

**Messinstrumente im  
physikalischen  
Grundpraktikum**

**WS 17/18**

**Dr. Th. Kirn**

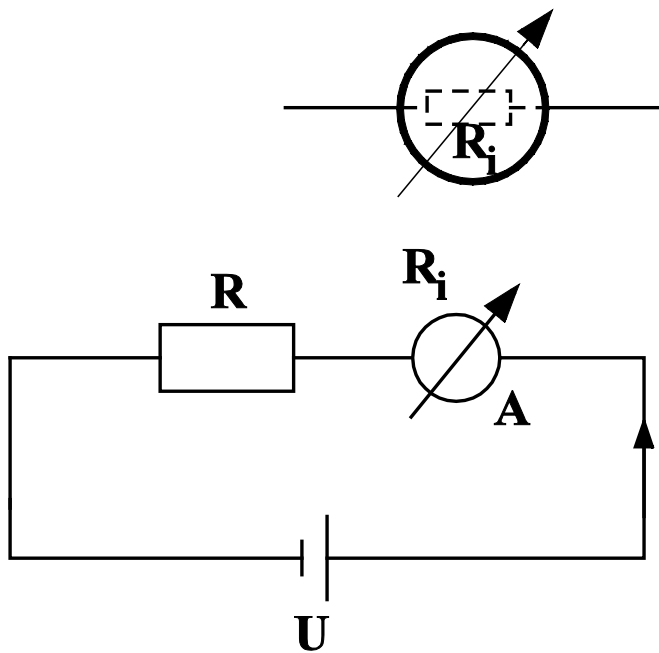
**I. Physikalisches Institut B**

- Strommessung
  - ↳ Sensor Cassy
- Spannungsmessung
  - ↳ Sensor Cassy
  - ↳ Power Cassy
  - ↳ Hallsonde
  - ↳ Thermoelement
- Oszilloskop
- Längenmessung
  - ↳ Maßband
  - ↳ Messschieber
  - ↳ Bügelmessschraube

# Prinzip Strommessung

Messvorgang darf zu messenden  
Strom nicht beeinflussen!

