Messwerte und Fehler

Intermezzo



Messwerte und Fehler

Standardabweichung und Standardfehler

- Standardabweichung $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$:

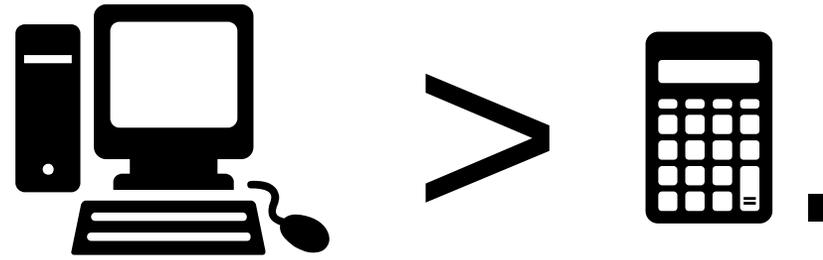
~~$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$~~ \longrightarrow =STDEV(A1:A20)

- Standardfehler (des Mittelwerts) s :

~~$$s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$~~ \longrightarrow =STDEV(A1:A20) /
SQRT(COUNT(A1:A20))

Messwerte und Fehler

Intermezzo



Messwerte und Fehler

Fehlerfortpflanzung

- **Werte** und **Fehler**, now what?
- Interessante Größen setzen sich aus Anderen zusammen

Mega
Fehlerbehaftet??

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

Fehlerbehaftet

Fehlerbehaftet

- Wie verhält sich das mit den Fehlern?

Messwerte und Fehler

Fehlerfortpflanzung

- **Werte** und **Fehler**, now what?
- Interessante Größen setzen sich aus Anderen zusammen

Mega
Fehlerbehaftet??

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

Fehlerbehaftet

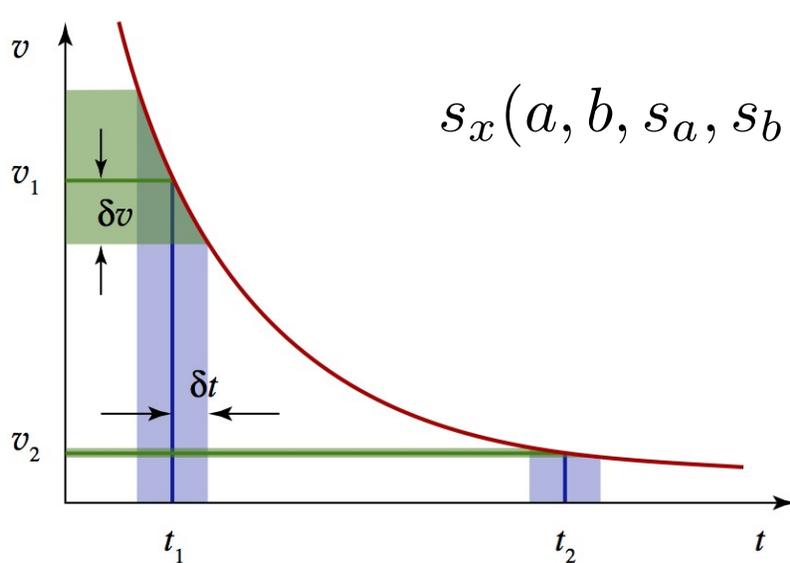
Fehlerbehaftet

- Wie verhält sich das mit den Fehlern?

