

Auswertung von Messungen: Fehlerrechnung



Willkommen!

Auswertung von Messungen: Fehlerrechnung

11-P-FR1 Auswertung von Messungen: Fehlerrechnung

Vorlesung

Übung

Fragestunde

Klausur

Diese Modul ist Pflicht für alle Studierende mit Studienziel:

Physik (BP),

Quantentechnologie (QT),

Mathematische Physik (BMP),

modularisiertes Lehramt mit Fachrichtung Physik (mLGY, mLRS, mGS, mHS),

Luft- und Raumfahrtinformatik (LURI).

BP, QT, BMP beginnen damit im ersten Semester.

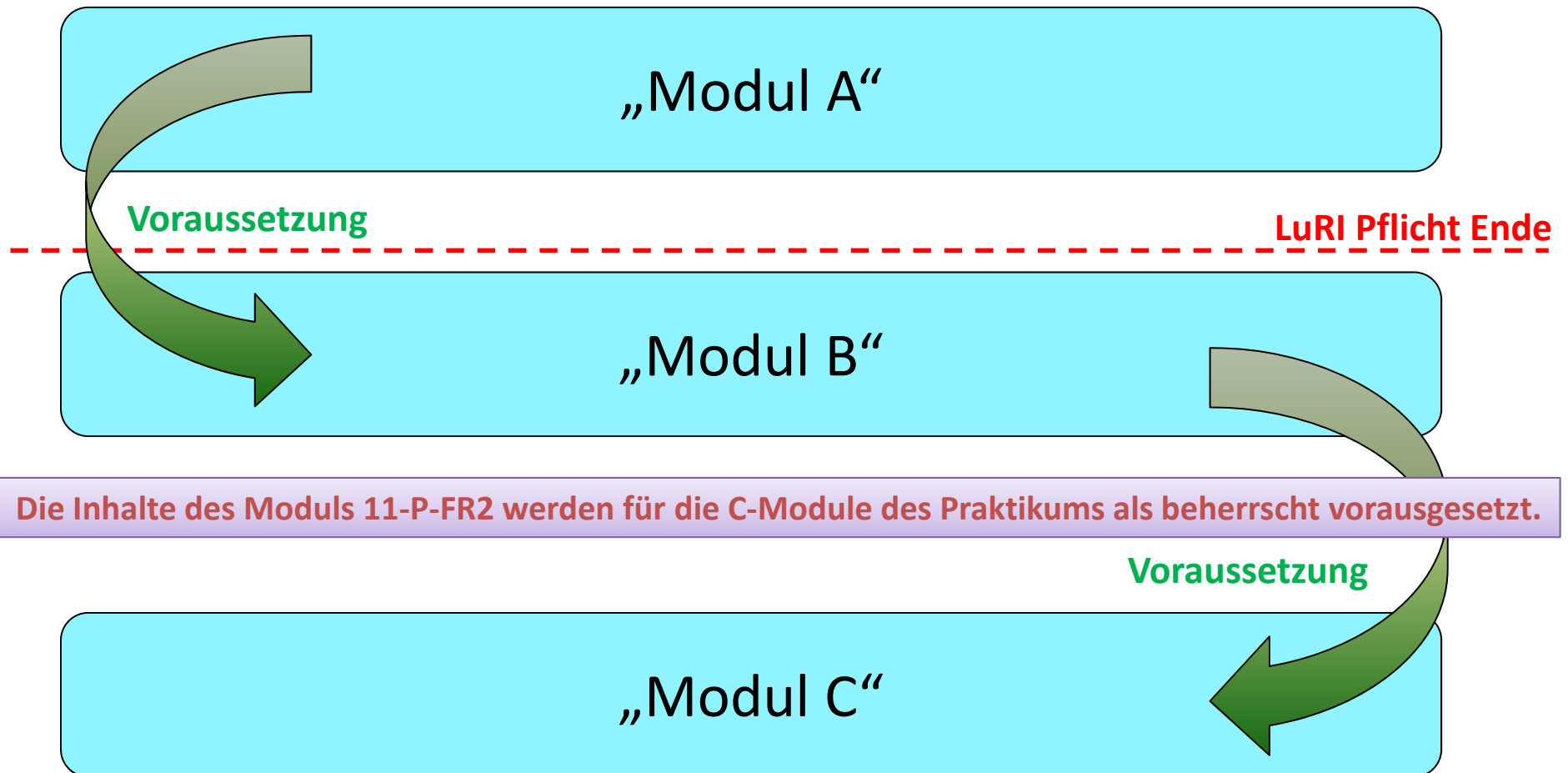
Bei allen anderen ist dieses Modul teilweise im dritten Semester vorgesehen.

Es kann aber bei guten Physik- und Mathematikkenntnissen auch im ersten Semester durchgeführt werden

Die Inhalte des Moduls 11-P-FR1 werden für alle Praktikumsmodule als beherrscht vorausgesetzt.

Struktur des Physik Bachelorpraktikums

Die Inhalte des Moduls 11-P-FR1 werden für alle Praktikumsmodule als beherrscht vorausgesetzt.



Die Inhalte des Moduls 11-P-FR2 werden für die C-Module des Praktikums als beherrscht vorausgesetzt.