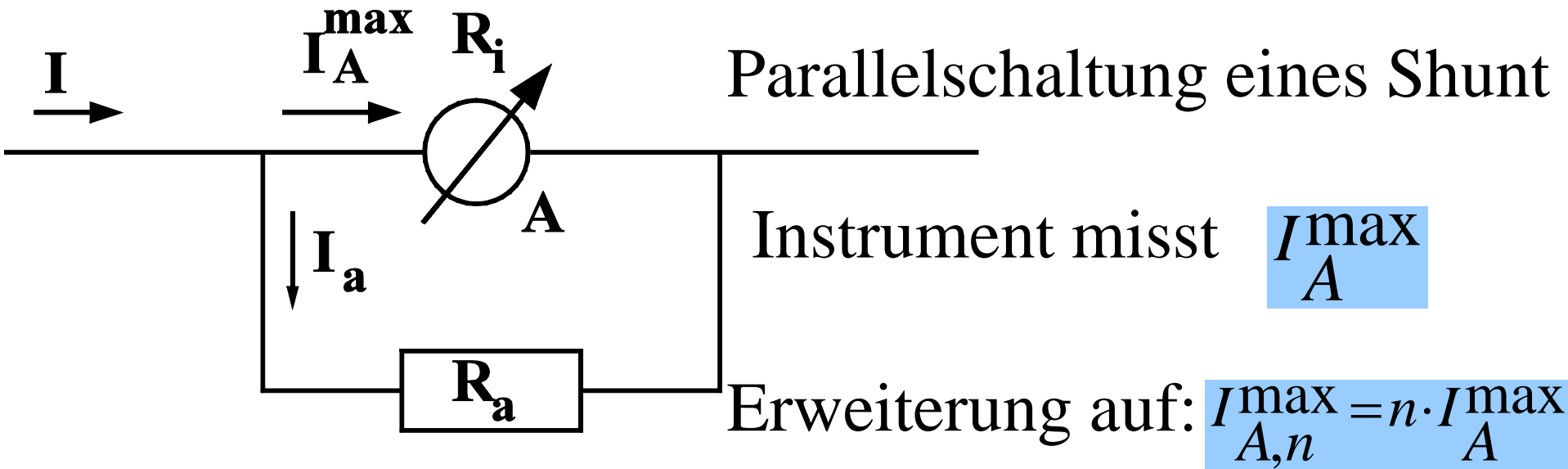
Erwarteter Strom:  $I = \frac{U}{R}$



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

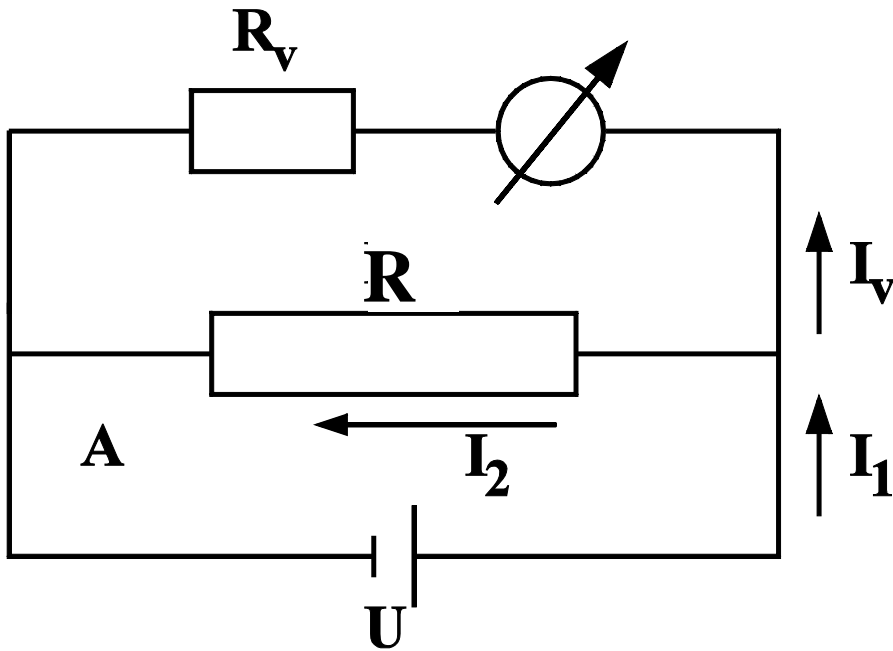


Es muß gelten:  $I = I_A^{\max} + I_a = n \cdot I_A^{\max}$  und  $R_a \cdot I_a = R_i \cdot I_A^{\max}$

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



# Prinzip Spannungsmessung



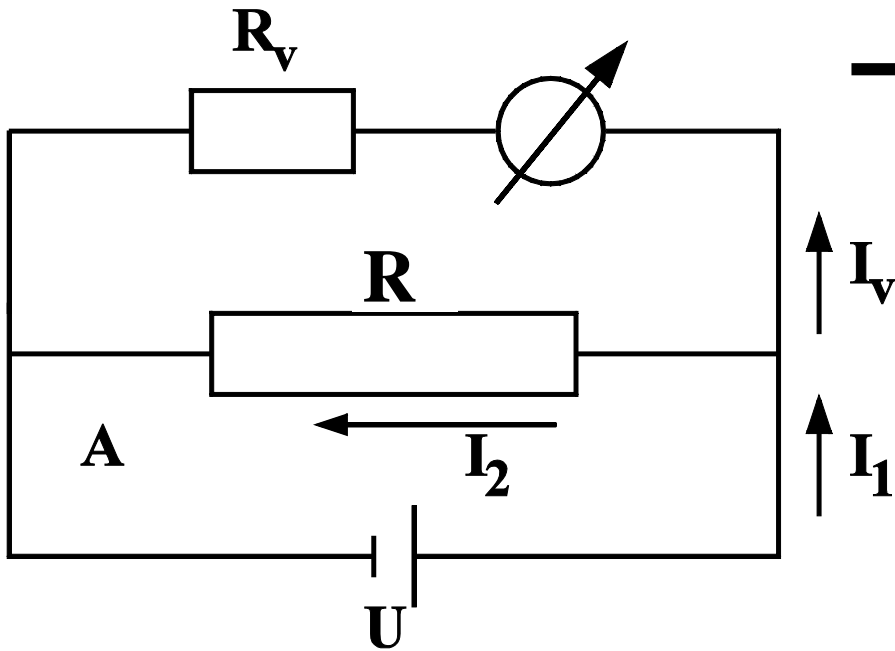
Spannungsmesser sind mittels  
Ohmschen Gesetz in Volt  
geeichte Amperemeter