Messwerte und Fehler

Fehlerfortpflanzung

Wenn Fehler s_a , s_b unabhängig und so klein, dass die Abweichungen als linear auf die Funktion wirkend betrachtet werden können:



$$s_x(a, b, s_a, s_b \dots) = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial a} s_a\right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial b} s_b\right)^2 + \dots}$$

Abb.12 Zur Intuition der Fehlerfortpflanzung¹¹

Messwerte und Fehler

Fehlerfortpflanzung: Beispiel

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial L} \left[\frac{4\pi^2 L}{T^2} \right] = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

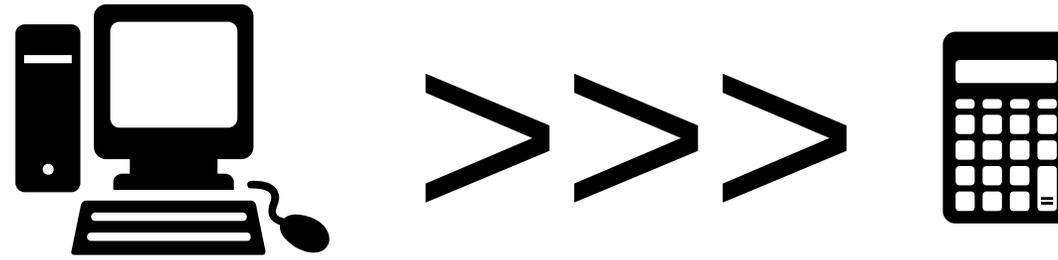
$$\frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{4\pi^2 L}{T^2} \right] = -\frac{8\pi^2 L}{T^3}$$

$$s_x(a, b, s_a, s_b \dots) = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial a} s_a \right)^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial b} s_b \right)^2 + \dots}$$

$$s_g = \sqrt{\left[\left(\frac{4\pi^2}{T^2} \right) \cdot s_L \right]^2 + \left[\left(-\frac{8\pi^2 L}{T^3} \right) \cdot s_T \right]^2}$$

Messwerte und Fehler

Intermezzo



Grafisches

Werte eintragen

- Skala: $(x, y)_{min}$ bis $(x, y)_{max}$ inklusive Fehler
- Werte samt Fehlerbalken eintragen
- Mögliche Ausreißer identifizieren

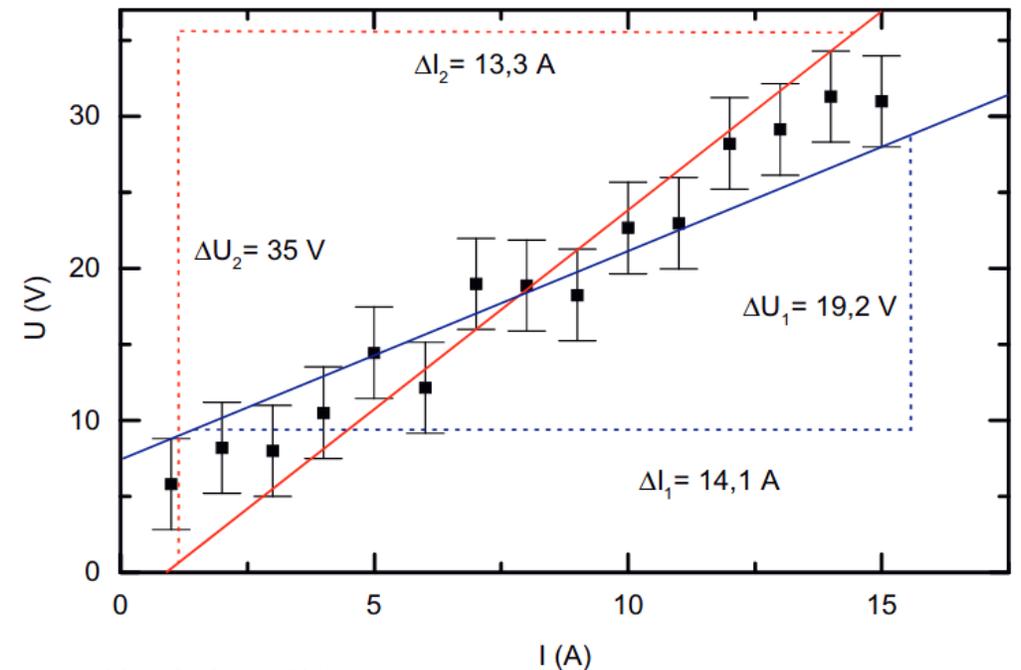


Abb. 13 Linear Fit¹¹

Grafisches

Geradenanpassung $a = mx + b$

- Extremalgeraden einzeichnen (2/3 der Fehlerbereiche streifen)
- Steigungen bestimmen
- Mittelwert bilden
- Fehler bestimmen
- Y-Achsenchnitt berechnen

