Labor XH ab 15/16

im Labor beim XH

(Stand 25Aug15)

Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Anichstrasse

Abteilung Elektronik & Technische Informatik

XH 25. August 2015

v0.12 PhP 31Jul/01/02/03/04/05/06/08/09/14/25Aug15

(alls, was der XH sag, ischa Bledsinn!)

Inhaltsverzeichnis

1 se foreword **3**
1.1 Sinn eines Labors 3
1.2 Gefahr 4
1.3 iiiii bin doch nur Schüler! 5
1.4 Was sollst Du da? 6
1.5 Messfehler, Meßfehler, Auflösung, Genauigkeit . 8
1.5.1 Messabweichung . 8
1.5.2 bekannte Messabweichung 8
1.5.3 unbekannte Messabweichung 9
1.5.4 systematische Messabweichung . 9
1.5.5 statistische Messabweichung 9
1.5.6 Auflösung 10
1.5.7 Genauigkeit 10

2 Laborvorbereitung **11**
2.1 Laborvorbereitung Übersicht 11
2.2 Was meldet man dem/der 11
2.3 Deckblatt: Muster 12
2.4 schrittweise Arbeitsanleitung: Muster 13
2.5 Sicherheitshinweise: Muster 15
2.6 Geräteliste: Muster 16
2.7 kombinierte Geräteliste: Muster 17
2.8 Bauteil-Liste: Muster . . . 18
2.9 kombinierte Bauteilliste: Muster 19
2.10 Kabel-Liste: Muster 20
2.11 Geräte-Aufstellplan: Muster 21
2.12 Experiment-Aufbauplan: Muster 22
2.13 Geräte-Einstellplan: Muster 23
2.14 Messprotokoll Leerformular: Muster 24

3 Experiment Durchführung **25**

4 Experimentauswertung **26**
4.1 Auswertung: Muster vor der Fehlerrechnung 26
4.2 Auswertung: Muster mit Fehlerrechnung 27
4.3 Diagramm: Muster 28
4.4 Gauß'sche Fehlerrechnung 29

I Anhang **32**

I copyright © **32**

Tabellenverzeichnis **33**

Abbildungsverzeichnis **33**

1 se foreword

1.1 Sinn eines Labors

Der Sinn eines Labors ist

Beobachtung.

Ein Versuch, bei dem alle wegschauen und hinterher gar nichts mehr darüber wissen, nach dem Motto *habt ihr das mal probiert? Ja? Und was war da? - keine Ahnung, es war niemand dabei!* wäre *sinnlos*.

In der Technik begründet man *qualitative Aussagen* mit *quantitativen Angaben* aus **Experimenten mit Messanordnungen**.

Statt *es war hell*	messen wir	→ *30000 [lx]*
Statt *es war warm*	messen wir	→ *42.3 [C]*
Statt *der Akku ist groß*	messen wir	→ *2800 [mAh]*
Statt *der LC-Kreis ist gut*	messen wir	→ *Q=120 []*

Die Experimentalphysik folgt Galileo Galileis Forderung:

was nicht messbar ist, mache messbar.

1.2 Gefahr

Im Labor gibt es **Gefahr!**

- Gift
- Keime
- Strahlung
- Spannung
- Magnetfelder
- Laser (evt. sogar unsichtbar)
- Explosion
- Gase
- Säuren
- Hitze
- Druck
- Verletzungsgefahr

usw.

Die **Verbote** von

- Nahrungaufnahme, Rauchen, Kiffen, Saufen
- unnötigem Aufenthalt
- Zutritt laborfremder Personen
- Einbringen experimentfremder Gegenstände, Stoffe, Tiere, Personen
- Missachtung der Laborordnung

dienen dem **Schutz der Laborkräfte** und nicht dem Schutz der Laboreinrichtung!

Wir kümmern uns daher **als erstes** um die
SICHERHEITSBESTIMMUNGEN

1.3 iiiii bin doch nur Schüler!

Diese Ausbildung ist dazu da, dass Du eines Tages **Ingenieur**[1] wirst.

Loisi DIESEL

↓

Ing. DIESEL

Dann wirst nicht mehr selber im Labor am Boden herumklauben, sondern als Abteilungs- oder Unternehmensleitung den Bediensteten die Arbeit vorbereiten und nachbearbeiten. Nur die **Ingenieurleistungen** sind dann von Dir zu erbringen; das sind hier:

a) Vorbereitung
~~b) Experiment+Messung~~
c) Auswertung

Punkt b), das Experiment, machen **ANDERE!**

Damit das klappt, muss die Vorbereitung - die Anleitungen und Listen -

deppensicher für DAU
(dümmste anzunehmende user)

sein.

Was falsch gemacht werden kann, wird **falsch gemacht** werden!

+

Was nicht absolut definitiv eindeutig angegeben ist, **wird gar nicht gemacht** werden!

Es ist nicht so einfach. Du wirst Dich *am Riemen reissen*[2] müssen.
Das haben andere auch schon hinbekommen, es ist erlernbar, also wirds auch Dir gelingen mit der Zeit,

"lernen" ==
"aus *Fehlern* wird man klug"

(Um **aus Fehlern lernen** zu können, muss man sie allerdings **machen**, dh. es ist etwas zu tun, wo man vorher schon weiss, dass es nicht perfekt sein wird. Von selber tut es sich nicht)

[1] Titel werden nicht ge*gender*t (Ö-Norm), da dies eine Unterscheidung von Mann und Frau und damit eine Diskriminierung darstellen würde. *'diskriminieren'* bedeutet nämlich *unterscheiden* (nicht etwa *schlechtmachen* oder sowas); also: Wer unterscheidet, diskriminiert; anders gesagt, in Österreich diskriminiert sich die Weiblichkeit per Vorschrift selbst in unglaublichem Ausmaß. Wer nicht diskriminieren will, darf keine Unterscheidung zu erkennen geben!

[2] die Phrase kommt von den Ruder-Riemen im Ruderschiff (nicht was Du meinst. . .)

1.4 Was sollst Du da?

In der Laborübung geht es **nicht** um Theoriewissen, Formeln, Schaltungstechnik, Konstruktion oder Softwaretechnik.

Wir wollen den **richtigen Umgang** mit **Experimenten, Messmitteln und Messergebnissen** erlernen, üben, anwenden. Das heisst:

- Vorbereitung eines Experimentes:
  - Sicherheitsspekte
  - Arbeitsplatz (Kennnummer)
  - Geräte mit SN und Genauigkeit
  - Kabel mit Typ, Stecker, Länge, Farbe
  - Bauteile+Zubehör
  - Messaufbau - Aufbauplan
  - schrittweise Arbeitsanleitung
  - Messprotokoll Leerformular
- Durchführung eines Experimentes:
  - Bereitstellung Geräte, Kabel, Bauteile, Zubehör
  - Messaufbau nach Aufbauplan
  - Funktionstest gem. schrittw. Arbeitsanleitung
  - schrittweise Durchführung gem. Arbeitsanleitung → Arbeitsprotokoll
  - Messwertaufnahme → Messwertprotokoll
  - Abbau gem. Arbeitsanleitung
- Auswertung, Nachbereitung
  - erforderliche Rechnungen an Messwerten
  - Diagrammerstellung
  - Fehlerbetrachtung, Fehlerrechnung
  - Laborberichterstellung

→ Lerne so vorzubereiten, dass das Experiment für Laborantinnen in Deiner Abwesenheit alleine durchführbar ist.

→ Lerne so zu messen, dass Du die Messwerte durch soll- Erwartungen nicht unabsichtlich beeinflussest -

was es anzeigt, zeigt es an

und aus!

Wie glaubhaft die Messwerte sind, ob sie zur theoretischen Erwartung passen, ob man einen anderen Aufbau bevorzugen sollte, das gehört alles **nicht ins Messwertprotokoll!**

Als Labrokraft befolge ich sturheil die schrittweise Arbeitsanleitung und protokolliere akribisch die Fakten, sonst nichts.