Vorschaltung eines Vor-  
widerstandes  $R_v \gg R$

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

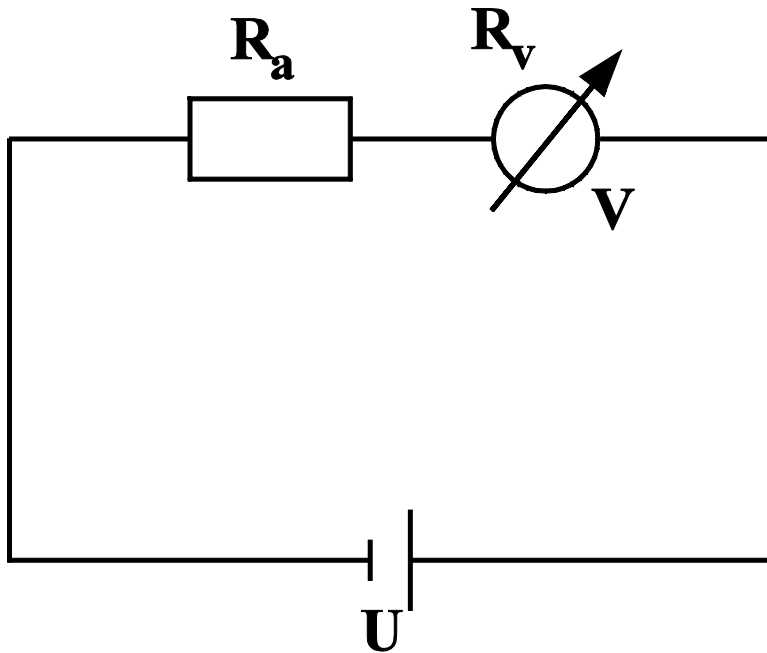
$$I_1 = U \cdot \left( \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R} \right) = I \cdot \frac{R + R_v}{R_v} > I = \frac{U}{R}$$

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:

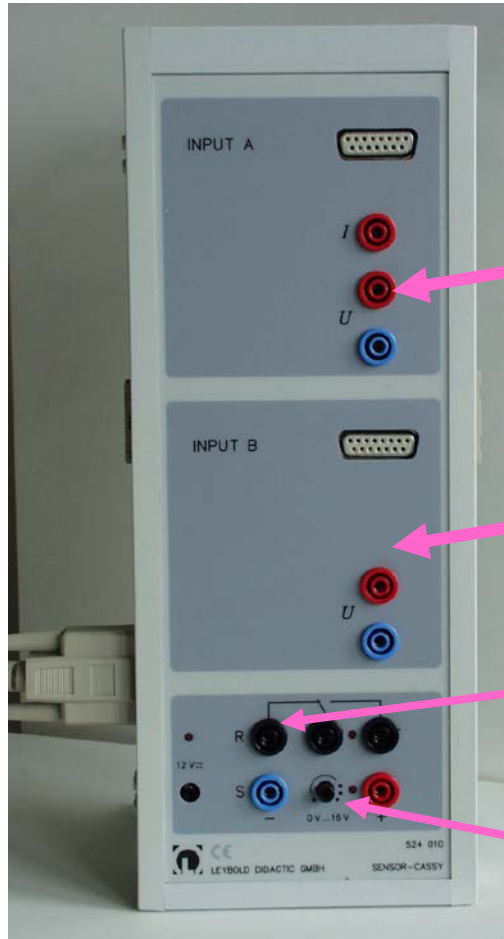
$$I = \frac{n \cdot U_{\max}}{R_a + R_v} = \frac{U_{\max}}{R_v}$$

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

# Realisation der Strom- und Spannungsmessung im Praktikum?



# Sensor Cassy Interface



4-fach galvanisch getrennt:

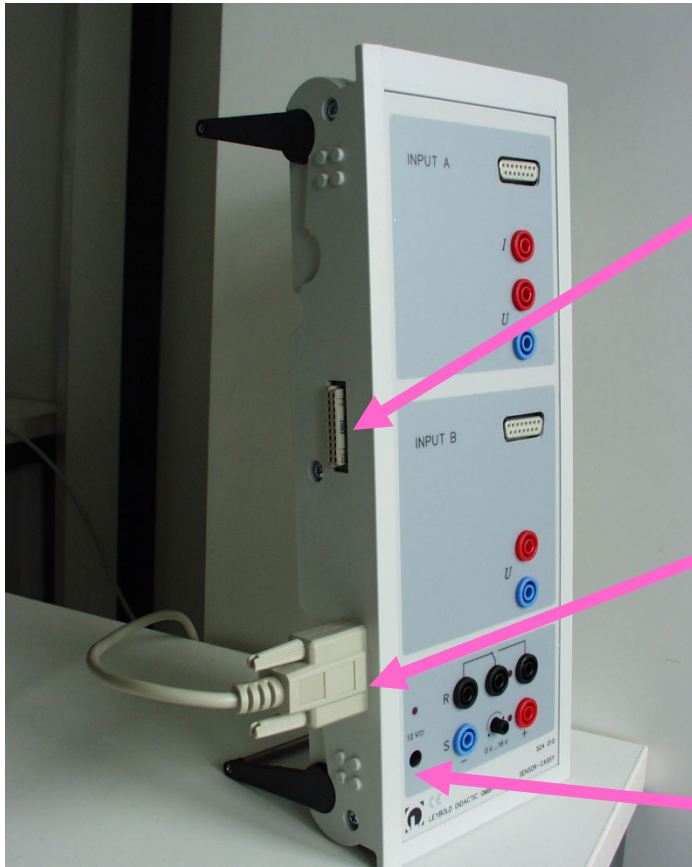
Eingang A (I,U)

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**



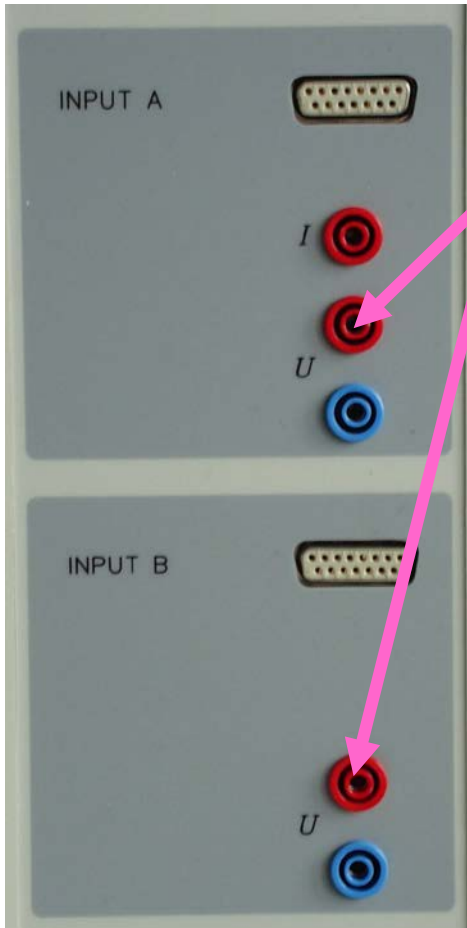
1 analoger Ausgang (PWM)  
pulsweitenmoduliert, schaltbare  
Spannungsquelle S,  
Schaltanzeige mit LED,  
Spannung: **max. 16 V / 200 mA**  
PWM-Frequenz: **100 Hz**

# Sensor Cassy Interface

## 5 analoge Eingänge

2 analoge Spannungseingänge A und B:

- Auflösung: 12 Bit ( $2^{12} = 4096$ )
- Messbereiche:  $\pm 0,3/1/3/10/30/100$  V
- Digitalisierung:  $\pm 0,15$  mV/.../ 48,8mV
- sys. Messfehler:  $\pm 1\% + 0,5\%$  Endwert
- Eingangswiderstand: 1 M $\Omega$
- Abtastrate: max. 200.000 Werte/s  
(=100.000 Werte/s pro Eingang)
- Anzahl Messwerte: max. 32000