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2}$$

$$\Delta m = \left| \frac{m_1 - m_2}{2} \right|$$

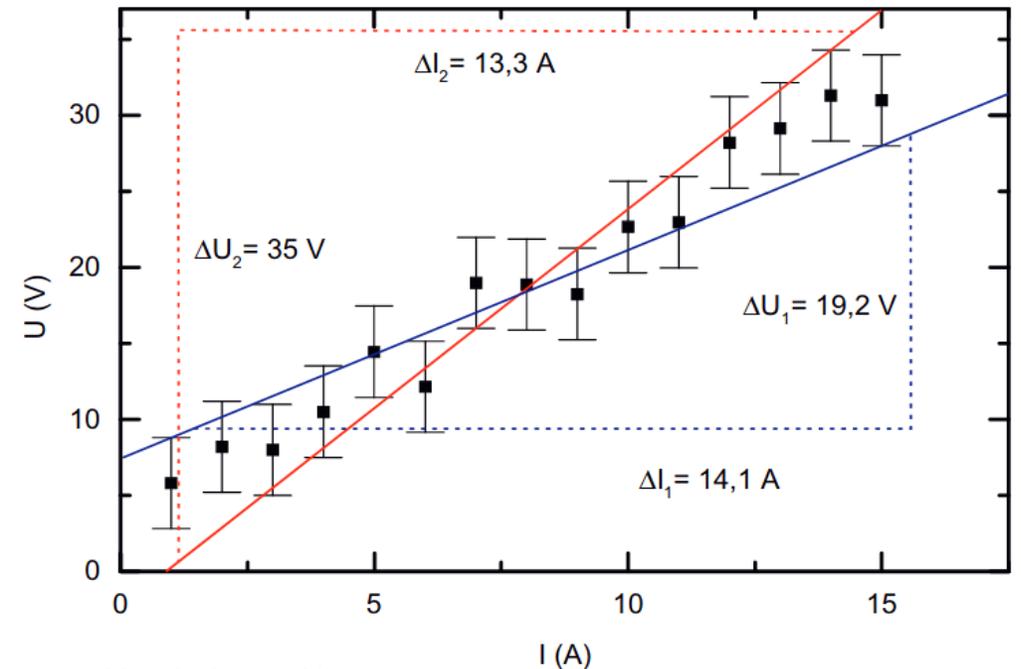
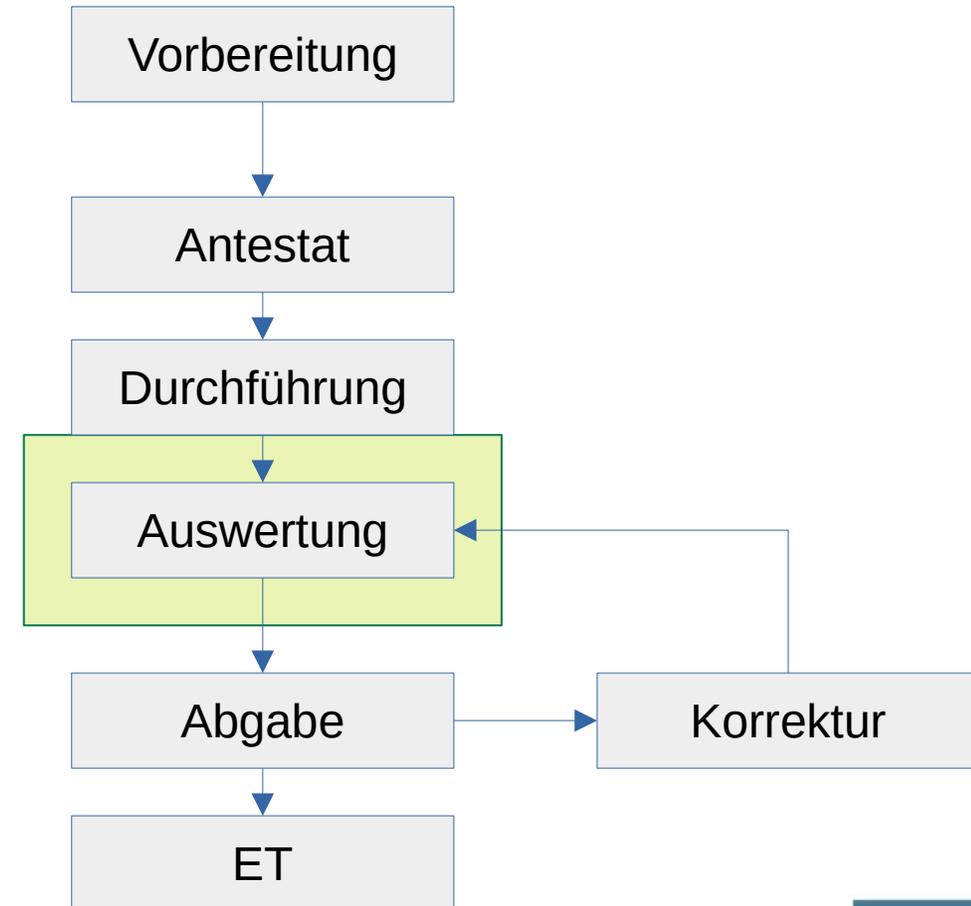