Als Laborkraft habe ich
NICHTS ZU FÄLSCHEN!!!

Auch nicht, wenn dadurch die Messwerte *besser* oder *schöner* werden.

Lauter Null- oder gleichbleibende Werte, die auf Funktionsfehler im Messaufbau hinweisen, sind ja schon im Funktionstest zu ahnden (Arbeitsanleitung).

Ein Einzelwert, der offensichtlich bei weitem nicht zu den anderen *passt*, wird trotzdem genauso protokolliert und bei der Auswertung *Ausreisser* genannt, wo man ihn zB. in Ausgleichsrechnungen/-kurven ignorieren kann; jedenfalls **niemals durch einen *'besser passenden'* ersetzen!**

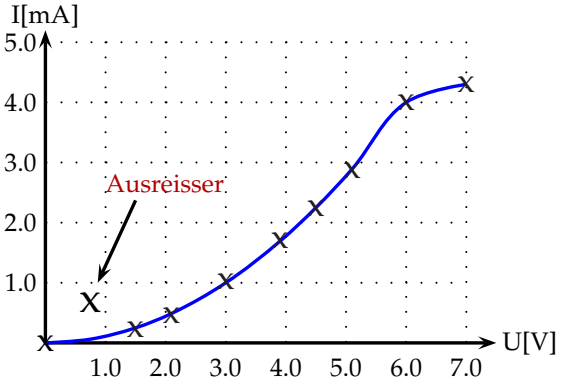


Diagramm mit Ausreisser

→ Lerne, Deine *schrittweise Arbeitsanleitung* von Mal zu Mal zu verbessern; no-

tiere dazu bei jedem Experiment alles, was nicht exakt passt, unter *Besonderheiten* oder *Anmerkungen*.

→ Lerne, Deine *Sicherheitshinweise* von Mal zu Mal zu vervollständigen; notiere dazu bei jedem Experiment alles, was als mögliche Gefahren- oder Fehlerquelle entdeckt wird, unter *Besonderheiten* oder *Anmerkungen*. → Trainiere die Schärfe Deiner Aufmerksamkeit bezüglich Besonderheiten, Gefahren- und Fehlerquellen, menschlichem Fehlverhalten, technischer Defekte und Unzulänglichkeiten odergl., sie im Lauf von Vorbereitung, Experiment und Auswertung geeignet zu dokumentieren (zB. Arbeitsprotokolle) und sie in folgenden (auf ewige Zeiten) Sicherheitshinweisen und Arbeitsanleitungen einfließen zu lassen.

1.5 Messfehler, Meßfehler, Auflösung, Genauigkeit

Ein **Messinstrument zeigt** einen Wert **an**.

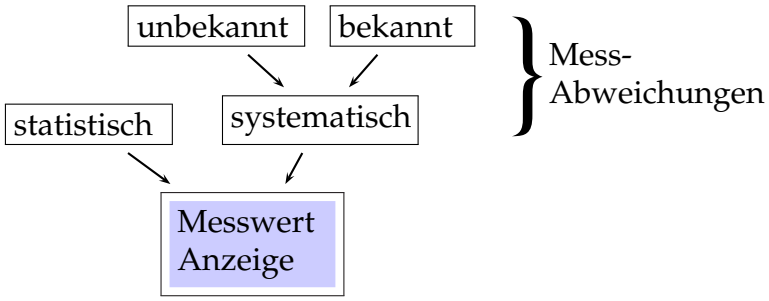
Es **scheint** so zu sein.

Ob das der **wahre Wert** ist, **wissen wir nie!**
(nicht einmal,
wenn er es tatsächlich wäre)

Schein + **wahr**
↓
wahrscheinlich

Und werden es **im Leben nie erfahren**.
Denn wir haben immer **nur angezeigte Werte**.

Es ist mit allerhöchster **Wahrscheinlichkeit** davon auszugehen, dass der Anzeigewert **nicht der wahre Wert** ist.



1.5.1 Messabweichung

Insider sagen *Messabweichung*, nicht Messfehler (denn *Fehler* könnte als *falsch gemacht* interpretiert werden). Die **Messabweichung** ist die (unbekannte) Abweichung vom (unbekannten) **wahren Wert**.

Richtige Laborfachleute sagen, ich habe *gesehen, gemessen*, es hat *angezeigt* statt *es war*. . . .

1.5.2 bekannte Messabweichung

Die bekannteste **absichtliche** Messabweichung ist mE die **Sommerzeit**: Weil wir die Uhr selbst vorher um 1.0 Std. vorgedreht haben, wissen wir, dass sie eine Stunde zuviel anzeigt. Wir ziehen diese Stunde dann vom Anzeigewert ganz einfach ab:

Meine Uhr **zeigt** 0441h.
→ *Sein* tut es also 0341h
(diese Ausage ist ebenso **nicht wahr!** Wir haben lediglich die wissentliche Abweichung eliminiert und die Entfernung zur Wahrheit (vermutlich) verringert).

Solche wissentlichen Abweichungen verwenden wir erstaunlich oft. Zum Beispiel oszilloskopieren wir eine Wechselspannung an einem Collector-Anschluss und - ganz selbstverständlich - subtrahieren wir den Gleichstomarbeitspunkt, die *Ruhespannung*, sehr oft sogar vollautomatisch, indem wir das Oszilloskop auf *AC-Eingang* stellen. Wir haben eine bekannte Abweichung, die uns nicht interessiert - *tua's weck!*

1.5.3 unbekannte Messabweichung

Die *unbekannte Messabweichung* ist das

GEHEIMNISVOLLE GROSSE DING

der Messtechnik. Da iXH nix darüber weiss, kanni auch nix darüber schreiben. Natürlich versucht man immer, diese Geheimnisse zu ergründen. Niemals aber werde ich wissen, ob und wieviele Geheimnisse es noch gibt; auch wenn ich eins gelüftet habe.

Wieso soll die Aussage eines Messinstrumentes glaubhafter sein, als die eines anderen Menschen? (Wir unterstellen das gern; Beweis?)

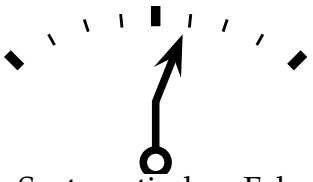
('wir', die Menschheit/Wissenschaft, wissen nicht, ob es *die Wahrheit* überhaupt, und ob es genau eine oder mehrere unterschiedliche Wahrheiten gibt. Hier verlassen wir die Technik und übergeben an die Philosophie).

1.5.4 systematische Messabweichung

Systematische Messabweichung ist die, welche **immer gleichgroß** auftritt und keine statistischen Schwankungen aufweist. Beispiele sind etwa verbogene Zeiger, Temperaturdrift, Alterungsfolgen, Wetterfühligkeit usw.

Unbekannte systematische Abweichung **hassen wir** am allermeisten, da wir überhaupt kein Gegenmittel haben.

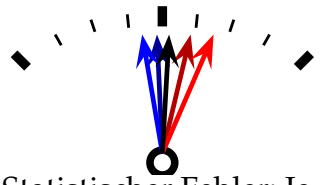
Die Experimentalphysik schreibt ja vor, experimentelle Nachweise für theoretische Vermutungen auf **mindestens zwei unabhängige** Arten zu erbringen (zB. aktuell populär [Higg]: Mehrere verschiedene, nicht baugleiche Detektoren), wodurch systematische Abweichungen zumindest teilweise aufgedeckt werden sollen. Sobald ich von einer Systematik weiss, ist sie aber nicht mehr *unbekannt*.



Systematischer Fehler: Zeiger verbogen

1.5.5 statistische Messabweichung

Statistische Messabweichung ist der **statistischen Schwankungen** unterlegene Anteil eines Anzeigewertes. Wiederholte Messungen liefern mal das mal das ohne erkennbare Systematik dahinter.



