

Messinstrumente im physikalischen Praktikum I

Dr. Th. Kirn

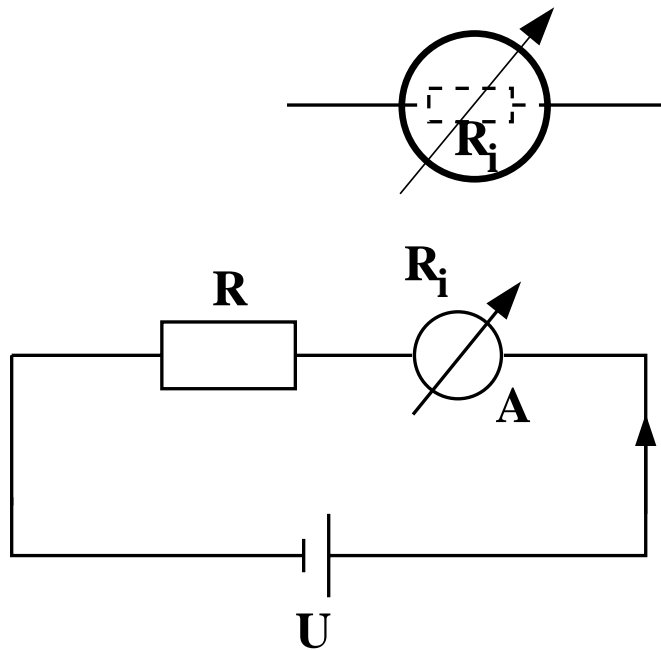
I. Physikalisches Institut B

- Spannungsmessung
 - ↳ Sensor Cassy
- Strommessung
 - ↳ Sensor Cassy

Prinzip Strommessung

Meßvorgang darf zu messenden
Strom nicht beeinflussen!

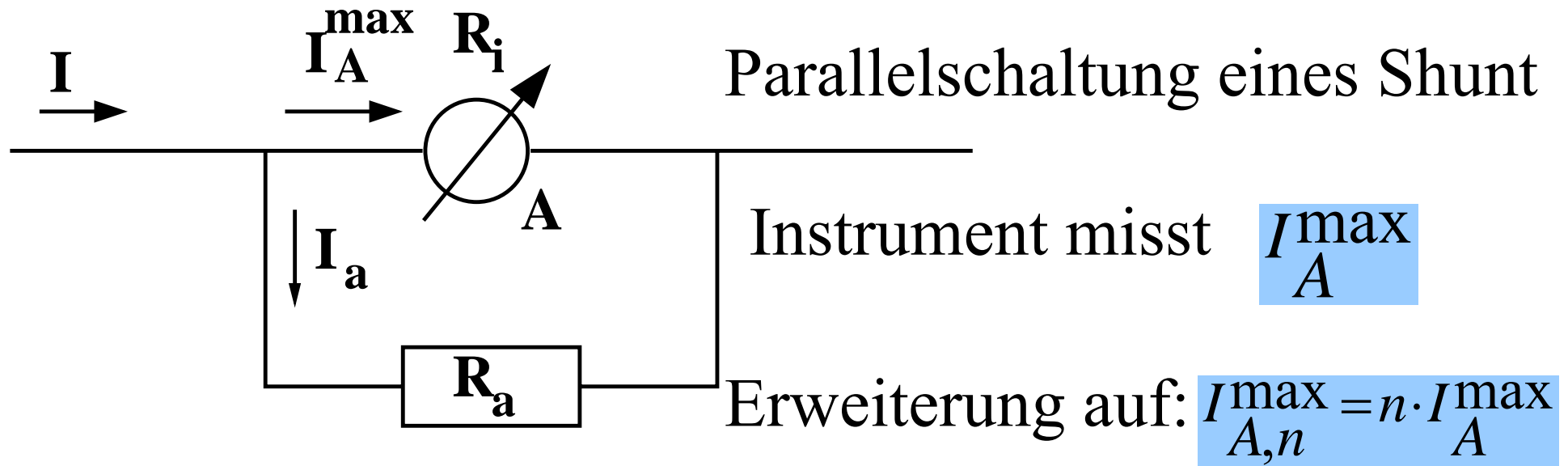
Erwarteter Strom: $I = \frac{U}{R}$



Mit Amperemeter: $I_A = \frac{U}{R + R_i} < I$

Wenn $R_i \ll R$, gilt $I = I_A$ typischerweise $R_i \leq 1\Omega$

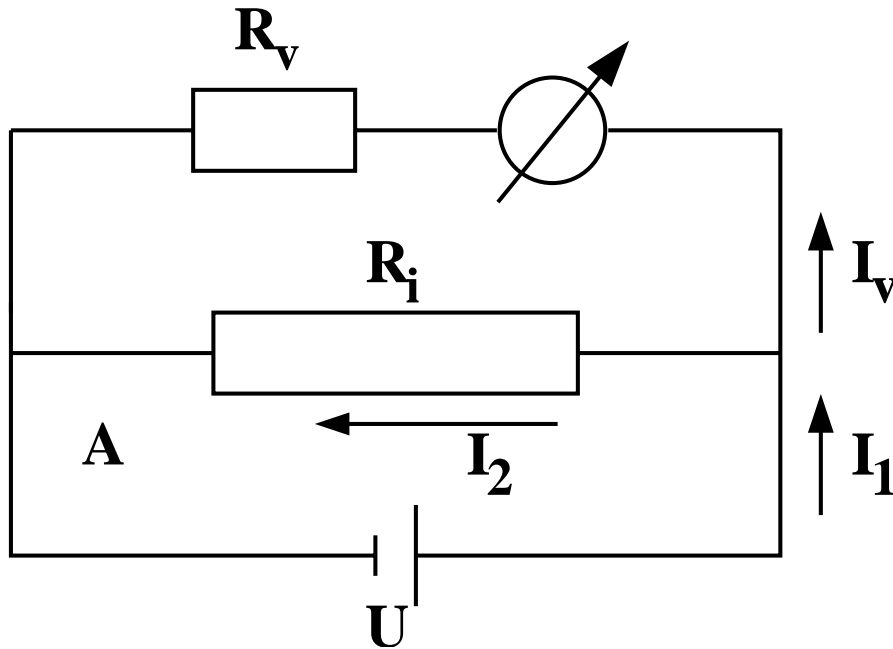
Messbereichserweiterung



Es muß gelten: $I = I_A^{\max} + I_a = n \cdot I_A^{\max}$ und $R_a \cdot I_a = R_i \cdot I_A^{\max}$

$$\longrightarrow I_a = (n-1) \cdot I_A^{\max} = \frac{R_i}{R_a} \cdot I_A^{\max} \longrightarrow R_a = \frac{R_i}{n-1}$$

Prinzip Spannungsmessung



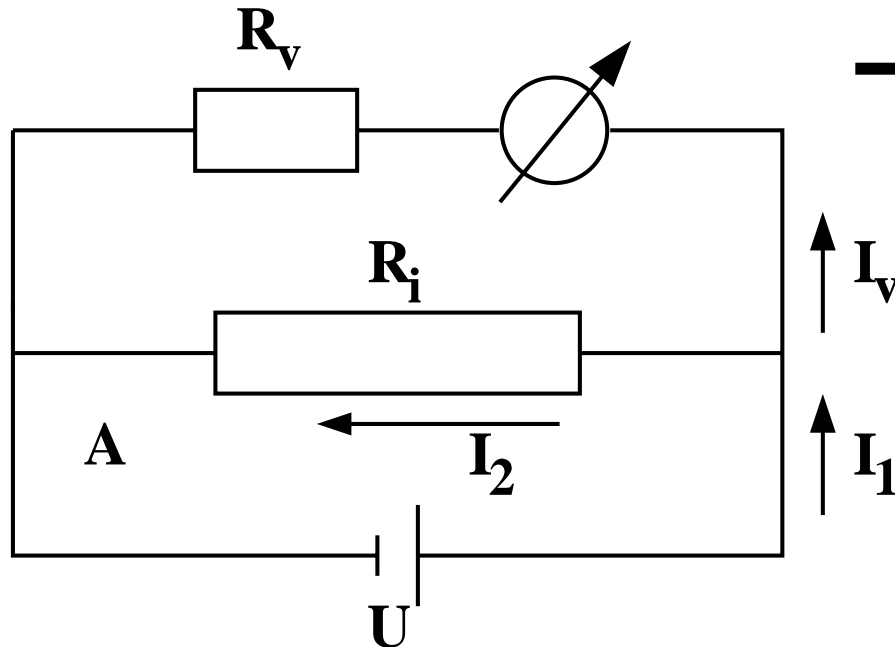
Spannungsmesser sind mittels
Ohmschen Gesetz in Volt
geeichte Amperemeter