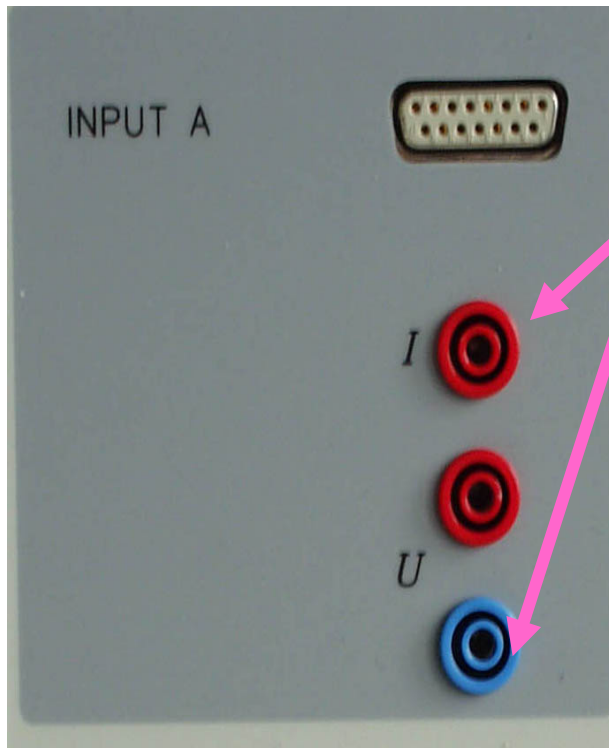


(= 16000/ Eingang) 12



# Sensor-Cassy Interface

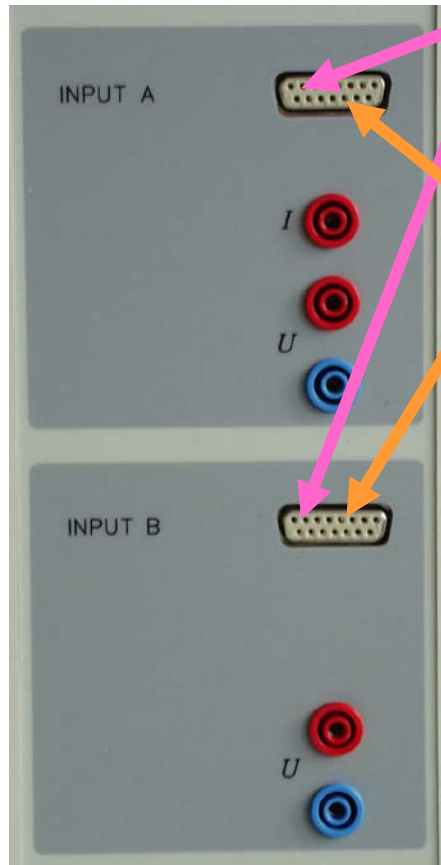
## Eingang A:



1 analoger Stromeingang :

- Messbereiche:  $\pm 0,1/0,3/1/3$  A
- Digitalisierung:  $\pm 0,05$  mA/ ... / 1,5 mA
- sys. 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

- Zährefrequenz: max.  $100\text{ kHz}$
- 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

The screenshot displays the Cassy Lab software interface. At the top, function keys F4 through F7 are labeled. Below them is a menu bar with 'LA S Y Lab' and a toolbar with various icons. A tabbed interface shows 'Standard' and 'Kennlinie' tabs. A data table is visible with columns for time (t/s), voltage (U<sub>B1</sub> /V), and current (I<sub>A1</sub> /A). A pop-up window titled 'Spannung U<sub>B1</sub>' shows a scale from -10 to 10 V and a digital readout of 0,01 V. Yellow circles with numbers 1 through 9 highlight specific UI elements.

t / s	U <sub>B1</sub> /V	I <sub>A1</sub> /A
0,0	0,00	0,000
0,1	0,00	0,000

Spannung U<sub>B1</sub>

U<sub>B1</sub> = 0,01 V

# Cassy Lab Start

CASSY Lab

## CASSY<sup>®</sup> Lab

Version 1.73

Written by Dr. Michael Hund, Dr. Karl-Heinz Wietzke

© by LD DIDACTIC GmbH, 1999-2011

<http://www.ld-didactic.de>

[cassy@ld-didactic.de](mailto:cassy@ld-didactic.de)