Anmeldung zum Grundpraktikum

Jedes Semester werden zwei Termine angeboten:

1.) Während der Vorlesungszeit (WS 23/24 ab Ende November)

Die Anmeldung zum Physikalischen Grundpraktikum im Wintersemester 2023/2024 findet **bis 27.10.2023** statt.

Jeweils Do 14:00-18:00 Uhr: unbedingt bei der Belegung der Übungen bedenken

2.) Als Blockkurs im März / September

Die Anmeldung zum Physikalischen Grundpraktikum im Wintersemester 2023/2024 (Block) findet vom **08.01. bis 19.01.2024** statt.

Die Versuche werden in der KW10 bis KW12 2024 durchgeführt.

Anmeldung zum Grundpraktikum

<https://www.physik.uni-wuerzburg.de/studium/bachelor/grundpraktikum/>

Wichtige Hinweise zur Anmeldung und zum Ablauf:

Aktuelle Hinweise

Die Anmeldung zum Grundpraktikum während der Vorlesungszeit des WS2023/2024 wird vom 16.10.2023 bis 27.10.2023 durchgeführt. Die Einweisungen finden in der KW48 statt, die Versuchsdurchführungen starten in der KW49.

Terminankündigungen

Ankündigung Praktikum Blockkurs WS2023/2024

Die Anmeldung zum Blockkurs wird vom 08.01.2024 bis 19.01.2024 durchgeführt werden. Die Versuchsdurchführungen werden von KW10 bis KW12 2024 statt finden.

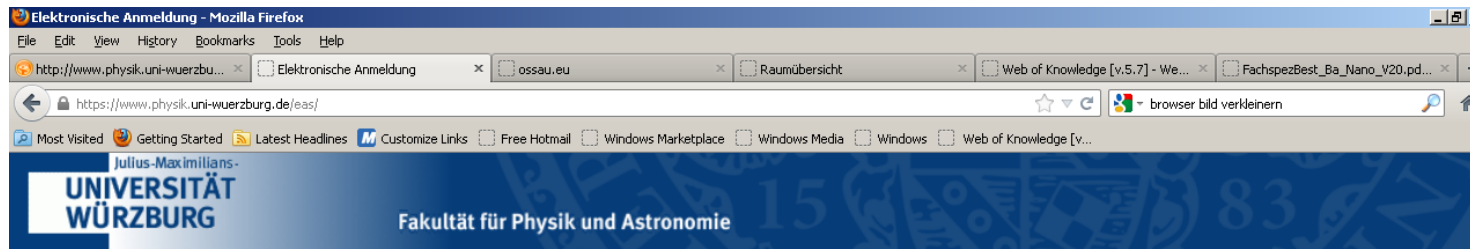
Für Studenten

- > Anmeldung zum Grundpraktikum
- > Belegung (Gibt es noch freie Plätze?)
- > Terminlisten
- > Punkteeinsicht
- > Kolloquiumstermine vereinbaren
- > Regelungen zum Abschlußkolloquium

Für Betreuer

- > Terminlisten
- > Betreueraufgaben
- > Kolloquiumstermine festlegen
- > Online-Anmeldung (Hilfskrafttätigkeit)

Anmeldung zum Grundpraktikum



Elektronisches Anmeldungssystem der Physik

Bachelor-, Master- und Diplom-Studiengänge Physik und Nanostrukturtechnik, Lehramtsstudiengänge mit Physik, Studiengänge mit Nebenfach Physik

Die Anmeldeprobleme für Erstsemester sollten behoben sein. Falls nicht bitte unter plilian@physik.uni-wuerzburg.de melden.

[Zu einer Veranstaltung anmelden](#)
[Entscheidungen verändern](#)

[Emailadresse ändern](#)

Tauschen?

[Termin tauschen](#)

[Gruppenweise tauschen](#)

Neugierig?

[Punkte einsehen](#)

Kolloquium?

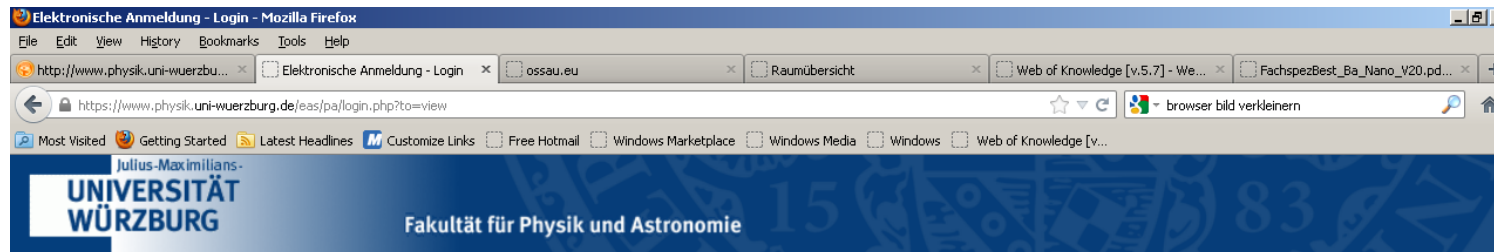
[Termin aussuchen](#)

Hilfe nötig?

Wenden sie sich an eashilfe@physik.uni-wuerzburg.de



Anmeldung zum Grundpraktikum



Bitte melden Sie sich an, um ihren Wunschtermin etc. festzulegen oder zu ändern.

Die Praktikumsverwaltung unterstützt folgende Möglichkeiten sich einzuloggen.