Vorschaltung eines Vor-
widerstandes $R_v \gg R_i$

Durch Instrument fließt Strom I_v

angezeigte Spannung $U = I_v \cdot R_v$

Prinzip Spannungsmessung



→ Änderung der Stromstärke im Kreis A
Quelle liefert Strom

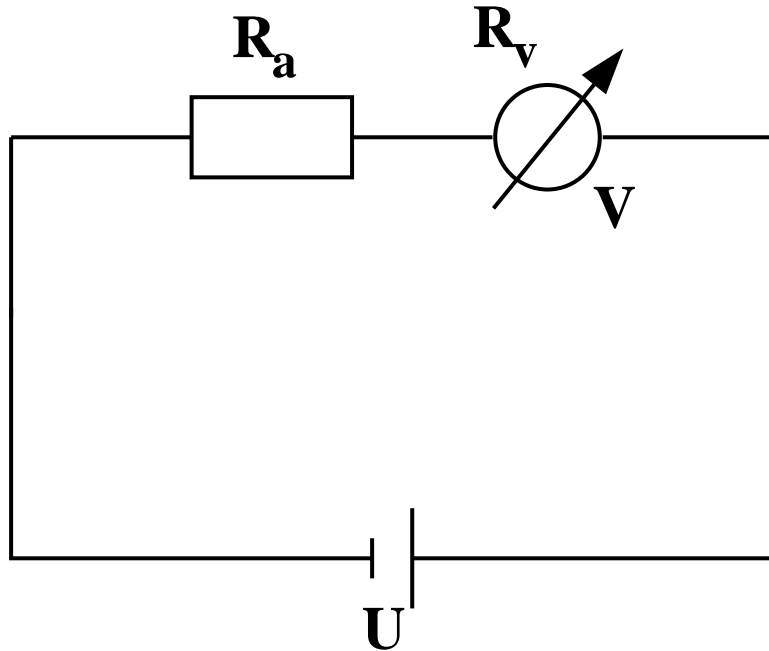
$$I_1 = U \cdot \left(\frac{1}{R_v} + \frac{1}{R} \right) = I \cdot \frac{R + R_v}{R_v} > I = \frac{U}{R}$$

Es ist $I_1 = I$ wenn $R_v \gg R$

Spannungsmesser sind hochohmige Strommesser

$$R_v > 10k\Omega$$

Messbereichserweiterung



Reihenschaltung eines Vorwiderstandes R_a

Instrument misst U_{\max}

Erweiterung auf: $U'_{\max} = n \cdot U_{\max}$

$(n > 1)$

Es ist:

$$I = \frac{n \cdot U_{\max}}{R_a + R_v} = \frac{U_{\max}}{R_v}$$

→ Vorschaltwiderstand: $R_a = (n-1) \cdot R_v$

Realisation der Strom- und Spannungsmessung im Praktikum?



Sensor-Cassy Interface



4-fach galvanisch getrennt:

Eingang A (I,U)

Eingang B (U)

Relais R

Spannungsquelle S (0 – 16V)

Sensor-Cassy Interface



Kaskadierbares Interface
zur Messdatenaufnahme
(bis zu 8 Cassy-Module)

Anschluß an serielle Schnitt-
stelle RS232 des PCs

Spannungsversorgung:

12V AC/DC über Hohlstecker oder
benachbartes Cassy-Modul

Sensor-Cassy Interface

Umschaltrelais R

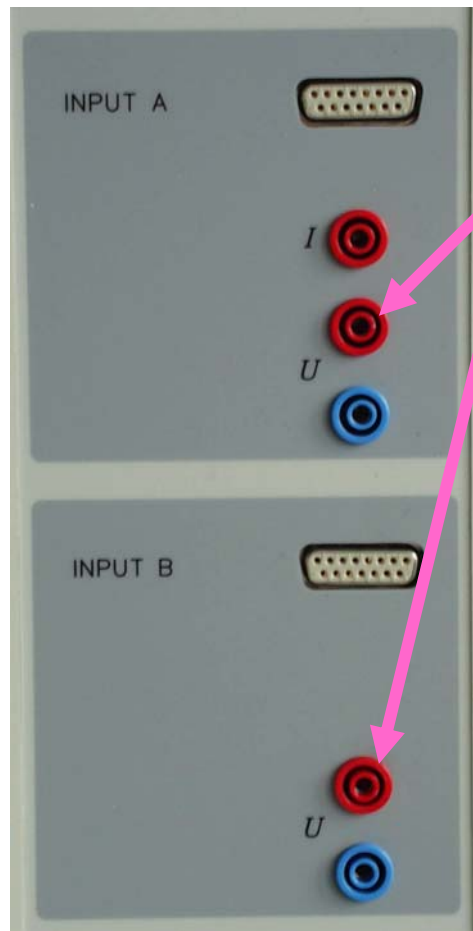
(Schaltanzeige mit LED)

Bereich: **max. 100V / 2 A**



1 analoger Ausgang (PWM)
pulsweitenmoduliert, schaltbare
Spannungsquelle S,
Schaltanzeige mit LED,
Spannung: **max. 16 V / 200 mA**
PWM-Frequenz: **100 Hz**

Sensor-Cassy Interface



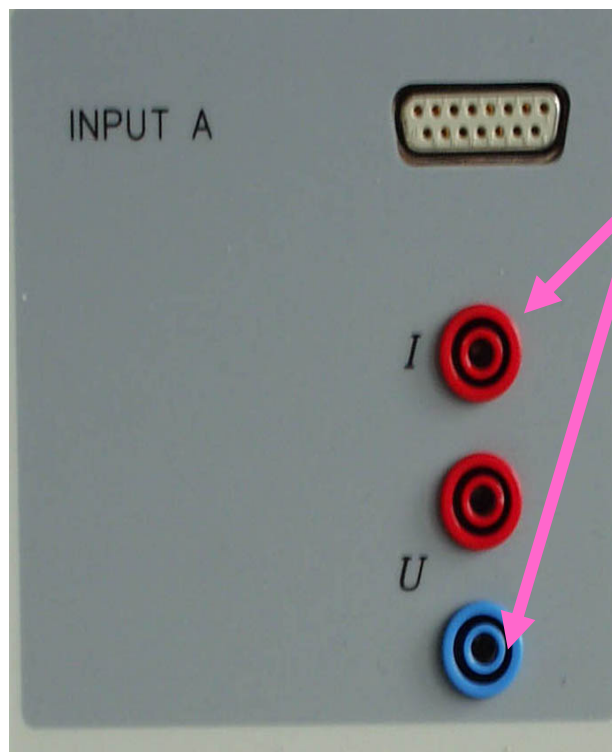
5 analoge Eingänge

2 analoge Spannungseingänge A und B:

- Auflösung: 12 Bit
- Messbereiche: $\pm 0,3/1/3/10/30/100$ V
- Messfehler: $\pm 1\% + 0,5\%$ Endwert (?)
- Eingangswiderstand: 1 M Ω
- Abtastrate: max. 200.000 Werte/s
(=100.000 Werte/s pro Eingang)
- Anzahl Messwerte: max. 32000
(= 16000/ Eingang)