Statistischer Fehler: Jedesmal was anderes

Zum Vorteil, dass diese Schwankungen beobachtbar - also nicht unbekannt - sind, kommt der Nachteil, dass man sie trotzdem nicht wegrechnen, sondern nur mit Aufwand verkleinern kann:

Annahme:
Schwankung mit **Gauß'scher Normalverteilung**

Normalverteilte statistische Schwankungen verringern wir durch Wiederholungen derselben Messung und Verwendung des arithmetischen Mittelwertes mit nachfolgend rechnerischer Reduktion der Streuung nach dem *Wurzel-aus-1/N-Gesetz*:

$$\sigma_{\overline{X}} = \sigma_X \frac{1}{\sqrt{N}} \tag{1}$$

$\overline{x}$ ... *Mittelwert aus N Einzelwerten*

σ ... *Standardabweichung*

1.5.6 Auflösung

wie **detailliert** ist die **Anzeige**

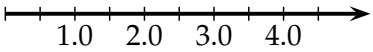
Die Auflösung eines Messmittels entspricht der kleinsten ablesbaren Differenz zweier benachbarter Werte.

Ein Schneidermaßband erlaubt ca. 1mm als kleinste Ablesedifferenz, eine Schiebelehre mit Noniusskala hingegen 0.1mm und eine Messuhr 0.01mm.

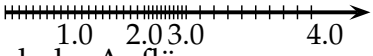
Das heißt aer **noch lange nicht**, dass ein abgelesener Wert auch so genau **stimmt**! Ein ausgeleiertes Schneidermaßband lügt mitunter zentimeterweit, eine ausgeschlagenen schnackelwacklige Messuhr stimmt mitunter schlechter als der nagelneue Nonius, während auch ein nagelneuer Schlitzaugen-Nonius. . .

Mess-Auflösung sagt, wie **detailiert** ein Messwert abgelesen werden kann.

Die Detais können **trotzdem krautfalsch** sein!



niedrige Auflösung



hohe Auflösung,
nichtlinear
'krautfalsch'

1.5.7 Genauigkeit

wie **wahr** ist die Anzeige

Die Genauigkeit ist eine Aussage zur (zu erwartenden) **Wahrheit** des Messwertes, insbesondere zur statistischen Schwankungsbreite.

Beispiel - wir messen die Fahrtdauer des Gebäudeliftes
a) mit der Stopuhr
b) durch freies zählen (*21-21-21 . . .*);
welche Angabe wird *genauer* sein? Um wieviel genauer?

Typischerweise gibt man zu einem Messwert das Vertrauensintervall [min,max] oder [plus/minus soundso viel] an,
zB.
10.20 [10.17, 10.24] [V]
oder
10.20 [-0.03, +0.04] [V]
oder
299792458 ±0 [m/s]

Diese Angebereien entstammen statistischen Test- und Messserien und stellen ein Konfidenzintervall dar. Bei Billigmessgeräten von der Stange sind es typische Werte getesteter Produktions-Stichproben und niemals Einzelkalibrierungen. Etwas gehobene Ware wird mit Kalibrierprotokoll ausgeliefert, mit Kalibriermitteln ausgestattet oder zur Nachkalibrierung einsendbar garantiert.

"justieren": Erfolgt durch den Anwender direkt vor der Anwendung, zB. Null-Stellung eines Zeigerinstrumentes, waagrecht-Stellung des Oszilloskopstrahls mit einer Justierschraube, Tarierung einer Waage mit Messgewichten

"kalibrieren": Erfolgt beim Hersteller oder einer Servicestelle mithilfe geeichter Präzisionsinstrumente

"eichen": Ausschließlich **amtliche (Eichamt)** Einstellung oder Skalierung

2 Laborvorbereitung

2.1 Laborvorbereitung Übersicht

- Deckblatt
- Sicherheitshinweise
- schrittw. Arbeitsanleitung
  mit Liste der
  - Geräte: Geräteliste
  - Bauteile: Bauteilliste
  - Kabel: Kabelliste
  - Verbindungen: Aufbauplan
  - Geräteeinstellungen: Geräte-Einstellplan
- Funktionsprüfungs-Anleitung
- Leerformulare für:
  - Messprotokoll
  - Besonderheiten
  - Mängelliste
  - Meldung an Laborleiter
  - Meldung an Sicherheitsbeauftragte
  - Meldung an AV
  - Meldung an Direktion
  - Meldung an Hausmeister

2.2 Was meldet man dem/der

Laborübungsleitung	**alles**
Laborleitung (Jahn)	Funktionsmängel, Defekte, Schäden
Sicherheitsbeauftragte	Sicherheitsmängel
AV	Vorfälle, Lehrinhaltliche Angelegenheiten, Raumbelegungs-, Stundenplan-, Unterrichts-Konflikte
Direktion	abteilungsübergreifende Angelegenheiten, zB. Gebäude
Hausmeister	Störungen bei Heizung, Wasser, Licht, Netzstrom, Reinigung
Schulsozialarbeiter	Lernschwierigkeiten; Verdruss; Zoff mit Kollegen, Vorgesetzten, Eltern; Mobbing; Gewaltbeobachtungen und -Erlebnisse; Suchtmittelkonsum; Mord- und Selbstmordabsichten;

2.3 Deckblatt: Muster

TEST-PLAN:

Dokument-Versionsnummer	v1
vom	10Mar12-1051h
Autor	XH
Name des Experimentes	Opto1
Aufgabe Kurzbeschreibung	U/I-Kennlinie Klein-Glühlampe 6V / 350 mA
abgegeben (Datum)	10Mar12
soll-Abgabe (Datum)	08Mar12
Experiment Plandatum	08Mar12
Blatt 1.2	schrittweise Arbeits-Anleitung
Blatt 1.3	Geräte-Liste m. Aufstell- u. Einstellplan
Blatt 1.4	Bauteilliste
Blatt 1.5	Kabelliste m.Anschlussplan
Blatt 1.6	Protokoll-Leerformular

2.4 schrittweise Arbeitsanleitung: Muster

Arbeitsanleitung: mit dokumentenechtem Stift ausfüllen - nichts löschen - nur hizufügen - Fehler durchstreichen

Experiment OPTO1: Gl.Lampen-Kennlinie

f.: XH 1.OP:_____ 2.OP:_____ 3.OP:_____

ArbeitsplatzNr:____ Datum:_____ Start:_____ Ende:_____

Nr	Arbeitsschritt	Zeit	ID
1	Sicherheitshinweise lesen; hier unterschreiben:		
2	Überprüfung der Sicherheitseinrichtungen:		
2a	□ "Verhalten im Notfall" - Anschlag		
2b	□ Notaus		
2c	□ Notausgang, Fluchtwege		
2d	□ Verbandskasten		
2e	□ Feuerlöscher		
2f	□ Notruf Rettung/Feuerwehr/Polizei		
2g	□ Notruf Schularzt, Notarzt		
2h	□ Notruf Hausmeister		
2i	□ Tel. Direktor, AV, Laborleiter		
2j	□ Tel. Brandschutz/Sicherheitsbeauftragte; bei Mängelfeststellung Meldung erstatten (AV, Direktion/Direktor/Dir.Assistenten, Hausmeister, Schularzt) und nach Möglichkeit absichern/beheben		
3	Sichtprüfung des Arbeitsplatzes; (Unzulänglichkeiten notieren+melden/beheben)		
4	Geräte lt. Geräteliste u. Aufstellplan		
5	Bauteile lt. Bauteilliste bereitstellen		
6	Kabel lt. Kabelliste bereitstellen		
7a	Messaufbau gem. Aufbauplan ggf. Steckbrettaufbau gem. Schaltplan ggf. HTL-Modul begutachten/Defekte notieren+melden; Strom **NOCH NICHT ANSCHLIESSEN !**		
7b	Schreibstelle einrichten lt. Aufstellplan		
8	Überprüfung des Messaufbaues gem. Aufbauplan		
9	Geräteeinstellungen gem. Geräte-Einstellplan		
10	Sicherheitsprüfung und Durchführungs-Genehmigung		
11	Anschalten der Gerätschaft		
12	Funktionsprüfung des Messaufbaues (s.Plan)		
13	Messprotokoll-Leerformular bereitstellen		
14	Messablauf: experimentspezifische Vorgaben s. Messprotokoll-Leerformular; wiederholend f.jede Protokollzeile: (a) x-Wert aus vorb. Messprotokoll-Leerformular einstellen (b) y-Wert ablesen + protokollieren		
15	Aufbau fotografieren; Notiz von Besonderheiten, Auffälligkeiten, Beobachtungen		
16	Ausschalten und abklemmen aller Geräte		
17	Abbau der Messanordnung		