- 1.) Mit der Benutzerkennung und dem Passwort des Rechenzentrums. Diese Benutzerkennung beginnt in der Regel mit dem Buchstaben s, z.B. s873648.
- 2.) Sie können sich im Vorlesungsverzeichnis anmelden und dann über den Link Onlineanmeldung Physik hierher wechseln.

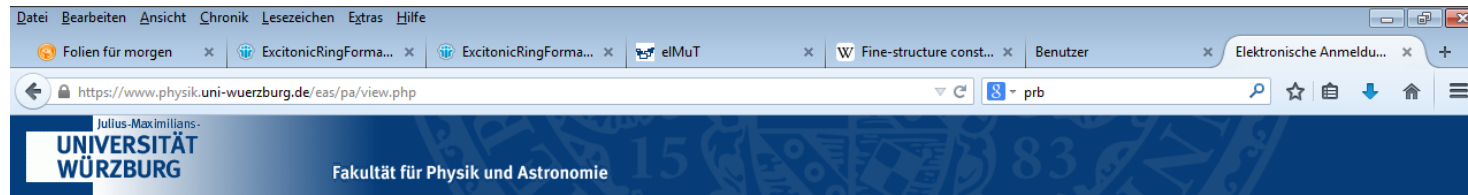
Die Anmeldung mit Matrikelnummer und Passwort ist nur noch in Ausnahmefällen möglich.

Falls es Probleme gibt, wenden sie sich bitte an eashilfe@physik.uni-wuerzburg.de.

Login:

Passwort:

Anmeldung zum Grundpraktikum



Eintragungen für Tester Toby's (BP)

Sollte ein Modul nicht den korrekten Studiengang zugeordnet sein, so wenden sie sich bitte an den zugehörigen Veranstaltungsleiter.

Wünsche für Tester Toby's (BP)

Hinzufügen

[Feedback abgeben](#) [Logout](#)



Anmeldung zum Grundpraktikum

Eintragung für Tester Toby's hinzufügen

	BAM	ELS	KLP	AKP	B (Nano/MP)	C1	C2
T12-Mi.14:00	<input type="radio"/> 18 frei 0 reserviert	<input type="radio"/> 11 frei 1 reserviert	<input type="radio"/> 6 frei 0 reserviert	<input type="radio"/> 5 frei 0 reserviert	<input type="radio"/> 9 frei 0 reserviert	<input type="radio"/> 7 frei 0 reserviert	<input type="radio"/> 10 frei 0 reserviert

Matrikelnummer des Partners:

Abspeichern

Eingaben löschen

Zurück zur Veranstaltungs-Auswahl

Fenster schließen

[Feedback abgeben](#) [Logout](#)

Auswertung von Messungen und Fehlerrechnung

Diese Veranstaltung soll Ihnen folgende Fähigkeiten vermitteln:

- a. Sachgerechte Protokollierung und Darstellung von Messungen (Tabellen oder Graphiken)
- b. Auswertung dieser Messungen
- c. Würdigung der Güte der Ergebnisse. Erstellung einer Fehlerbetrachtung und Fehlerrechnung

Was bedeutet das Wort Fehler ?

Fehler hat nicht die umgangssprachliche Bedeutung von Falschheit von Ergebnissen oder von Fehlverhalten des Messenden.

Fehler ist austauschbar mit Unsicherheit.

Jede Messung, egal wie sorgfältig, besitzt unvermeidliche Unsicherheiten.

Auswertung von Messungen und Fehlerrechnung

Diese Veranstaltung setzt sich zusammen aus:

I. Vorlesung

II. Übung

III. Fragestunde

IV. Klausur

Übungsaufgaben - Organisatorisches

NAME (in DRUCKSCHRIFT)	VORNAME
------------------------	---------

Übungen zu: AUSWERTUNG VON MESSUNGEN UND FEHLERRECHNUNG

Blatt Nr. 1/1

Datensatz Nr. 1

	1. Abgabe	2. Abgabe
Bewertung:		
Bemerkung:		

**Die Ausgabe und Abgabe erfolgt über WueCampus in .pdf
Format (Datei max. 10 MB)**

Der Abgabetermin der neuen Übungsblätter ist:

Montag, 14:00 Uhr

Der Abgabetermin der verbesserten Übungsblätter ist:

Freitag, 16:00 Uhr

Übungsaufgaben - Organisatorisches

K I E ß L I N G

NAME (in DRUCKSCHRIFT)

T O B I A S

VORNAME

Übungen zu: AUSWERTUNG VON MESSUNGEN UND FEHLERRECHNUNG

Blatt Nr. 1/1

Jeder Studierende hat seinen eigenen Datensatz.

Datensatz Nr. 1

	1. Abgabe	2. Abgabe
Bewertung:	6 .. 0	3 .. 0
Bemerkung:	Bei Abgabe in der ersten Woche maximal 6 Punkte (sehr gut).	Bei Abgabe in der zweiten Woche maximal 3 Punkte (ausreichend).

**Die Übungsblätter werden korrigiert und bewertet. Ausreichend / nicht ausreichend.
(Zusätzlich gibt es eine interne Bepunktung).**

Jedes Übungsblatt kann einmal verbessert und wieder eingereicht werden.