Sensor-Cassy Interface

Eingang A:



1 analoger Stromeingang :

- Messbereiche: $\pm 0,1/0,3/1/3$ A
- Messfehler: Spannungsfehler + 1% ?
- Eingangswiderstand: $< 0,5 \Omega$

Sensor-Cassy Interface



2 analoge Eingänge auf Sensorbox-Steckplätzen A und B

- Messbereiche: $\pm 0,003/0,01/0,03/0,1/0,3/1$ V
- Eingangswiderstand: $10\text{ k}\Omega$

4 Timer-Eingänge (32 Bit Zähler) auf Sensor-Steckplätzen A und B

- Zählfrequenz: max. 100 kHz
- Zeitauflösung: $0,25\ \mu\text{s}$
- Messzeit zwischen 2 Ereignissen am selben Eingang:
min. $100\ \mu\text{s}$
- Messzeit zwischen 2 Ereignissen an verschiedenen
Eingängen: min. $0,25\ \mu\text{s}$
- Speicher: max. 10.000 Zeitpunkte (=2.500/Eingang)

Sensor-Cassy Interface



automatische Sensorboxerkennung
durch Cassy Lab (plug and play)
Sensorboxen:

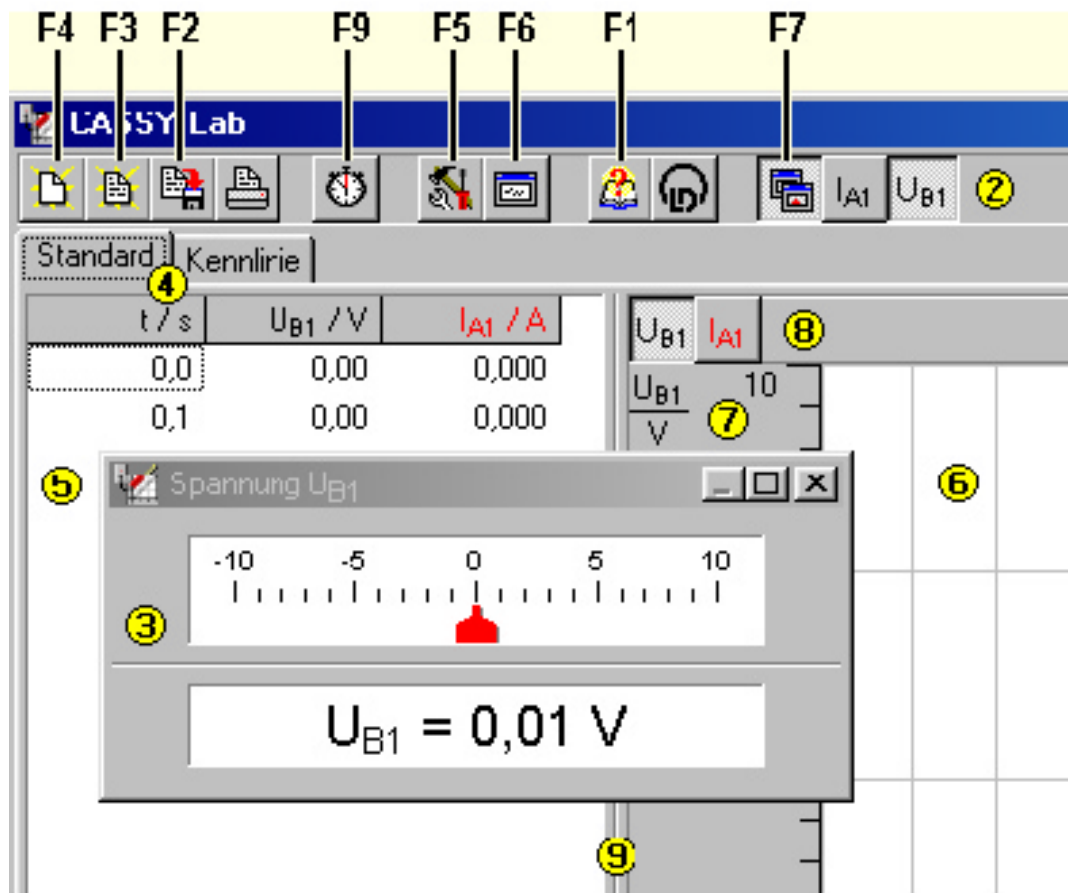
Timer Box → Laufzeit Messung

Temperatur Box

B-Box → B-Feldmessung,
→ Druckmessung

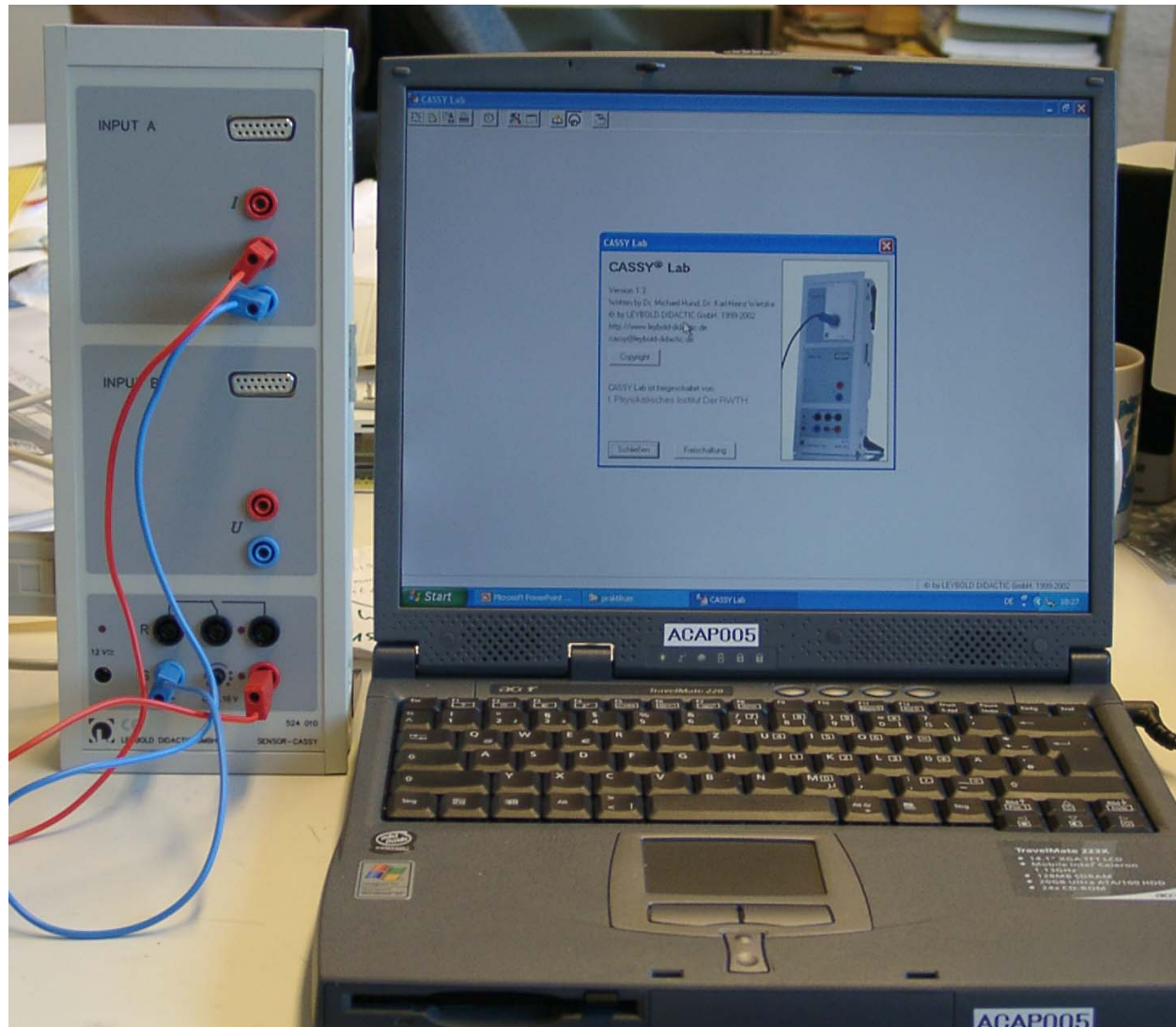
Stromquellen-Box

Datenauslese: Cassy Lab



Siehe auch An-
leitungsbuch ab
Seite 96!