Copyright

CASSY Lab ist freigeschaltet von:  
I. Physikalisches Institut Der RWTH

Schließen

Freischaltung



# Cassy Lab Start

Einstellungen

CASSY Parameter/Formel/FFT Modellbildung Kommentar Allgemein

Serielle Schnittstellenbelegung:



COM1

aus



COM2

aus



COM3

aus



COM4

aus



Sprache:

Deutsch



Erkannte CASSY-Module:

**CASSY erkannt?**

CASSY-Module aktualisieren

Neue Vorgaben abspeichern

Schließen

Messparameter anzeigen

Beispiel laden

Hilfe

Com-Port Einstellungen → CASSY

# Cassy Lab Start

Finden des Com-Ports, an dem CASSY angeschlossen ist:  
Start → Systemsteuerung → System und Sicherheit

The image shows a Windows 7 desktop environment. The Start menu is open, displaying a list of applications including WinSCP, Erste Schritte, Verbindung mit einem Projektor, Rechner, PuTTY, Kurznutzen, Paint, Snipping Tool, XPS-Viewer, CASSY Lab, and Alle Programme. The 'Systemsteuerung' (Control Panel) option is highlighted in red. A red arrow points from this option to the 'System und Sicherheit' (System and Security) category in the System Control window. The System Control window is open, showing various settings categories such as System und Sicherheit, Netzwerke und Internet, Hardware und Sound, and Programme. The 'System und Sicherheit' category is circled in red. The desktop background is blue with several application icons, including Papierkorb, gVim 7.4, Picture Style Editor, ZoomBrowser EX, Adobe Acrobat XI Pro, LibreOffice 4.2, Startfenster, Vidyo\_Desktop\_Dia..., Adobe FormsCentral, Maple 17 Portal, SHAREit, and Skype. The taskbar at the bottom shows the Start button, several application icons, and the system tray with the date and time (12:26, 19.02.2015).



# Cassy Lab Start

Finden des Com-Ports, an dem CASSY angeschlossen ist:  
System und Sicherheit → Geräte-Manager → USB Serial Port

The image shows a Windows desktop environment with a blue background. The taskbar at the bottom contains icons for various applications: Digital Photo Professional, OpenChoice Desktop, VMware Player, EOS Utility, OpenOffice 4.1.1, and VLC media player. The system tray in the bottom right corner shows the language (DE), battery level (98%), and the date and time (12:28, 19.02.2015).

Two windows are open:

- Systemsteuerung > System und Sicherheit:** The left sidebar shows 'System und Sicherheit' selected. In the main pane, 'Geräte-Manager' is highlighted with a red circle. A red arrow points from this circle to the Device Manager window.
- Geräte-Manager:** The tree view shows the 'inst-1b-163' computer. Under 'Eingabegeräte (Human Interface Devices)', 'USB Serial Port (COM9)' is highlighted with a red circle.

Other visible desktop icons include WinSCP and PUTTY. The 'Think' logo is visible in the bottom right corner of the desktop.