**Teilnahmeberechtigung an der Klausur, wenn 2/3 der Übungsblätter mit
ausreichend bewertet werden (7 der 10 Übungsblätter).**

Übungsaufgaben - Organisatorisches

1. Signifikante Stellen - Angabe von Messwerten

Schreiben Sie die folgenden Wertepaare unter Berücksichtigung von **zwei** signifikanten Stellen des absoluten Fehlers (nach Rundung!)

		1. Abgabe	2. Abgabe
1.	$7907,729 \pm 6,713$		
2.	91423 ± 6341		
3.	$81,01 \pm 5,03$		
4.	70000 ± 400		
5.	100009 ± 98543		
6.	$476,68 \pm 9,98$		

Sorgen Sie für gut leserliche Einträge.

Korrekturen nur in die vorgesehenen Felder

Fragestunde

Falls es zur Fragen/Unklarheiten gibt:

Fragen Sie Ihren Betreuer!

Studentenbüro Öffnungszeiten:

Werden heute Nachmittag via Campusraum angekündigt!



Literatur

Folien: haben Sie bereits gefunden

**Das „Handout“ ist lediglich ein grobes Gerüst.
Es ersetzt weder den Besuch der Vorlesung noch die intensive
Beschäftigung mit dem Stoff.**

- ➡ G. Worthing "Treatment of experimental Data" 1943
- ➡ Ludwig "Methoden der Fehler- und Ausgleichsrechnung", 1969
- ➡ E. Hardtwig: "Einführung in die Fehler- und Ausgleichsrechnung", 1967
- ➡ L. Squires: " Messergebnisse und ihre Auswertung", 1971
- ➡ **J.R. Taylor: "Fehleranalyse", 1988 verfügbar im Campusraum**
- ➡ **P. Bevington: "Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences", 1969**
- ➡ Mendenhall und Beaver: "Introduction to Probability and Statistics", 1991
- ➡ J. Mandel: "The statistical analysis of experimental data", 1984
- ➡ R.E. Walpole und R.H. Myers: "Probability and statistics for engineers and scientists", 1990

Übersicht Inhalte

Zieldatum	Thema	Worum geht es?
19.10.2023	Einführung	Art und Bedeutung von Messungenauigkeiten, Angabe von Messwerten
26.10.2023	Messreihen	Messreihen, Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler
02.11.2023	Fehlerfortpflanzung	Fehlerfortpflanzung nach dem Größtfehler
09.11.2023	Verteilungsfunktionen	Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten, Binomialverteilung, Normalverteilung
16.11.2023	Fehlerfortpflanzung	Gauss'sche Fehlerfortpflanzung - Einführung
23.11.2023	Fehlerfortpflanzung	Gauss'sche Fehlerfortpflanzung – kompliziertere Beispiele
30.11.2023	Graphische Darstellungen	Lineare graphische Darstellungen
07.12.2023	Regression	Lineare Regression
14.12.2023	Graphische Darstellungen	Nichtlineare graphische Darstellungen, Darstellungsumwandlung durch Einführung neuer Variablen
11.01.2024	Graphische Darstellungen	Graphisches Auswerten und Interpolation
08.02.2024	Zusammenfassung	Große Fragerunde zur Klausur

Klausurtermin: 21.02.2024, 09:00 Uhr

Messungen und Tabellen

Alle bei einer physikalischen Messung gewonnenen Messwerte werden zunächst tabellarisch festgehalten.

*Physikalische Größe =
Zahlenwert * Einheit*

oder symbolisch

$$G = \{G\} * [G]$$

***Eine Zahl ist somit gleich einer
Physikalischen Größe durch die
Einheit***

$$\{G\} = G / [G]$$

T/ °C	R/ Ω
38,2	80,6
47,5	83,1
57,5	87,2
67,1	90,3
78,7	93,1
88,0	96,5

Die Tabelle enthält reine Zahlen
Die Bedeutung der Zahlen ist
im Tabellenkopf angegeben

Was bedeutet das Wort Fehler ?