Cassy Lab, 1. Übung



Bedienelement

① CASSY-Anordnung

② Kanal-Button

③ Anzeigeinstrument

④ Name der Darstellung

⑤ Tabelle

⑥ Diagramm

⑦ Skala

⑧ Achsensymbole

⑨ Trennlinie

Linke Maustaste

Anschalten und Ändern eines Kanals

Öffnen und Schließen des Anzeigeinstruments, Drag & Drop nach ⑤ bis ⑧

Verschieben der Trennlinie Analog- zu Digitalanzeige, Drag & Drop der Werte nach ⑤

Umschalten in eine andere definierte Darstellung

Editieren von Messwerten, Drag & Drop der Werte innerhalb der Tabelle oder der Kanäle nach ②

Markieren von Auswertungsbereichen

Verschieben der Skala

Umschalten der y-Skala, Drag & Drop nach ②

Verschieben der Trennlinie Tabelle zu Diagramm

Rechte Maustaste

Anschalten und Ändern eines Kanals

Einstellungen des Kanals

Einstellungen des Kanals

Darstellung der Tabelle, z. B. Schriftgröße, Löschen von Zeilen und Messreihen

Einstellungen und Auswertungen im Diagramm

Minimum, Maximum und Umrechnung der Skala festlegen

Einstellungen des Kanals



F4

Löscht entweder die aktuelle Messung unter Beibehaltung ihrer Einstellungen oder, wenn keine Messung vorhanden ist, die aktuellen Einstellungen.

Eine zweimalige Anwendung löscht eine Messung mit ihren Einstellungen.



F3

Lädt eine Messreihe mit ihren Einstellungen und ihren Auswertungen.

Dabei kann die Messreihe auch an eine vorhandene Messreihe angehängt werden (ohne ihre Einstellungen und Auswertungen mit zu laden). Dies ist möglich, wenn die Messreihen die gleichen Messgrößen besitzen. Alternativ kann eine weitere Messreihe auch nachträglich gemessen und angehängt werden.

Außerdem steht ein ASCII-Import-Filter (Dateityp ***.bct**) zur Verfügung.



F2

Speichert die aktuellen Messreihen mit ihren Einstellungen und ihren Auswertungen ab.

Es lassen sich auch reine Einstellungen (ohne Messdaten) abspeichern, mit denen dann später ein Experiment einfach wiederholt werden kann.

Außerdem steht ein ASCII-Export-Filter (Dateityp ***.txt**) zur Verfügung. Aber auch die CASSY Lab-Dateien (Dateityp ***.lab**) sind mit jedem Texteditor lesbar.



Druckt die aktuelle Tabelle oder das aktuelle Diagramm aus.



F9

Startet und stoppt eine neue Messung.

Alternativ kann die Messung durch die Vorgabe einer Messzeit gestoppt werden.



F5

Ändert die aktuellen Einstellungen (z. B. CASSY, Parameter/Formel/FFT, Darstellung, Kommentar, Serielle Schnittstelle). Für die Messparameter muss diese Funktion **doppelt** betätigt werden.



F6

Stellt den Inhalt der Statuszeile groß dar oder blendet ihn wieder aus.



F1

Ruft diese Hilfe auf.



Gibt Auskunft über die Version der Software und ermöglicht die Eingabe des Freischaltcodes.

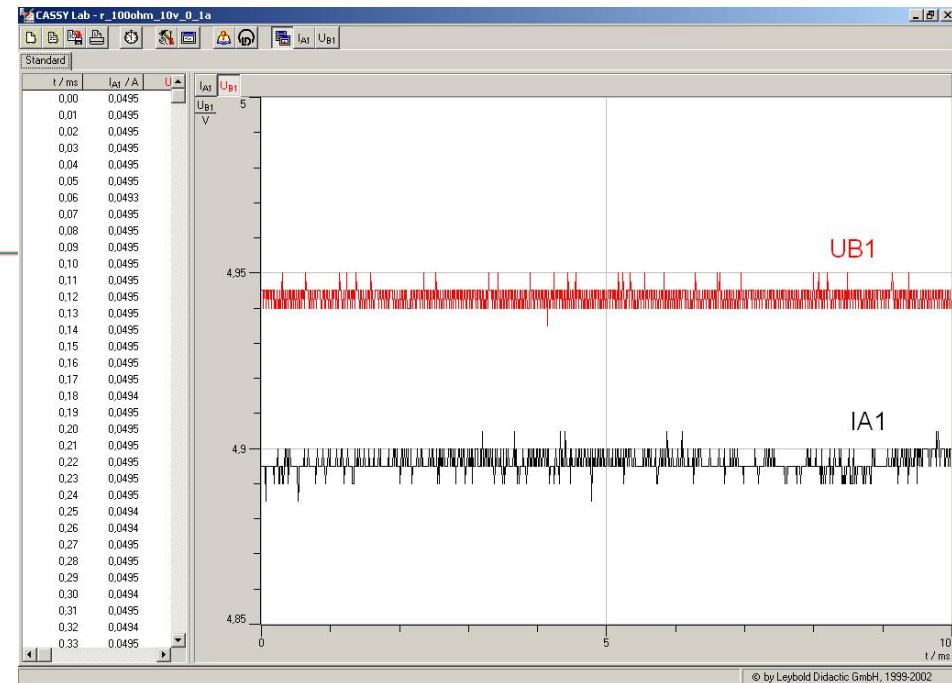
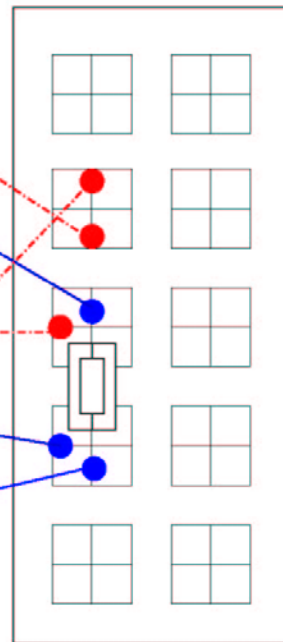
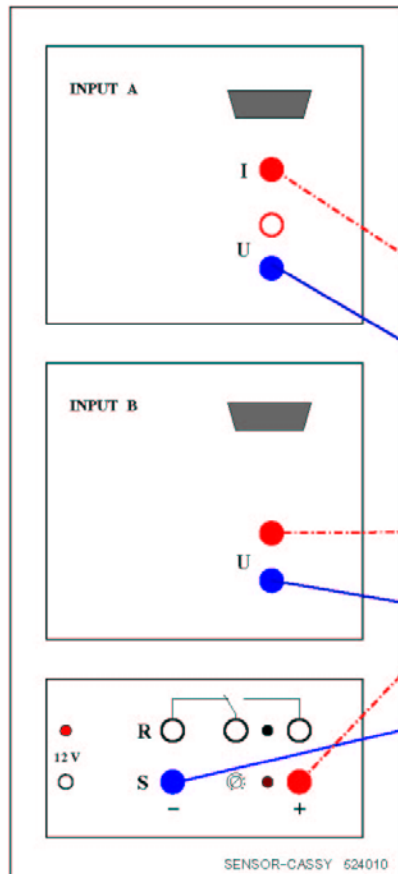


F7

Schließt alle geöffneten Anzeigeeinstrumente oder öffnet sie wieder.