Nr	Arbeitsschritt	Zeit	ID
18	laborordnungskonforme Verwahrung der Geräte, Bauteile, Kabel		
19	Reinigung des Arbeitsplatzes		
20	OP-Unterschrift(en) im Messprotokoll		
21	Verlassen des Arbeitsplatzes: Arbeitsplätze sind in ordentlichem, gereinigtem Zustand zu verlassen, Unzulänglichkeiten sind zu melden und/oder zu beheben.		
22	Fertigmeldung		

2.5 Sicherheitshinweise: Muster

SICHERHEITS-HINWEISE 03Aug15

Notarzt:	0680-5516-576, IE01 (Dr.Ch.Schwarz Schulärztin)
Feuerwehr:	122
Hausmeister:	Günter WIESER: 0680/2197650, 'wieser@htlinn.ac.at'
Brandschutzbeauft.:	Günter WIESER: 0680/2197650, 'wieser@htlinn.ac.at'

Überprüfungen vor Arbeitsbeginn:
Notausgang + Sammelplatz lokalisieren, Verwendbarkeit sicherstellen
Notbeleuchtung prüfen
Feuerlöscher lokalisieren
Verbandskasten lokalisieren, Inhalt kontrollieren
NotAus-Funktion sicherstellen
Nottelefon-Funktion sicherstellen
Geräusche? Rauch? Staub? Geruch? Wärme?
Schäden? Fehlfunktionen? Gefahr?

Verhaltensregeln:
bei Alarm und in Pausen Labor unverzüglich verlassen
keine Betriebs-/Experimentfremden Personen, Tiere, Gegenstände
Keine Nahrungsaufnahme od. Medikamenteneinnahme
keine Musik, Walkman oder sonstige die Wahrnehmung mindernde Beschallung Christbäume, Adventkränze, Knallerbsen, Feuerwerksraketen, religiösen Übungen, keine Schwangerschaftsgymnastik
Taschen, Kisten, Behälter, Verpackungen aus dem Arbeitsbereich, unnötige Kleidung in die Garderobe verbringen
nicht rauchen, singen, kochen, stricken, stinken, streiten, schmusen,kämmen, schneuzen, husten, schminken, zähneputzen, gurgeln, baden, duschen
Schutzkleidung tragen: Schutzandschuhe, Schutzbrille, Schutzmantel, Schutzhaube
Notlampe mitführen
bei ersten Anzeichen von Ermüdungs/Konzentrationsabfall Raum sofort verlassen
Mitarbeiter auf Auffälligkeiten beobachten
spitze Gegenstände entfernen oder abdecken
alle metallischen, berührbaren Gegenstände vorschriftskonform erden
Berührungsschutz errichten u. verwenden
nur mit Schutzkleinspannungen arbeiten
erdfreie Geräte ohne vollständigem Berührungsschutz nicht betreiben
Bananenstecker nicht in die Netzsteckdose!

Gefahren:
Gegenstände, Maschinen, chemische u. biologische Stoffe
Entzündungs-, Brand- und Explosionsgefahr, Stolper-, Rutsch-, Sturzgefahr, Verbrennungsgefahr, Ansteckungsgefahr, Verletzungsgefahr

Eigensicherheit:

NG1:U.max	< 7,0 [V]	I.max	< 350 [mA]
HTL-Modul	Kunststoff-Gehäuse zerbrechlich		
FG u. OSZI	nicht befestigt		
Netzsteckdosen	nicht gesichert		
Desktop-PC	nicht am NotAus-Netz!		

2.6 Geräteliste: Muster

Liste der (Mess-)Geräte
mit Seriennummern
und Mess-Genauigkeiten:

Gerät	Seriennummer	Genauigkeitsangabe
NG1	AP7-Nr1	10% v.Endwert ±2 Digits
NG2	AP7-Nr2	10% v.Endwert ±2 Digits
Oszilloskop	TDS1002-47110815	DC:3%/AC:5% v.Messwert
FG	Metrix5000-31415926	10% v.Bereichswert
DMM	Uni777-1.14281428	3% v.Messbereich ±1 Digit

Wir brauchen alle Genauigkeitsangaben für die Genauigkeitsabschätzung bei der Experiment-Auswertung.

Die Seriennummer-Identifikation brauchen wir zur Rückverfolgung und Behebung etwaiger Defekte, die uns erst bei der Experiment-Auswertung auffallen.

2.7 kombinierte Geräteliste: Muster

kombinierte GERÄTE LISTE

Experiment: OPTO1 Glühlampen-Kennlinie
Autor: S. STUSS
für: XH

Gerät+Typ+SN	Genau-igkeit	Aufstell-ort	Einstellungen	Zeit	OK, Anm.
Experiment-Modul		LC			
NG1 AP7/1 NG2 AP7/2 NG3 AP7/3 NG4 AP7/4	10% 10% 10% 10%	LL#4 LL#3 LL#2 LL#1	U= I= U= I= U= I= U= I=		
FG1 Metrix5000- 31415926	5%	UL	Form: Freq/Hz: Ampl/mVss: Offs/mVdc:		
OSZI Metrix5000- 31415926 DMM1 Uni777- 1.14281428	3% 2%	UR	Time: Ch1/mV: Ch2/mV: Messbereich:		
PC SN?	-	LR	Programm: Funktion:		

Durch die Zusatzspalten für Aufstellort und Geräteeinstellungen erspart man sich den Aufstell- und den Einstellplan.

2.8 Bauteil-Liste: Muster

Liste der Bauteile
mit Produktionsausführung/qualität
und Bauteilwert-Toleranzen:

Bauteil	Menge	Wert	Toleranz	Qualität
Widerstand				
	2	1k	10%	Kohleschicht
	1	2k2	10%	Kohleschicht
	5	4k7	10%	Kohleschicht
	1	100k	10%	Kohleschicht
SpindelPoti				
	1	10k	10%	Drahtwendel
Kondensator	1	1nF	1%	Präzi, NP0
	1	500pF	10%	500V Glimmer
	4	100nF	–	25V

Wir brauchen alle Toleranzangaben für die Genauigkeitsabschätzung bei der Experiment-Auswertung.

2.9 kombinierte Bauteilliste: Muster

kombinierte BAUTEILE LISTE

Experiment: OPTO1 Glühlampen-Kennlinie
Autor: K.DODL
für: XH

Bauteil	Wert	Toleranz% Qualität	Schaltplan-position	Zeit	OK, Anm.
fertiges HTL-Modul „Opto1“					
Widerstand	1k 1k 2k2 4k7 4k7 4k7 4k7 4k7 100k	10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht 10% Kohleschicht			
SpindelPoti	10k	10% Drahtwendel			
Kondensator	1nF 500pF 100nF	1% Präzi, NP0 10% 500V Glimmer 25V			

Die Schaltplanposition erspart zT. den Anschlussplan

2.10 Kabel-Liste: Muster

Nummer	Typ	Stecker	Länge	Farbe
001	Koax	BNC-Kroko	60cm	bk
002	Koax	BNC-BNC	80cm	bk
003	Koax	BNC-BNC	80cm	bk
101	Litzenkabel	Banana	80cm	rd
102	Litzenkabel	Banana	80cm	bk
103	Litzenkabel	Banana	60cm	bk
104	Litzenkabel	Banana	60cm	bk
104	Litzenkabel	Banana-Kroko	60cm	rd
104	Litzenkabel	Banana-Kroko	60cm	bk
201	SteckDrahtl	-	5cm	rd
202	SteckDrahtl	-	5cm	rd
203	SteckDrahtl	-	5cm	bk
204	SteckDrahtl	-	5cm	bk
205	SteckDrahtl	-	5cm	bk
206	SteckDrahtl	-	3cm	ye
207	SteckDrahtl	-	8cm	gn

Eigentlich sollte man auch bei den Kabeln Seriennummern und Qualitätsangaben (Impedanz, Dämpfungsmaß, Schirmung. . .) anführen, jedoch haben wir weder das eine noch das andere zur Hand - unsere Messkabel sind nicht gekennzeichnet, ist zu arbeitsintensiv.