Deutsche Industrie Norm
DIN 1319

Fehler, die bei einer Messung auftreten
ABWEICHUNGEN

Fehler in der Angabe von Messergebnissen
UNSICHERHEITEN

- Grobe Fehler
- Systematische Fehler
- Zufällige Fehler

Grobe Fehler

**Grobe Fehler haben keine Bedeutung,
da sie im Prinzip immer vermeidbar sind**



statt 25,6

e Uhren

Grobe Fehler

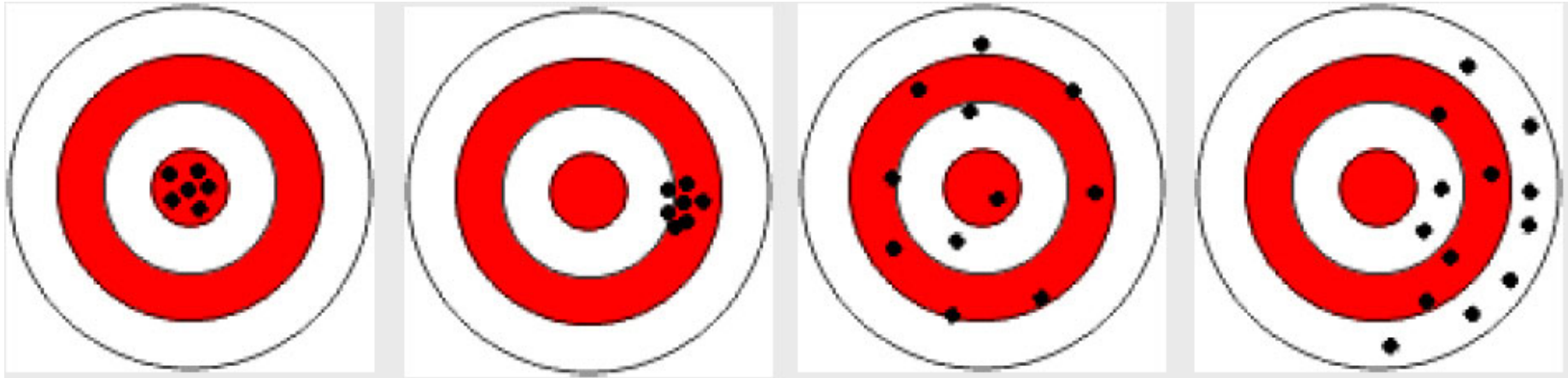
**Grobe Fehler haben keine Bedeutung,
da sie im Prinzip immer vermeidbar sind**

Das erfordert aber eine saubere Arbeitsweise !

Merke: Wissenschaft lebt vom Disput.

Kritik ist immer an der Sache,
NIE an der Person!

Fehler und Abweichungen



Präzise und richtig

Präzise und falsch

Unpräzise und
richtig

Unpräzise und
falsch

Unterscheide: Präzision und Genauigkeit

Systematische Fehler

- ✚ Schwer zu erkennen
 - Gleiche Messmethode mit verschiedenen Geräten
 - Gleiche physikalische Größe mit unterschiedlichen Methoden
- ✚ Fehler elektrischer Messgeräte (Einteilung in Güteklassen)
 - Unvollkommenheit der Messgeräte
- ✚ Vernachlässigte Einflüsse (Druck, Temperatur u.a.)
- ✚ Elektrische oder Magnetische Streufelder
- ✚ Mangelnde Reinheit von Substanzen
- ✚ Einfluss des Messgerätes auf das Messobjekt
- ✚ Und vieles mehr (*Praktikum: Bestimmung der Wärmekapazität*)

Zufällige Fehler

- ✚ Fehlerhafte Abschätzung von Zwischenwerten
- ✚ Unzulänglichkeit menschlicher Sinnesorgane
- ✚ Schwankungen durch äußere Einflüsse
 - ✚ Gebäudeerschütterungen (Gravitationswaage, Nanostrukturtechnik)
 - ✚ Spannungsschwankungen, Temperaturschwankungen

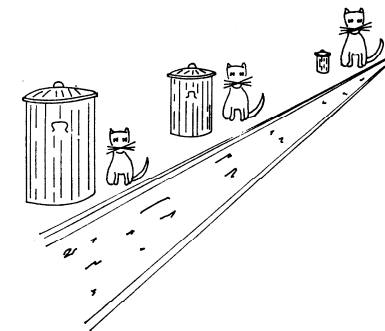
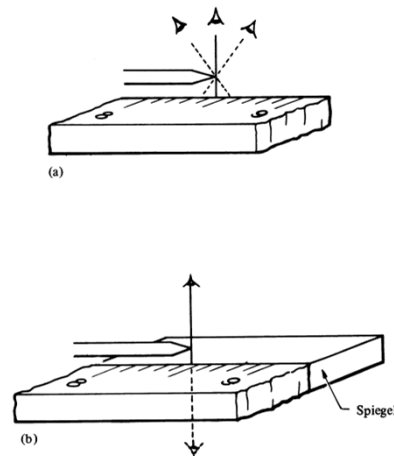
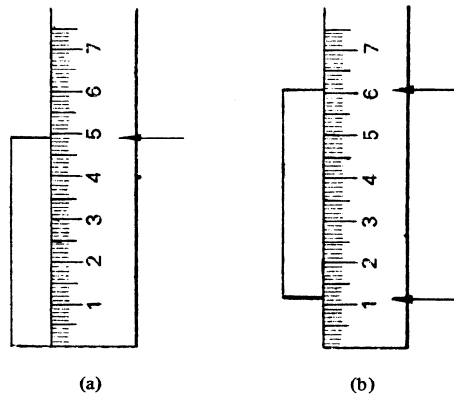


Figure 2.18 The effect of not keeping to the rules of perspective.

Zufällige Fehler

Für zufällige Fehler gilt:

- ✚ Positive und negative Abweichungen sind gleich häufig
- ✚ Die Häufigkeit des Vorkommens nimmt mit dem Absolutbetrag des Fehlers ab
- ✚ Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Fehlers Null besitzt ein Maximum

**Egal wie sorgfältig ein Experiment geplant und durchgeführt wird,
die Genauigkeit der Messung ist immer endlich.
Damit sind zufällige Fehler unvermeidbar Teil jedes Experiments**

**Die weitere Vorlesung beschäftigt sich nur mit
zufälligen Fehlern
und deren Fortpflanzung**

Regeln für die Angabe von Messunsicherheiten

Beispiel: Hörsaaltüre

Die Angabe eines Messwertes ohne die Angabe des dazugehörigen Messfehlers ist Unsinn.

$$E = (x \pm \Delta x)$$

x : Schätzwert oder Bestwert

Δx : Ist die Messungenauigkeit oder Messabweichung

(Fehler oder Messfehler)

Δx heißt auch absoluter Fehler

Messunsicherheiten: Relative Fehler

$$E = (x \pm \Delta x)$$

$$E = (2,40 \pm 0,20) \text{ m}$$

Relativer Fehler oder relative Unsicherheit:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{0,20}{2,40} = 0,08333333 = 100 \frac{0,20}{2,40} \% = 8,3\%$$

***Wie genau, d.h. auf wie viele Stellen,
kann man den absoluten Fehler angeben ?***

Messunsicherheiten: Signifikante Stellen

Was ist eine signifikante Stelle ?