Sensor-Cassy Interface

Messfehler



Messaufbau: $R=100\Omega$

Angelegte Spannung:

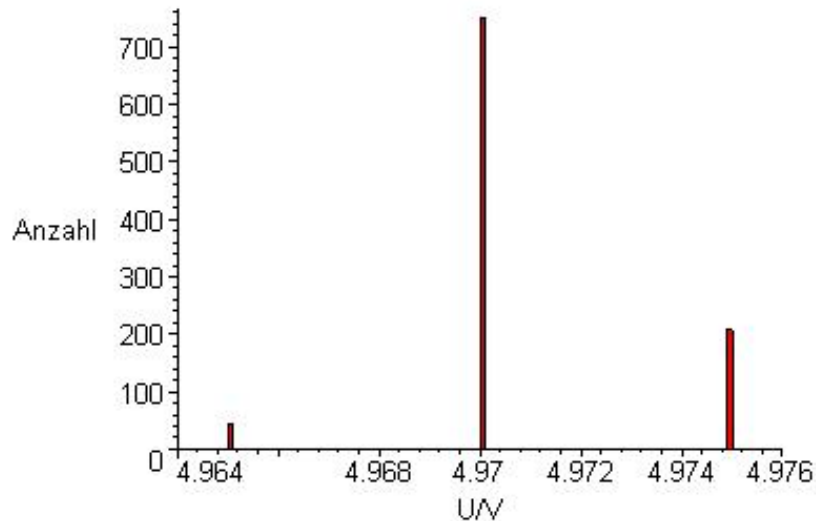
$U=5V$

Im Kreis fließender Strom:

$I=0,05A$

Sensor-Cassy Interface

statistischer Messfehler



Messbereich: ± 10 V

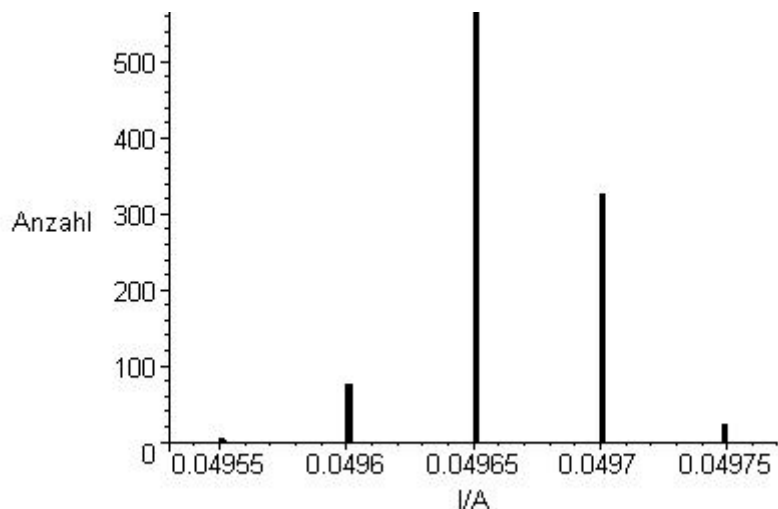
Mean = (4.9708 ± 0.00007) V

RMS = 2.4 mV

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096

→ $U_{\min} = 5 \text{ mV} / \sqrt{12}$

→ Fehler = 1.4 mV



Messbereich: $\pm 0,1$ A

Mean = (49.66 ± 0.0000003) mA

RMS = 0.03 mA

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096

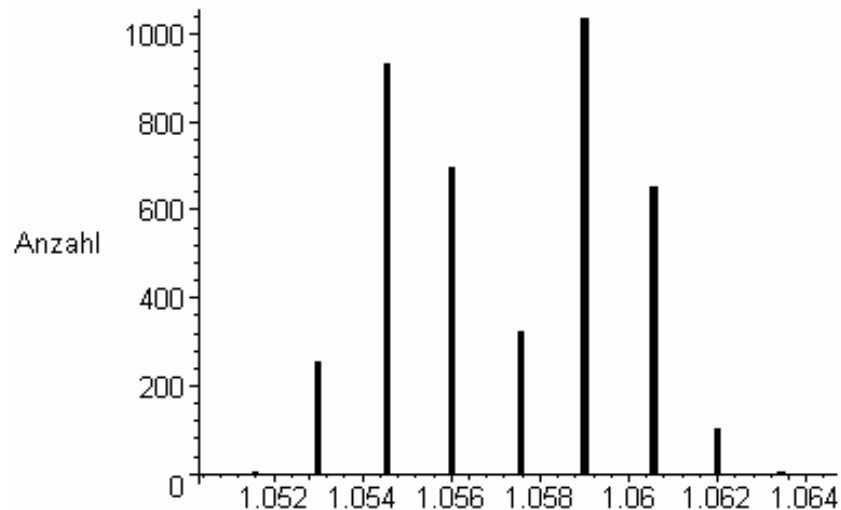
→ $I_{\min} = 0.05 \text{ mA} / \sqrt{12}$

→ Fehler = 0.014 mA

Fehler durch Messung bestimmen!

Sensor-Cassy Interface

systematischer Messfehler (4SC)