Solltest Du aber jemals in einem zertifizierten (zB ISO900x) Labor werken - die Zertifikatoren werden Dich nerven - kleb überall eine Nummer drauf und schreib sie in eine Inventar-Liste!

2.11 Geräte-Aufstellplan: Muster

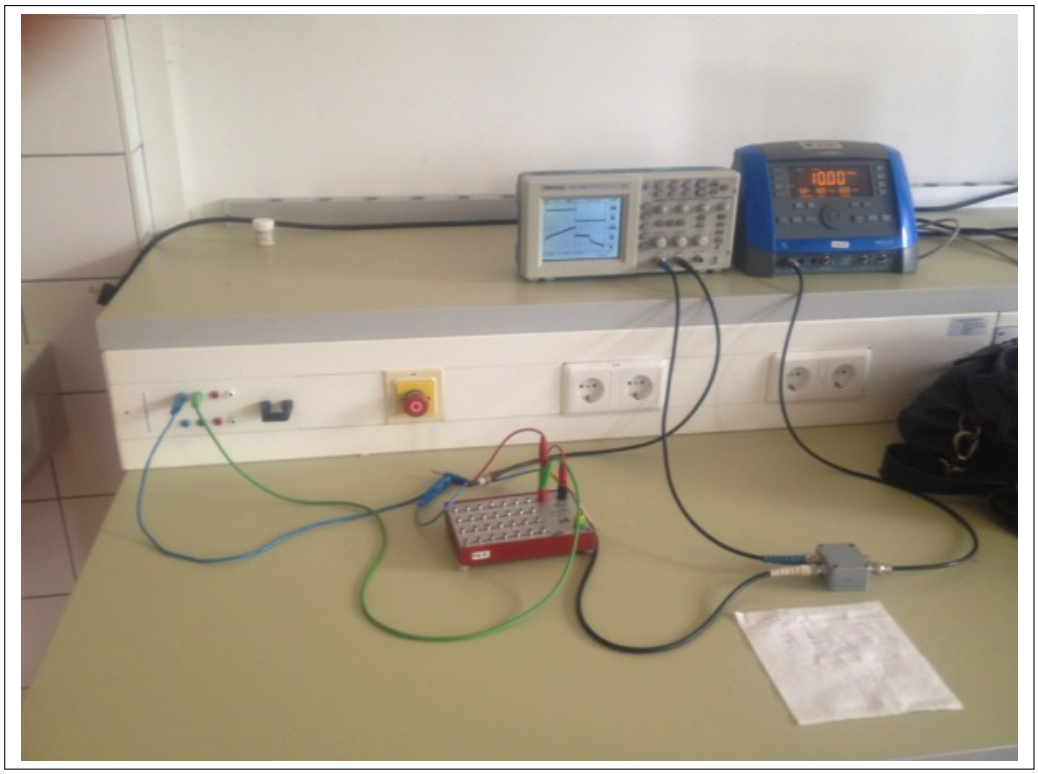
	links	mitte	rechts
oben:	UL upper left	UC upper center	UR upper right
mitte:	CL center left	CC center	CR center right
unten:	LL lower left	LC lower center	LR lower right

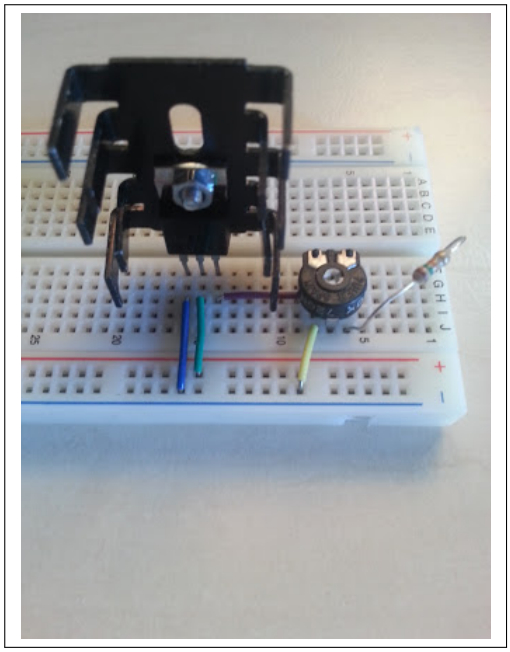
Legende:
UL . . . upper left = oben links
CL . . . center left = mitte links
LL . . . lower left = unten links
UC . . . upper center = oben mittig
CC . . . center center = im Zentrum
LC . . . lower center = unten mittig
UR . . . upper right = oben rechts
CR . . . center right = mitte rechts
LR . . . lower right = unten rechts
zB.:

	links	mitte	rechts
oben:	–	Oszi	FG
mitte:	NG1	NG2	–
unten:	Arbeits- anleitung	R-Dekade Experiment	BNCsplitter Messprotkoll

2.12 Experiment-Aufbauplan: Muster

Am schnellsten und besten geht das mE mit einem Handyfoto von einem Probeaufbau und der Anweisung *Aufbau wie im Foto*,
zB.:





2.13 Geräte-Einstellplan: Muster

Gerät	Eigenschaft	Einstellwert/Messbereich
NG:	 Spannung Strombegrenzung	 5.0V 340mA
Amperemeter:	 Stromstärke	 500mA
Oszilloskop:	 Ablenkung Ch1 Vert.Verst. Ch2 Vert.Verst. Trigger	 50ms/div 1V/div off off
FG:	(nicht verwendet) Funktion Amplitude Frequenz	 - - -
R-Dekade:	 R-Wert	 110Ω

2.14 Messprotokoll Leerformular: Muster

Messprotokoll

wer : _____ und: _____

was : _____ Version: _____

wann: _____

wo : _____

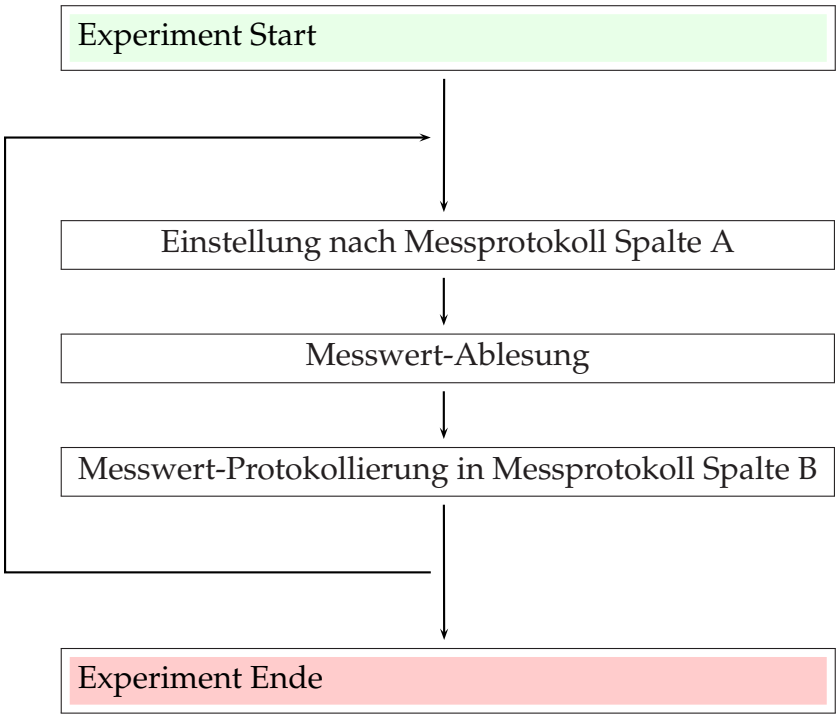
für: XH

U[V]	I[mA]
0 0.7	
1.4 2.1	
2.8 3.5	
4.2 4.9	
5.6 6.3	
7.0 7.7	
8.4 9.1	
10.0	

Anmerkungen:

3 Experiment Durchführung

Nach Aufstellung, Aufbau, Anschluss, Einstellung, Anschaltung und Funktionsprüfung kann das Experiment durchgeführt werden



4 Experimentauswertung

4.1 Auswertung: Muster vor der Fehlerrechnung

Messprotokoll

wer :	S. STUSS	und: K. DODL
was :	Opto-1 Gl.LampenKennlinie	Version: v1
wann:	08Mar12-10:30h	
wo :	Lan# A6/B6	
für:	XH	

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
X: Ue [V]	Y: Ia [mA]	Ia ausgl korr [mA] 1)	rel. Gen.% v.'X'	rel. Gen.% v.'Y'	abs. Gen. $\pm\Delta_X$ 2)	abs. Gen. $\pm\Delta_Y$ 2)	Empfindlichkeit s dy/dx 3)	$\sqrt{\sum(Error^2)}$ =abs. Fehler Y [mA] 4)	rel. gesamt Fehler %v.'Y' 5)	unt. Fehlergrenze [mA] 6)	ob. Fehlergrenze [mA] 7)
0.0	0		10	3							
0.7	62		10	3							
1.4	250		10	3							
2.1	490		10	3							
2.8	900		10	3							
3.5	1600		10	3							
4.2	2450		10	3							
4.9	3300		10	3							
5.6	4000		10	3							
6.3	4300		10	3							
7.0	4400		10	3							
7.7	0*hin		10	3							
8.4	0*hin		10	3							
9.1	0*hin		10	3							

Verhalten bei Bereichsüberschreitung:
[x] beenden
[ ] überschreiten
[ ] Vorgaben nach eigenem Ermessen abändern

Anm[8].:

1) . . . f. ausgleichende theoretische Idealkurve (zB. ausgleichende Gerade)

2) absolute Genauigkeit = Messwert * $\frac{Prozentualgenauigkeit}{100}$

3) aus Theorieformel, Diagramm oder Nachbarwerten: $s = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{x_{i+1} - x_{i-1}}$

4) $\Delta Y_{Ges} = \sqrt{\Delta_Y + s * \Delta_X}$; s. Gauß'sche Fehlerrechnung s.u.

5) prozentualer Y-Gesamtfehler = $\pm\frac{\Delta Y_{Ges}}{YMesswert}$

6) $(Y_{Messwert} - \Delta Y_{Ges})$ s. Anm.4)

7) $(Y_{Messwert} + \Delta Y_{Ges})$ s. Anm.4)

8) idealerweise als Spreadsheet-Berechnungsformeln einstellen
in zB. Datenzeile 'A3':
'=A3*D3/100' bzw. '=B3*E3/100'
'=(B4-B2)/(A4-A2)'
'=SQRT(H3^2*F3^2+G3^2)'
'=100*I4/B4'
'=B4-I4' bzw. '=B4+I4'

4.2 Auswertung: Muster mit Fehlerrechnung

Messprotokoll

wer :	S. STUSS	und: K. DODL
was :	Opto-1 Gl.LampenKennlinie	Version: v1
wann:	08Mar12-10:30h	
wo :	Lan# A6/B6	
für:	XH	

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
X: Ue [V]	Y: Ia [mA]	Ia ausgl korr [mA]	rel. Gen.% v.'X'	rel. Gen.% v.'Y'	abs. Gen. $\pm\Delta_X$	abs. Gen. $\pm\Delta_Y$	Empfindlichkeit s dy/dx	$\sqrt{\sum(}$ $\overline{Error^2)}$ =abs. Fehler Y [mA]	rel. gesamt Fehler %v.'Y'	unt. Fehlergrenze [mA]	ob. Fehlergrenze [mA]
0.0	0	0	10	3	0						
0.7	90	62	10	3	0.07	1.86	179	12.6	20.4	49.4	74.6
1.4	240	250	10	3	0.14	7.5	306	43.5	17.4	207	293
2.1	470	490	10	3	0.21	14.7	464	98.6	20.1	391	589
2.8	1030	900	10	3	0.28	27	793	224	24.9	676	1124
3.5	1720	1600	10	3	0.35	48	1107	390	24.4	1210	1990
4.2	2240	2450	10	3	0.42	73.5	1214	515	21.0	1935	2965
4.9	3240	3300	10	3	0.49	99	1107	551	16.7	2749	3851
5.6	4090	4000	10	3	0.56	120	714	418	10.4	3582	4418
6.3	4350	4300	10	3	0.63	129	286	221	5.15	4079	4521
7.0	4400	4400	10	3	0.70	132	-3071	2154	49	2246	6554
7.7	0=hin		10	3	0.77	0	-3143	2420		0	2420
8.4	0=hin		10	3	0.84	0	0	0			
9.1	0=hin		10	3	0.91	0					

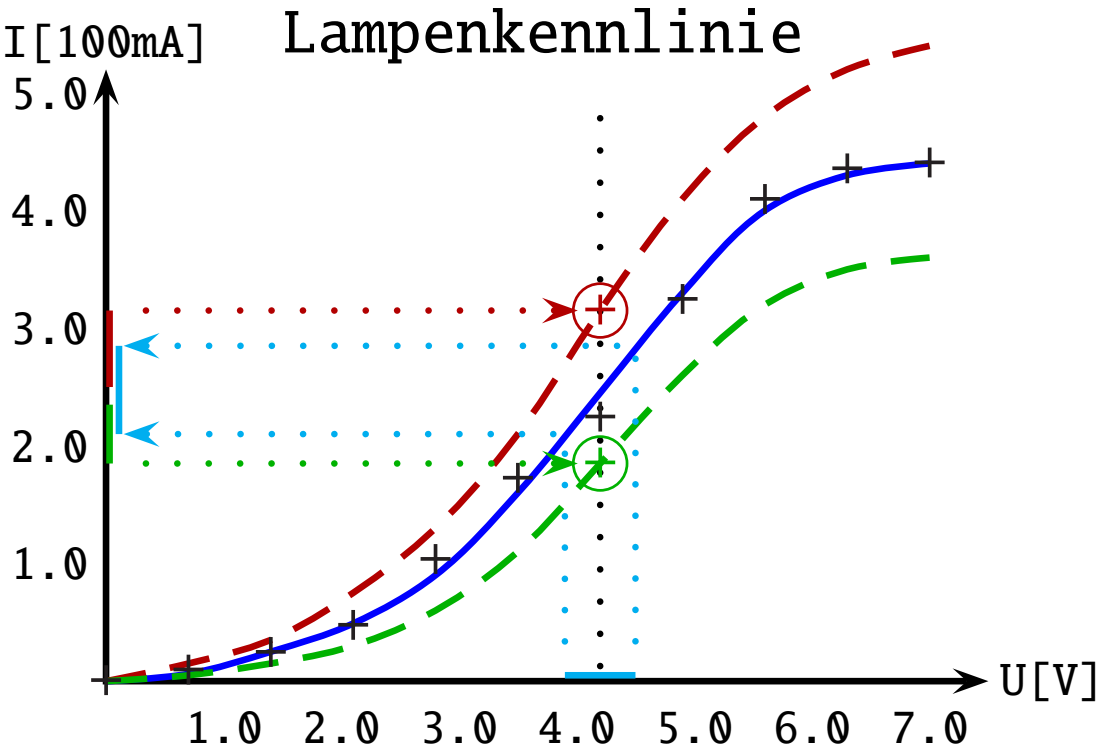
Verhalten bei Bereichsüberschreitung:
[x] beenden
[ ] überschreiten
[ ] Vorgaben nach eigenem Ermessen abändern

Anm.:

Wenn man sich daraus vom Speadsheet-Programm (Calc, Excel) die Spalten A (x-Achse), B, C, K und L als 'x/y-Diagramm' zeichnen lässt, wird wie im Beispiel (s.u.) (ja, so perfekt rund wie vom LaTeX-Spline (*pspicture*) wirds nicht, aber es reicht . . .)