Signifikante Stellen sind alle Stellen mit Ausnahme führender Nullen

Beispiele:

1,23

0,123

0,0001256

0,0010230

Übungsblatt signifikante Stellen

$9205,638 \pm 7,445$	$9205,6 \pm 7,4$
54852 ± 6453	
$94,04 \pm 4,02$	
80000 ± 700	ausklammern
700009 ± 24361	$700 \cdot 10^3 \pm 24 \cdot 10^3$

Besser $(7,00 \pm 0,24) \cdot 10^5$

als $(700 \pm 24) \cdot 10^3$

Wissenschaftliche Notation

Traditionelle wissenschaftliche Notation:

$$a \cdot 10^b$$

a hat immer nur eine von null verschiedene, linksseitige Dezimalzahl,
d. h.

$$1 \leq a < 10$$

b ist eine Ganzzahl.

Damit ist die korrekte Antwort:

$$(7,00 \pm 0,24) \cdot 10^5$$

Messunsicherheiten: Genauigkeit des absoluten Fehlers

Wie genau, d.h. auf wie viele Stellen, kann man den absoluten Fehler angeben ?

$$E = (x \pm \Delta x)$$

Die Genauigkeit der Angabe von Δx wird durch die Messmethode bestimmt:

Beispiele:

Lineal: $(\pm) \ 0,5 \ \text{mm}$

Stoppuhr: $(\pm) \ 0,2 \ \text{s}$

Wird die Unsicherheit einer Messmethode geschätzt, wird der absolute Fehler auf eine signifikante Stelle angegeben.

Messunsicherheiten: Genauigkeit des absoluten Fehlers

Wie genau, d.h. auf wie viele Stellen, kann man den absoluten Fehler angeben ?

$$E = (x \pm \Delta x)$$

Die Genauigkeit (Stellenzahl) der Angabe von Δx wird durch die Messmethode bestimmt:

Beispiele: **Messreihe oder Fehlerrechnung** (siehe Vorlesung 2 bzw. 3)

KONVENTION:

Wird die Unsicherheit einer Messung durch eine Messreihe oder durch eine Fehlerrechnung bestimmt, wird der absolute Fehler auf zwei signifikante Stelle angegeben.

Messunsicherheiten: Genauigkeit des absoluten Fehlers

Zusammengefasst gelte folgende Konvention:

Ist der Fehler geschätzt:
E I N E signifikante Stelle.

Ist der Fehler berechnet
(Fehlerrechnung oder Messreihe):
Z W E I signifikante Stellen.

Begründung folgt später bei Messreihen

**Soweit, so klar mit der
Notation.**

**Aber wie genau messen jetzt
meine Instrumente?**

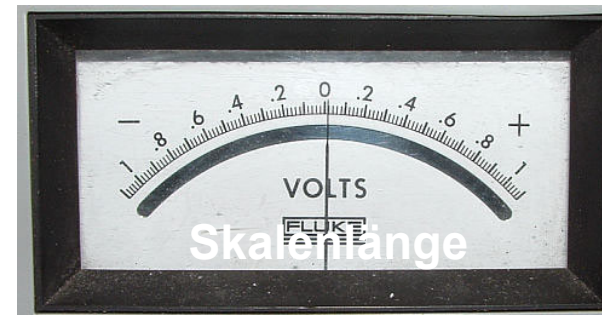
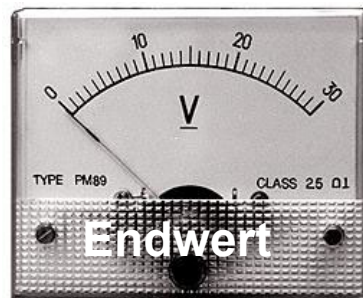
Güteklassen elektrischer Messinstrumente

Die zulässigen Fehler elektrischer Messinstrumente werden durch das Klassenzeichen angegeben.

Die Klassenangabe entspricht dem zulässigen Anzeigefehler in %:

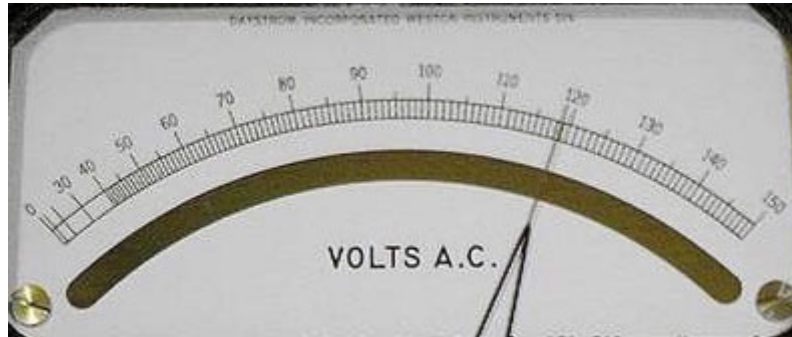
z.B. 1,5% Fehler bei einem Gerät der Klasse 1,5

Dieser Fehler ist bezogen auf den Endwert oder auf die Summe der Skalenlänge, wenn der Nullpunkt innerhalb der Skala liegt.