Messbereich: ± 3 V

Mean = (1.0572 ± 0.00004) V

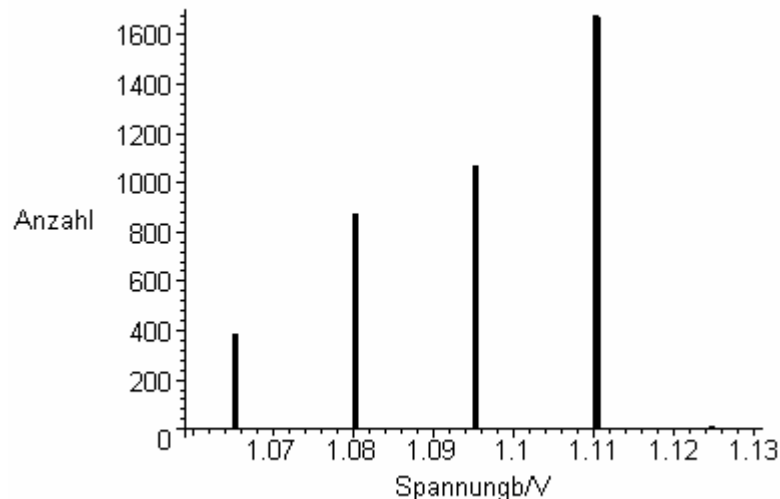
RMS = 2,5 mV

→ relativer Fehler: 2,4‰

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096

→ $U_{\min} = 1,5 \text{ mV} / \sqrt{12}$

→ Fehler = 0,4 mV



Messbereich: ± 30 V

Mean = (1.095 ± 0.0000003) V

RMS = 15.2 mV

→ relativer Fehler: 1.4 %

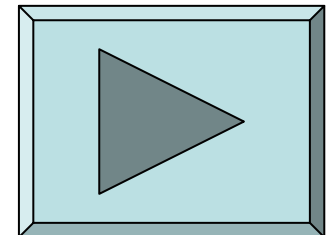
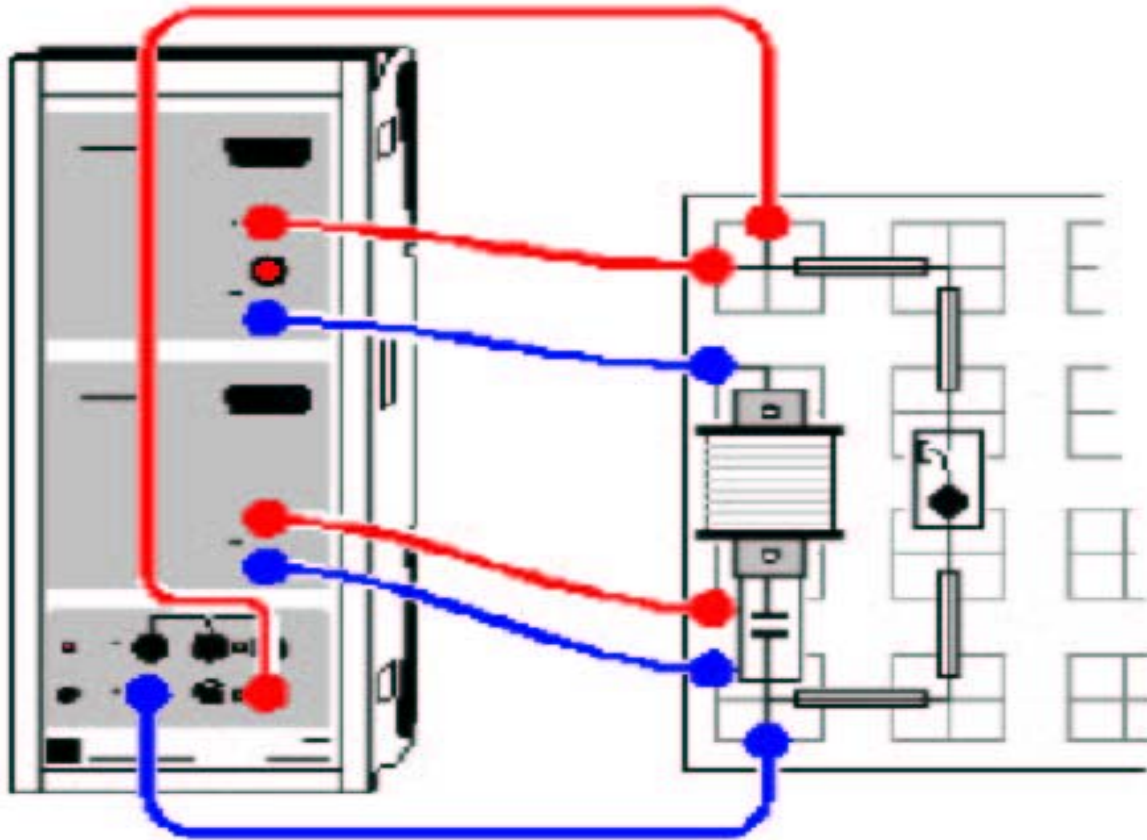
Digitale Auflösung: 12 bit = 4096

→ $U_{\min} = 15 \text{ mV} / \sqrt{12}$

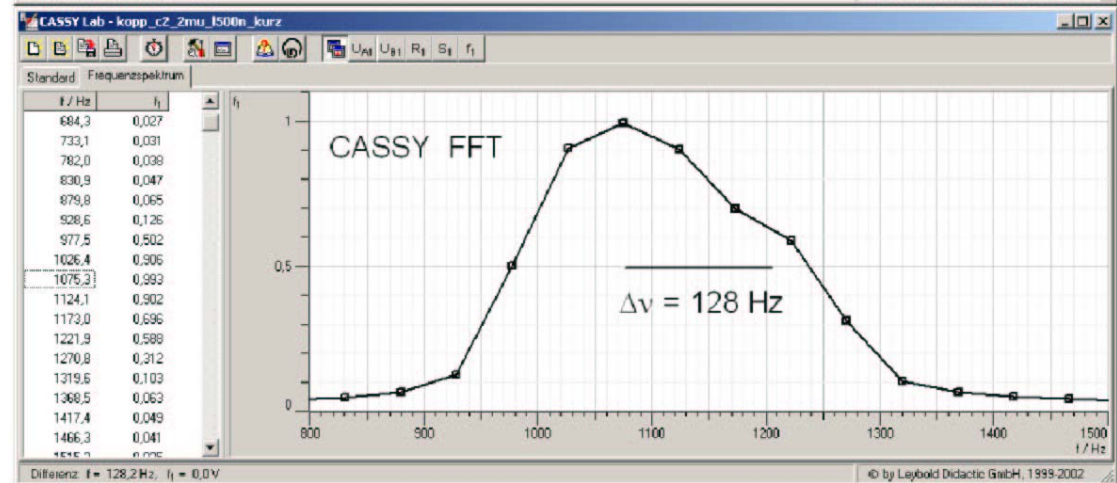
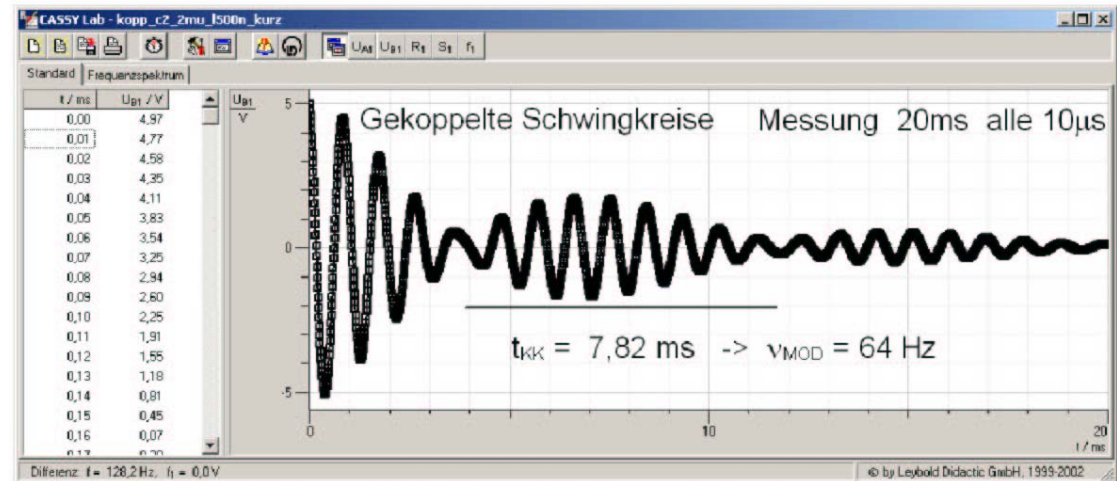
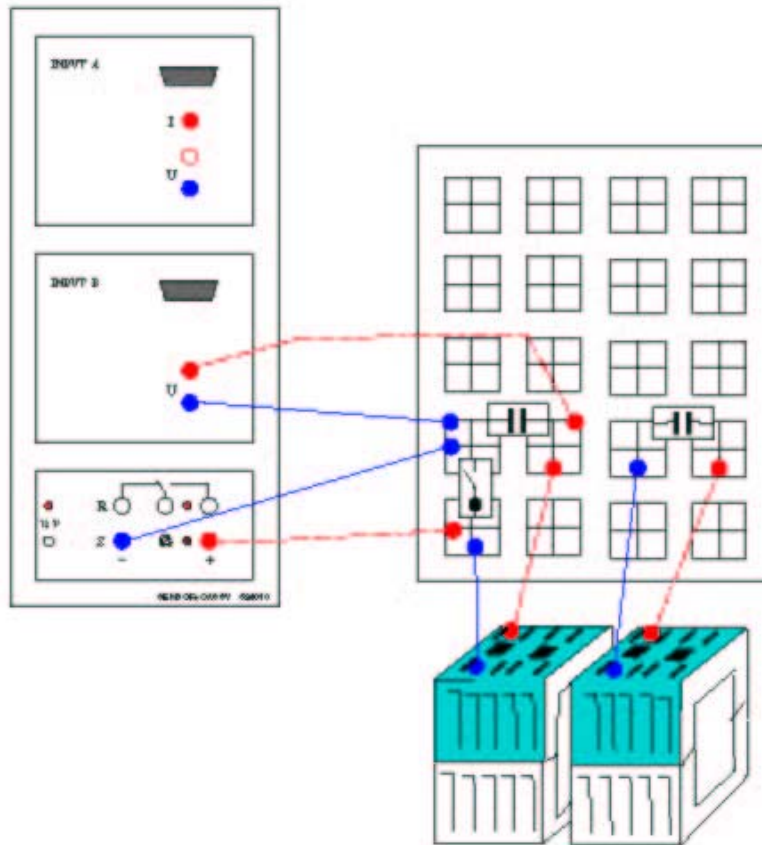
→ Fehler = 4.3 mV

Fehler durch Messung bestimmen!