Das kann man ja auch mit voreinstellen, dann hat man einen Spreadsheet, wo man jeweils nur mehr die X-, Y- und Genauigkeitsprozentwerte eintippen muss - !zack! - incl. Diagramm alles fertig.

4.3 Diagramm: Muster



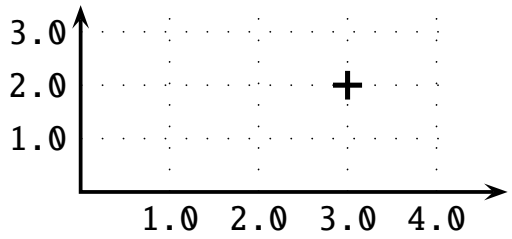
Auswertung: Diagramm

Legende:

- \+ Messpunkt (x [V], y [I
- ausgleichende Kurve
- obere Fehlergrenze
- untere Fehlergrenze
- Messunsicherheit in X

4.4 Gauß'sche Fehlerrechnung

Gegeben:
Ein Messwert (x=3.0[V], y=2.0[mA])
mit mehreren Einflussfaktoren, hier 2:
x-Wert und y-Wert



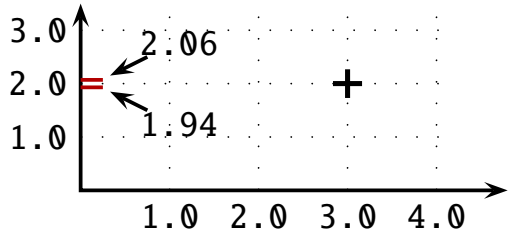
Gauß'sche Fehlerrechnung a)

Der y-Wert '2.0' wurde am Oszi abgelesen, dessen Anzeige einen NORMALVERTEILTEN ANZEIGEFEHLER von 3% habe, d.h.

Anzeigewert = Mittelwert $\overline{y}$
Standardabweichung $\sigma_y = \overline{y} \bullet 0.03$

Dadurch erhalten wir die Intervallgrenzen

$y \in [\ 0.97\overline{y},\ 1.03\overline{y}\ ]$ zu
[1.94, 2.06]



Gauß'sche Fehlerrechnung b)

Die Abweichung ist im Maßstab hier sichtlich eher gering.

ABER:

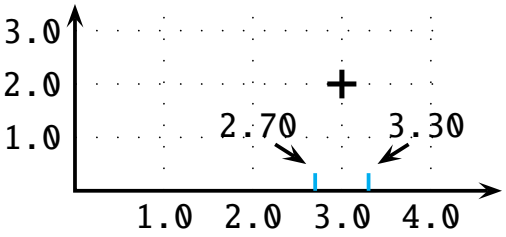
Wo haben wir den x-Wert her? Den hat man ja auch **abgelesen**, sicher, und zwar beim Einstellen!

Der x-Wert '3.0' wurde **am NG eingestellt**, dessen Anzeige einen NORMALVERTEILTEN ANZEIGEFEHLER von 10% habe, d.h.

Anzeigewert = Mittelwert $\overline{x}$
Standardabweichung $\sigma = \overline{x} \bullet 0.10$

Dadurch erhalten wir die Intervallgrenzen

$[\ 0.9\overline{x},\ 1.1\overline{x}\ ]$ zu [2.70, 3.30]



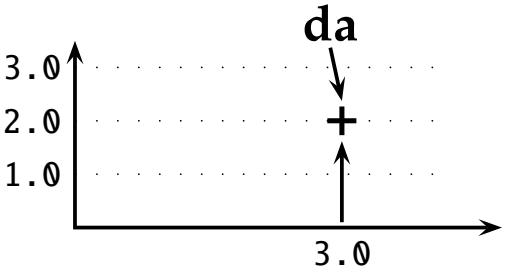
Gauß'sche Fehlerrechnung c)

[2,70 bis 3,30] – des is *happig*!

Ja, und, is des **wurscht**, wenn man **falsches x** verwendet == den Messpunkt woanders hinzeichnet?

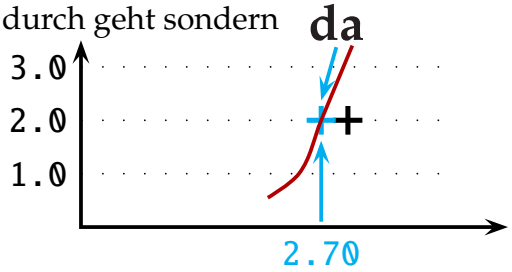
Wohl nit, oder?

Die Frage ist
→was ändert sich am Y, wenn man X ändert?
Wenn die Kurve in "Wirklichkeit" nit



Gauß'sche Fehlerrechnung c.1)

durch geht sondern

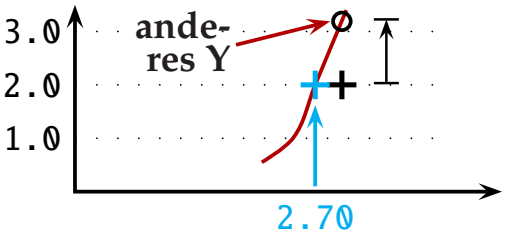


Gauß'sche Fehlerrechnung c.2)

Wenn die Kurve bei

x=2.70 statt x=3.00

durchgeht,
→ dann hat sie bei x=3.00



Gauß'sche Fehlerrechnung c.3)

→Änderung von Y bei Änderung von X
kennsch des?

$\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ . . . Steigung

→ die **Steigung** der Diagrammkurve an der Stelle X wirkt wie eine **Verstärkung des x-Fehlers**!

Logo!

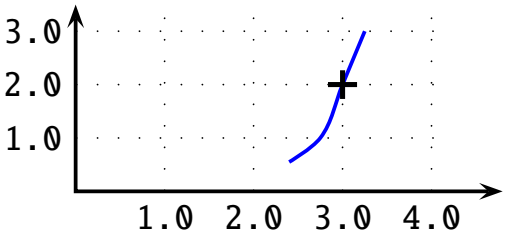
Wenn Y **stark** von X abhängt, wirkt sich X stark aus.
Und wenn x-Änderungen im Y **wenig** bewirken, wirken sich auch Abweichungen kaum aus.

Die $\frac{\Delta Y}{\Delta X}$ Steigung = **Fehlerverstärkung**

Wer 'x' fälscht, fälscht auch 'y':

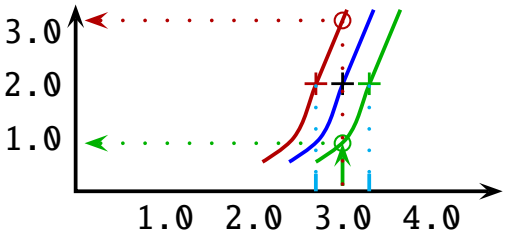
$$Fehler_Y(x) = x * Fehlerverstärkung_y(x)$$
$$= x * \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Betrachten wir nun den Messpunkt 'x' auf einem Stück Diagrammkurve:



Gauß'sche Fehlerrechnung d)

Wenn unser *wahres 'x'* wegen Messfehlers entsprechend kleiner bzw. grösser wäre



Gauß'sche Fehlerrechnung e)

so ergäben sich andere Kurven (auf der x-Achse verschoben), mit anderem y an der gemessenen x=3.0 Stelle.