Dies ist der Fehler, der auftreten darf !!

Ablesen bei analogen Messinstrumenten



Vollausschlag 150,0 V

Ablesung 118,8 V

**Ablesegenauigkeit: Vorlesung 4 (Letzte Stelle ist geschätzt).
Schätzwert: Bestmögliche Schätzung (Messung) der Ablesung.**

Annahme 1: Feinmessgerät der Klasse 1



1% von 150 V entspricht 1,5V

$$U = (118,8 \pm 1,5) \text{ V}$$

Annahme 2: Betriebsmessgerät der Klasse 5



5% von 150 V entspricht 7,5V

$$U = (118,8 \pm 7,5) \text{ V}$$

Güteklassen elektrischer Messinstrumente

Es gibt unterschiedliche Gerätegruppen:

Feinmessgeräte der Klassen 0,1; 0,2 und 0,5

Betriebsmessgeräte der Klassen 1; 1,5; 2,5 und 5

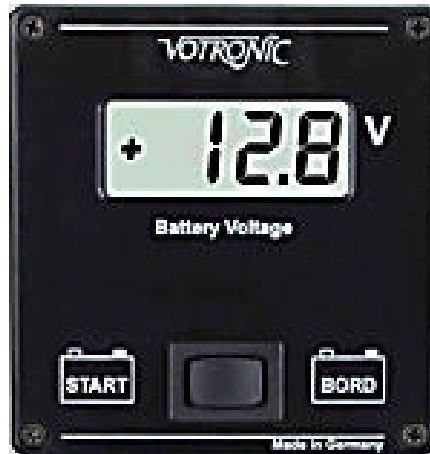
Vollausschlag 5 V bedeutet bei Klasse 5 einen Fehler von 0,25 V

Infolge äußerer Einflüsse sind Fehler in der gleichen Größe erlaubt:

bei Neigung aus der Gebrauchslage um 5%

bei Änderung der Raumtemperatur um 10 °C usw.

AbleSEN bei digitalen Messinstrumenten



$$U = (12,8 \pm ?,?) \text{ V}$$



$$U = (3,876 \pm 0,0??) \text{ V}$$

Die Fehler von Digitalvoltmetern sind in der Regel durch Lesen der Bedienungsanleitung zugänglich.

Fehler bei Digitalvoltmetern

AS AN AUTORANGING DC VOLTMETER

RANGE	MAXIMUM READING	ACCURACY $\pm(\% \text{ of rdg} + \% \text{ of rng})$	
0.1V	.1999	0.1%	0.1%
1V	1.999	0.1%	0.1%
10V	19.99	0.1%	0.1%
100V	199.9	0.1%	0.1%
1000V	1000.	0.1%	0.1%

TEMPERATURE COEFFICIENT: $\pm (0.02\% \text{ of reading} + 0.01\% \text{ of range}) / ^\circ\text{C}$.

INPUT RESISTANCE: 10 megohms.

NMRR: Greater than 75 dB over one digit 50 Hz to 20kHz, up to 300V p-p, with at least 1 mV dc applied.

CMRR (1k Ω unbalance): Greater than 140 dB at dc, 120 dB, 20 Hz to 20kHz (Lo driven).

Auszug aus der Praktikums-Geräteanleitung

SPECIFICATIONS

SPECIFICATIONS

ANGING DC VOLTMETER

RANGE	MAXIMUM READING	ACCURACY $\pm(\% \text{ of rdg} + \% \text{ of rng})$	
999	999	0.1%	0.1%
999	999	0.1%	0.1%
99.9	99.9	0.1%	0.1%
9.99	9.99	0.1%	0.1%
0.999	0.999	0.1%	0.1%

TEMPERATURE COEFFICIENT: $\pm (0.02\% \text{ of reading} + 0.01\% \text{ of range}) / ^\circ\text{C}$.

INPUT RESISTANCE: 10 megohms.

NMRR: Greater than 75 dB over one digit 50 Hz to 20kHz, up to 300V p-p, with at least 1 mV dc applied.

CMRR (1k Ω unbalance): Greater than 140 dB at dc, 120 dB, 20 Hz to 20kHz (Lo driven).

AS AN AUTORANGING AC VOLTMETER

RANGE	MAXIMUM READING	ACCURACY $\pm(\% \text{ of rdg} + \% \text{ of rng})$		FREQUENCY RANGE
0.1V	.1999	0.5%	0.3%	20Hz — 5kHz
1V	1.999	0.5%	0.3%	20Hz — 10kHz
10V	19.99	0.5%	0.3%	20Hz — 10kHz
100V	199.9	0.5%	0.3%	20Hz — 10kHz
1000V	500	2%	0.3%	20Hz — 5kHz

TEMPERATURE COEFFICIENT: $\pm (0.04\% \text{ of reading} + 0.01\% \text{ of range}) / ^\circ\text{C}$.

INPUT IMPEDANCE: 9 megohms shunted by less than 90 picofarads.