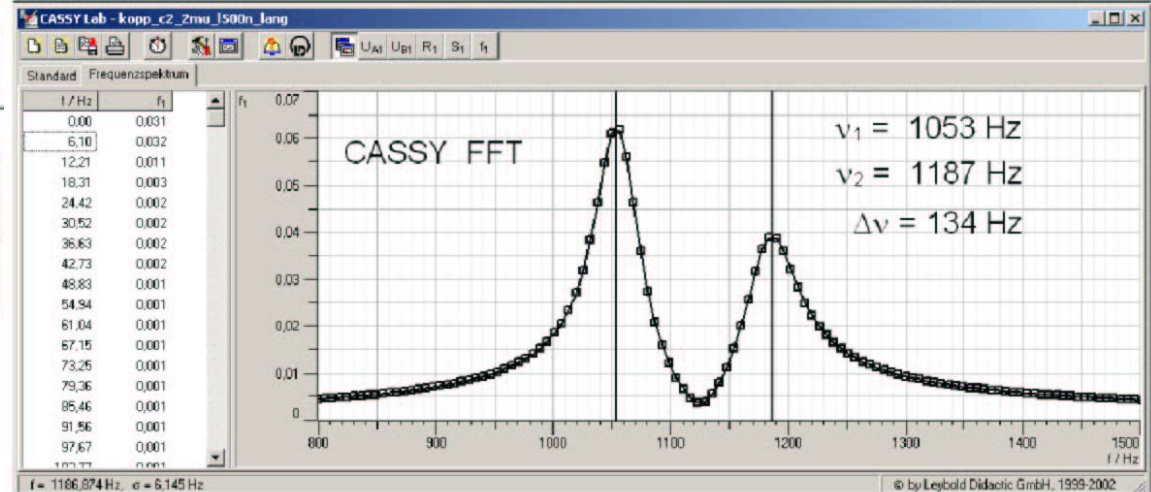
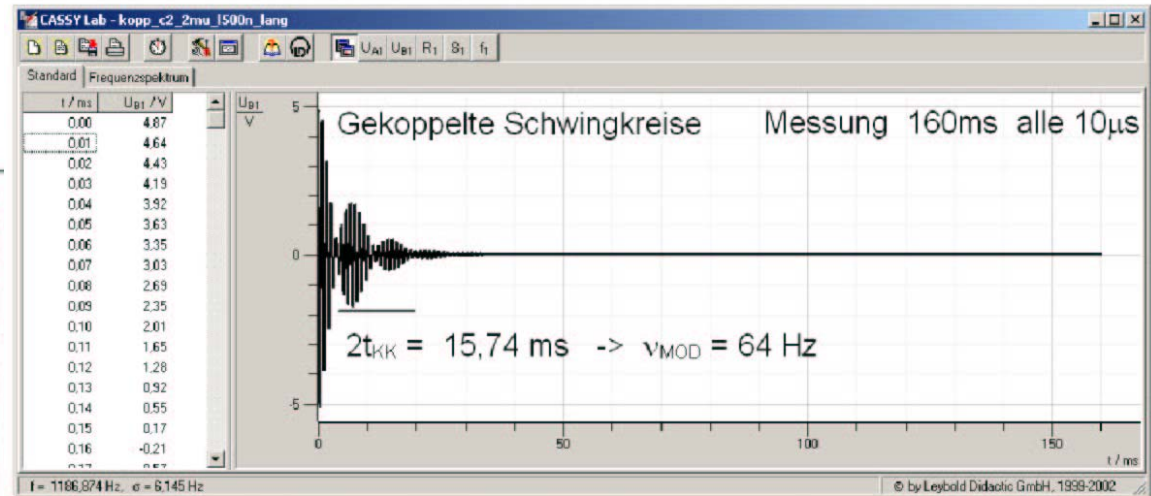
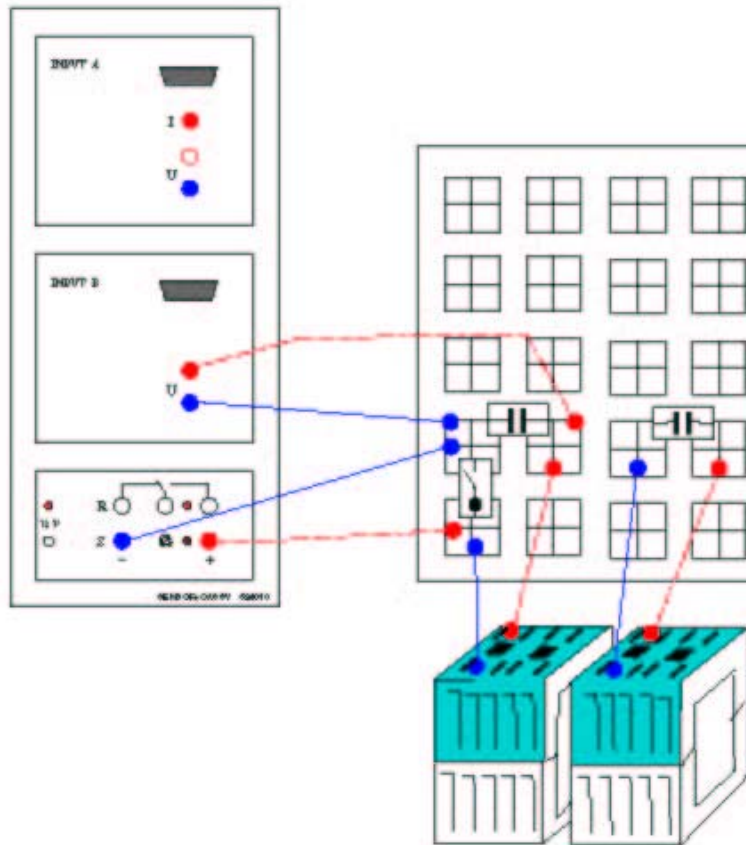
Gedämpfter Schwingkreis, 2. Übung