Wegen der großen Fehlerverstärkung hat sich die Abweichung ansehnlich verschärft! Bei steilen Kurven wirkt sich ein wenig x-Abweichung schon stark aus.

Hätten wir zB.:

x-Messfehler:	10% ≙ 0.10
	bei x = 3.0 [V]
	sind das ±0.3 [V]
Steigung s:	5.0 [mA/V]
dann wäre der	
y-Fehler:	$5.0 * 0.3[mA]$
	= ±1.5 [mA]

Gut.

Die Messunsicherheit beim Y-Wert kommt jetzt aber **noch dazu**!

Wer jetzt

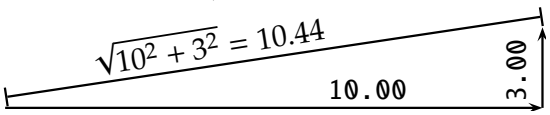
10% (beim X) + 3% (beim Y) ⟹ 13%

rechnet, hat sich **geschnitten**.

Standardabweichungen zweier Normalverteilungen (x-Wert und y-Wert) einfach addieren stimmt nicht: Dass beide Messwerte zugleich extrem zu niedrig (bzw. zu hoch) sind, ist unwahrscheinlicher, als nur ein Einzelwert (wie bei Würfeln: Wahrscheinlichkeit(Einfach-6)=$\frac{1}{6}$; Wahrscheinlichkeit(Doppel-6)=$\frac{1}{36}$ Je mehr Messungen man macht, desto eher gleichen sich die Abweichungen untereinander aus – mal zuviel , mal zuwenig (sonst gäbs ja keinen Mittelwert). Der Gesamtfehler muss kleiner als 13% sein!

Standardabweichungen addieren sich **geometrisch**

Das ist wie beim rechten Winkel: 10m vor plus 3m links – die Entfernung ist nicht 13m sondern $\sqrt{10^2 + 3^2} \approx 10.440m$.



geometrische Mittelung

So muss mans auch mit den Abweichungen machen:

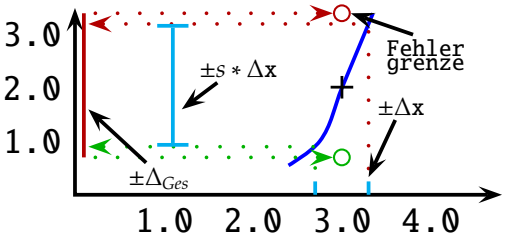
$$\Delta_{Ges} = \sqrt{(s * \Delta_X)^2 + \Delta_Y^2}$$

Δ . . . Mess-Unsicherheit, -Abweichung, -Fehler (Standardabweichung)

s . . . Kurven-Steigung, $s = \frac{\partial x}{\partial y}(x)$ im Punkt (x)

Beim Messpunkt (3.0,2.0), s=5.0 und den Genauigkeiten (10%, 3%) sind das: $\sqrt{(5.0 * 3.0 * 0.10)^2 + (2.0 * 0.03)^2} = \sqrt{(1.5)^2 + (0.06)^2} = \sqrt{2.25 + 0.0036} = \sqrt{2.2536} \approx \pm 1.501$

$\Rightarrow$ die Messunsicherheit wird von der Ungenauigkeit der X-Wert-Messung beherrscht.



Gauß'sche Fehlerrechnung f)

Teil I
Anhang

I copyright ©

©XH

Die Angaben in diesem Dokument sind ohne Rücksicht auf Patentschutz oder Urheberrechte angeführt, und die Verwendung ist ausschliesslich auf den Schulunterricht an der HTL Innsbruck Anichstraße zur Verwendung als Unterrichtsunterlage in den unterrichteten Klassen eingeschränkt; eine andere Nutzung, gewerbliche Nutzung, Verbreitung, Veröffentlichung oder Wiederveröffentlichung ist untersagt und widerrechtlich. Warennamen, Produktbezeichnungen, Logos, Abbildungen, Zitate udergl. sind ohne Gewährleistung freier Verwendbarkeit angeführt. Es wird mit äusserster Sorgfalt vorgegangen, was jedoch Fehler leider nicht ausschließt, für deren Folgen keine juristische Verantwortung oder irgendweine Haftung übernommen werden kann. Alle Rechte incl. fotomechanischer oder elektronischer Wiedergabe, Speicherung oder Übertragung vorbehalten.

Tabellenverzeichnis

Laborvorbereitung . . . 11
was meldet man . . . 11
Deckblatt . . . 12
Arbeitsanleitung . . . 13
Sicherheitshinweise . . . 15
Geräte-Liste . . . 16
kombinierte Geräteliste . . . 17
Bauteil-Liste . . . 18
kombinierte Bauteilliste . . . 19
Kabel-Liste . . . 20
Geräte-Anordnung . . . 21
Einstellplan . . . 23
Messprotokoll . . . 24
das Experiment . . . 25
Auswertung vor Fehlerrechnung . . . 26
Auswertung mit Fehlerrechnung . . . 27

Abbildungsverzeichnis

Diagramm mit Ausreisser . . . 6
Messabweichungen . . . 8
Zeiger verbogen . . . 9
jedesmal anders . . . 9
Auflösung niedrig . . . 10
Auflösung hoch . . . 10
Aufbauplan . . . 22
Experimentdurchführung . . . 25
Auswertung: Diagramm . . . 28
Gauß'sche Fehlerrechnung a) . . . 29
Gauß'sche Fehlerrechnung b) . . . 29
Gauß'sche Fehlerrechnung c) . . . 29
Gauß'sche Fehlerrechnung c1) . . . 29
Gauß'sche Fehlerrechnung c2) . . . 29
Gauß'sche Fehlerrechnung c3) . . . 30
Gauß'sche Fehlerrechnung d) . . . 30
Gauß'sche Fehlerrechnung e) . . . 30
geometrisches Mittel . . . 30
Gauß'sche Fehlerrechnung f) . . . 31

Arbeitsprotokoll

027 027 PgV0411-0550 LaTeXDokument neu +Header anpassen +Arbeitsprotokoll
000 000 PgV0753-0916 seForeword, Messfehler
000 000 PgV1558-1700 BD Messabweichungen
000 000 PgV1752-2128 Gefahren,Aufloesung,Genauigkeit

000 000 Ph10536-0854 c0, Sicherheitshinweise
000 000 Ph11125-1212 Diagramm mit Ausreisser

000 000 Ph20708-1450 Diagramm, Arbeitsanleitung, Einstellplan, Messprotokoll
000 000 Ph21810-2220 ps-Diagramme, Tabellen:Geraete/Bauteile/Kabel/Aufstell /Aufbau/Einstell Plaene

000 000 Ph30534-0853 Auswertung-Messprotokoll-Tabelle
000 000 Ph31323-1430 Sicherheitshinweise
000 000 Ph31625-1754 Laborbericht-Deckblatt
000 000 Ph31936-2140 Muster-Diagramm

000 000 Ph40725-0830 TelNr, Erreichbarkeiten
000 000 Ph41854-2120 Diagramme

000 000 Ph50546-0830 Auswertung-Messprotokoll
000 000 Ph51621-2120 Fehlerrecnung/Gauss

000 000 Ph60624-0840 Fehlerrecnung/Gauss
000 000 Ph61921-2240 Fehlerrecnung/Gauss

000 000 Ph80731-0951 Fehlerrechnung/Gauss, Korr.
000 000 Ph82050-2145 beautify

000 000 Ph96033-1020 Messprotokoll+Auswertung
000 000 Ph91045-1214 Auswertung mit Fehlerrechnung, CalcSheet
000 000 Ph91422-1738 Auswertung mit Fehlerrechnung, CalcSheet

000 000 PhB0645-0810 Vorbereitung-Uebersicht, Meldungsanleitung

000 000 PhE0605-0910 Verbesserungen nach Helmi
000 000 PhE2130-2403 Verbesserungen nach Helmi

sum inc ...