CMRR (1k Ω unbalance): Greater than 100 dB dc to 65 Hz, 90 dB to 20kHz (Lo driven).

AS AN AUTORANGING OHMMETER

RANGE	MAXIMUM READING	ACCURACY $\pm(\% \text{ of rdg} + \% \text{ of rng})$		VOLTAGE ACROSS UNKNOWN*		CURRENT IN UNKNOWN	
		HI — mode — LO	LO — mode — HI	HI — mode — LO	LO — mode — HI	HI — mode — LO	LO — mode — HI
0.1k Ω	.1999	—	—	0.2% 0.2%	—	0.1V	—
1k Ω	1.999	0.2% 0.1%	0.2% 0.2%	1V 0.1V	1mA	100 μA	10 μA
10k Ω	19.99	0.2% 0.1%	0.2% 0.2%	1V 0.1V	100 μA	10 μA	1 μA
100k Ω	199.9	0.2% 0.1%	0.2% 0.2%	1V 0.1V	10 μA	1 μA	0.1 μA
1M Ω	1.999	0.2% 0.1%	0.2% 0.2%	1V 0.1V	1 μA	0.1 μA	—
10M Ω	19.99	0.2% 0.1%	—	1V —	0.1 μA	—	—

*6volts maximum in series with 9M Ω into an open circuit.

TEMPERATURE COEFFICIENT: $\pm (0.04\% \text{ of reading} + 0.01\% \text{ of range}) / ^\circ\text{C}$.

AS AN AC AND DC AMMETER

RANGE	MAXIMUM READING	ACCURACY $\pm(\% \text{ of rdg} + \% \text{ of rng})$		SHUNT RESISTANCE	FUSE PROTECTION
0.1mA	.1999	0.3% 0.1%	1% 0.3%	1.2k Ω	30mA
1mA	1.999	0.3% 0.1%	1% 0.3%	1.2k Ω	30mA
0.1 A	.1999	0.3% 0.1%	1% 0.3%	1.1 Ω	2 A
1 A	1.000	0.3% 0.1%	1% 0.3%	1.1 Ω	2 A

*30 Hz to 5 kHz.

TEMPERATURE COEFFICIENT:

DC $\pm (0.03\% \text{ of reading} + 0.01\% \text{ of range}) / ^\circ\text{C}$.

AC $\pm (0.05\% \text{ of reading} + 0.01\% \text{ of range}) / ^\circ\text{C}$.

GENERAL

ZERO STABILITY: $\pm 0.05\%$ of range / $^\circ\text{C}$ (adjustable to zero with front panel control).

READING TIME: 3 seconds to within 0.1% of final reading including range changing.

DISPLAY: 3½ digits, appropriate decimal position, function and polarity indication. Upgrades at 2000, downranges at 0189; five readings per second.

ISOLATION: Input LO to power line ground, greater than 1000 megohms shunted by less than 300 picofarads. Maximum safe input between LO and power line ground, 1200 volts peak.

POLARITY: Automatic.

RANGING: Automatic on each span.

OVERLOAD INDICATION: Display blinks when beyond specified maximum except on current ranges.

MAXIMUM ALLOWABLE INPUT: Electronically protected to ± 1200 volts (dc plus peak ac) on voltage ranges, 250V rms sine wave or dc on ohms. Fuse protected on current ranges.

ENVIRONMENT

Operating: 0°C to 50°C .

Storage: -25°C to $+65^\circ\text{C}$, without batteries installed.

POWER: 90-110, 105-125, 195-235 or 210-250 volts (switch selected), 50-60 Hz; 6 watts. Optional rechargeable 6-hour battery pack.

CONNECTORS: Binding Posts.

DIMENSIONS, WEIGHT: 3½ in. high x 9¼ in. wide x 10¼ in. deep (85 x 235 x 275 mm). Net weight, exclusive of batteries, 3½ pounds (1.6 kg).

Beispiel: 1V Messbereich

Anzeige 1,624 V

0,1% von rdg = 0,0016 V

0,1% von rng = 0,001 V

Insgesamt 0,0026 V

(1,624 \pm 0,003) V

Ablesen bei digitalen Messinstrumenten

Messung einer Spannung von 0,1624 V

Messbereich 10 V

AS AN AUTORANGING DC VOLTMETER

RANGE	MAXIMUM READING	ACCURACY	
		$\pm(\% \text{ of rdg} + \% \text{ of rng})$	
0.1V	.1999	0.1%	0.1%
1V	1.999	0.1%	0.1%
10V	19.99	0.1%	0.1%
100V	199.9	0.1%	0.1%
1000V	1000.	0.1%	0.1%

Anzeige: 0,16 V

0,1 % range = 0,01 V

0,1 % reading = 0,00016 V

$$U = (1,6 \pm 0,1) \cdot 10^{-1} \text{V}$$

TEMPERATURE COEFFICIENT: $\pm 10,00\%$ of reading + 0,010%

Messbereich 1 V

Anzeige: 0,162 V

0,1 % range = 0,001 V

0,1 % reading = 0,00016 V

$$U = (1,62 \pm 0,01) \cdot 10^{-1} \text{V}$$

Messbereich 0,1 V

Anzeige: 0,1624 V

0,1 % range = 0,0001 V

0,1 % reading = 0,0002 V

$$U = (1,624 \pm 0,003) \cdot 10^{-1} \text{V}$$