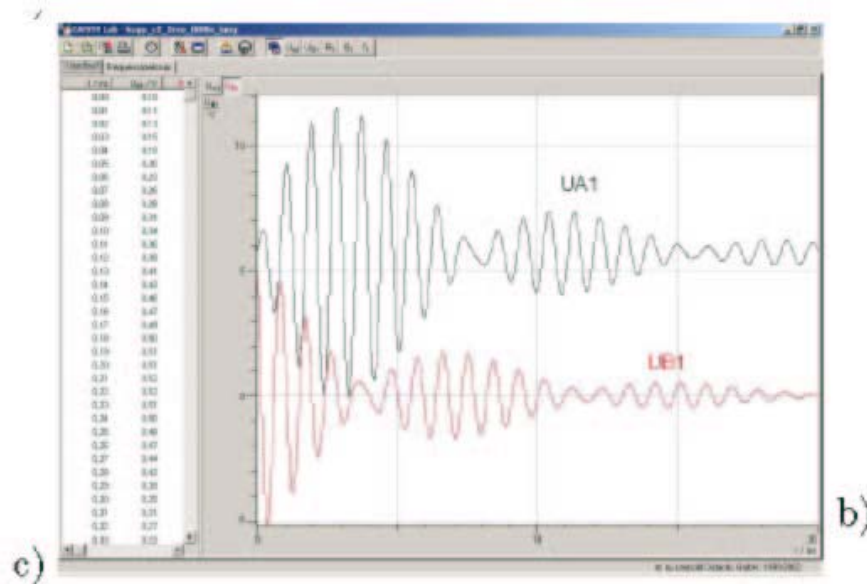
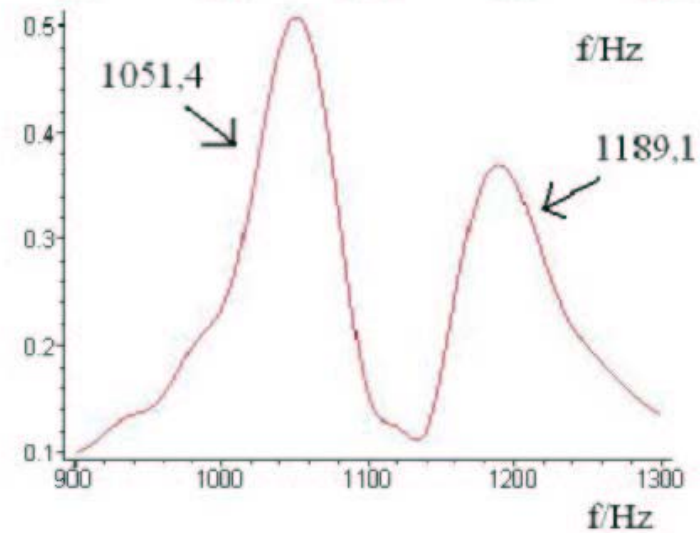
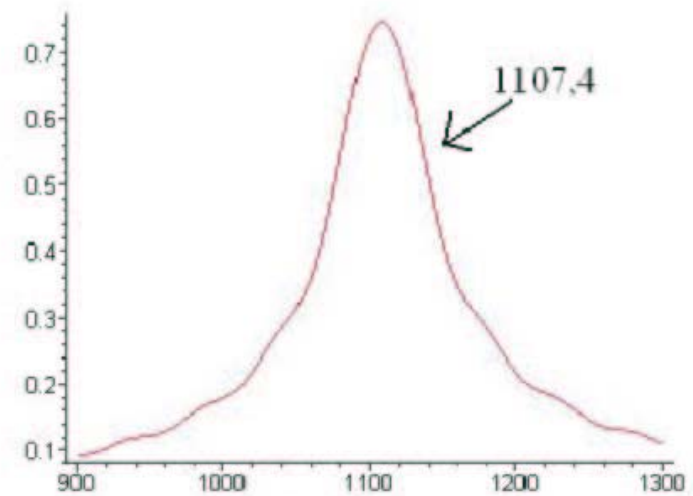
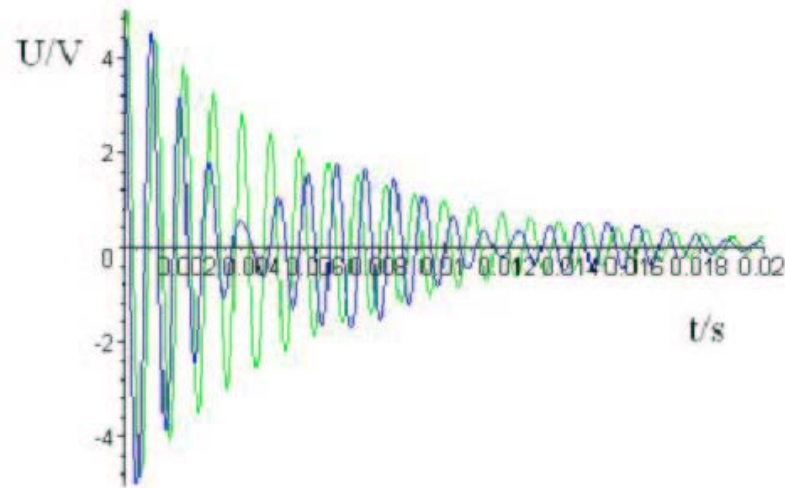
Gekoppelte Schwingungen oder das Ende der CASSY FFT



Gekoppelte Schwingungen oder das Ende der CASSY FFT



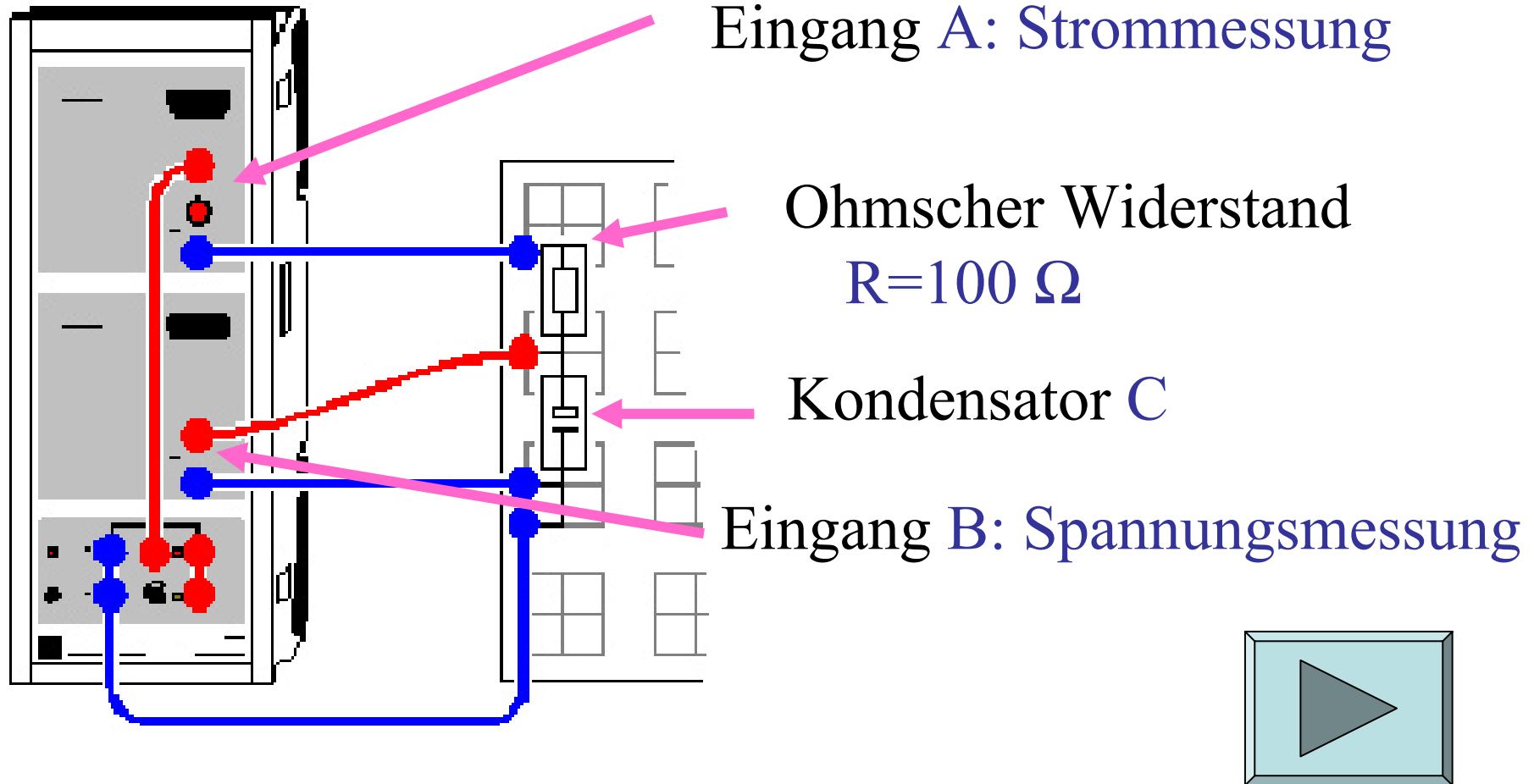
Gekoppelte Schwingungen oder das Ende der CASSY FFT



b)

c)

Auf- und Entladekurven von Kondensatoren, 3. Übung



Zusammenfassung



Sensor Cassy:

- Spannungsmessung
- Strommessung
- Datenaufnahme