Abb. 12 Linear Fit¹¹

Messwerte und Fehler

Überblick

Ihr habt gerade 90%
von der Auswertung
gemacht!*



Referenz

- 1 <http://fazewp.fazemediainc.netdna-cdn.com/cms/wp-content/uploads/2015/06/coyote-1.5-2.jpg>
- 2 <https://teaching.astro.uni-koeln.de/AP>
- 3 https://teaching.astro.uni-koeln.de/sites/default/files/praktikum_a/Anleitung_zur_Fehlerrechnung.pdf
- 4 https://teaching.astro.uni-koeln.de/sites/default/files/praktikum_a/allgemeine_Hilfen_Praktikum_A.pdf
- 5 https://teaching.astro.uni-koeln.de/sites/default/files/praktikum_a/M1_Nebenfaechler.pdf
- 6 <https://i.pinimg.com/originals/a5/41/b4/a541b4eb03be2e16b0c0360a09ef672e.jpg>
- 7 [https://en.wikipedia.org/wiki/Accuracy_and_precision#/media/File:Accuracy_\(trueness_and_precision\).svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Accuracy_and_precision#/media/File:Accuracy_(trueness_and_precision).svg)
- 8 https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.degruyter.com%2Fdocument%2Fdoi%2F10.1515%2Fteme-2019-0115%2Fhtml%3Folang%3Dde&psig=AOvVaw2K_-SHi4_N8F2ZG1lx2O9R&ust=1665231291609000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjRxqFwoTCNj8hKGMzvoCFQAAAAAdAAAAABAM
- 9 <https://sites.nicholas.duke.edu/statsreview/files/2013/06/family.jpeg>
- 10 https://projectmanager.com.au/wp-content/uploads/2016/07/Weaver_SD3.png
- 11 <http://www.physics.hmc.edu/courses/p057/pmwiki/uploads/Physics/ErrorPropagation.png>
- 12 <https://i.chzbgr.com/original/9002083840/hA5E6362C/file-work-papers-kitten-cats-9002083840>