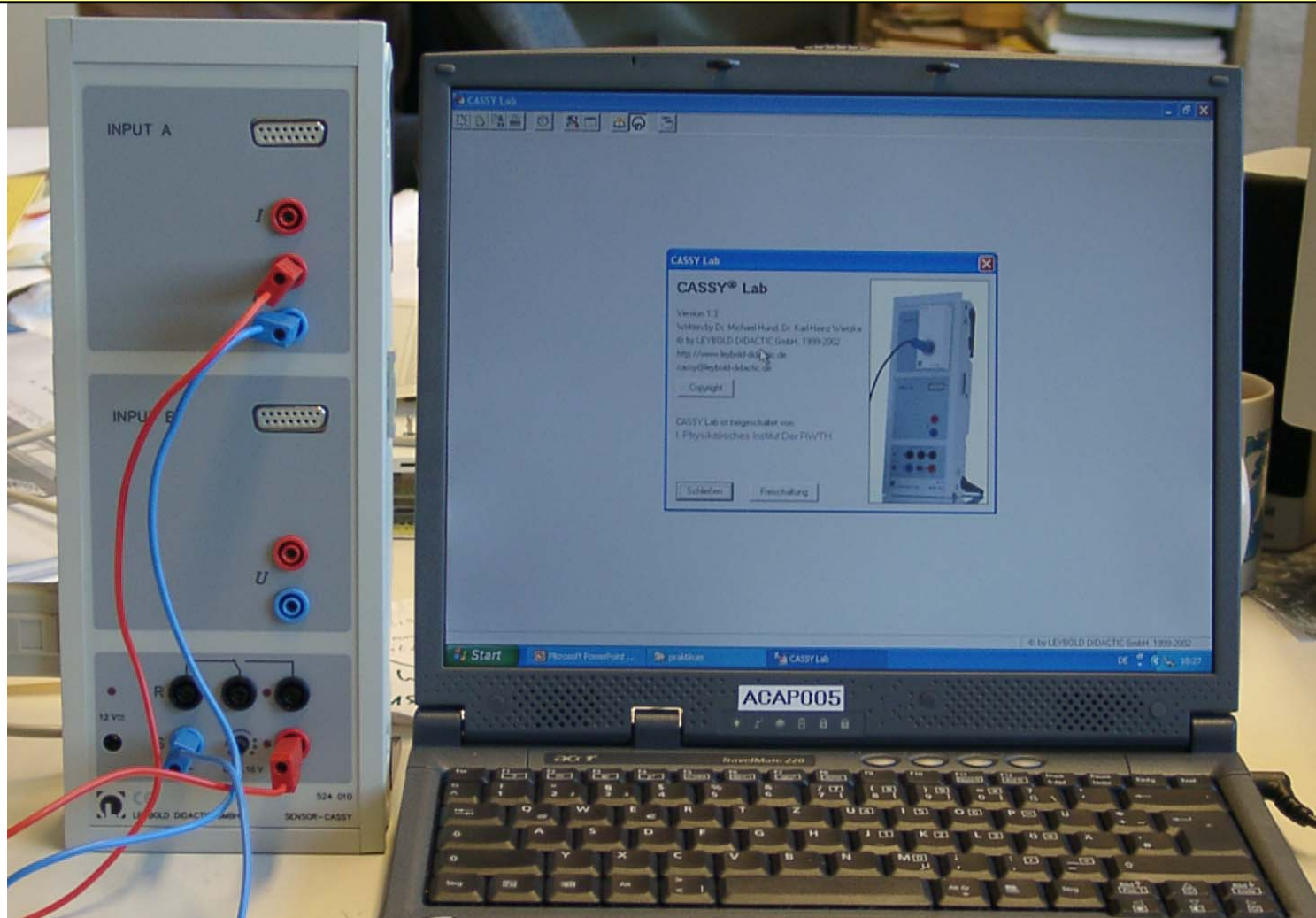
# Cassy Lab Start

Wenn COM >19,  
Doppelklick auf  
USB Serial Port

The screenshot shows a Windows desktop environment with several windows open. The 'Device Manager' window is in the foreground, showing the 'Ports (COM & LPT)' section. A red circle highlights the 'USB Serial Port (COM9)' entry. A red arrow points from this entry to the 'Eigenschaften von USB Serial Port (COM9)' window. In this window, the 'Erweitern...' button is circled in red. Another red arrow points from this button to the 'Erweiterte Einstellungen für COM9' window. In this window, the 'COM-Anschlussnummer:' dropdown menu is set to 'COM9', and the list of COM ports below it is circled in red, showing ports from COM10 to COM38. A white text box at the bottom center contains the text: 'Com-Port 7 reserviert → CASSY Lab Absturz'. The taskbar at the bottom shows various application icons and the system tray with the date '19.02.2015' and time '12:30'.

Com-Port 7 reserviert  
→ CASSY Lab Absturz)

# Cassy Lab, 1.Übung: Inbetriebnahme



- Spannungsversorgung PC und Sensor Cassy
- Verbindung Cassy – PC
- Starten Cassy Lab Software



# Cassy Lab, Einstellungen

Einstellungen via Symbolknopf oder F5 →



Anzeige der aktuellen Anordnung von CASSY-Modulen unter Tab „CASSY“ →



Aktivierung und Einstellung der Eingänge A und B, sowie des Relais und der Spannungsquelle durch Anklicken

**Einstellung der Messgrößen und -bereiche vorher überlegen, einstellen und im Messprotokoll notieren!**

# Cassy Lab, Einstellungen, Messparameter

Zweimalige Betätigung des Einstellungsknopfs oder der F5-Taste



**Messparameter** [X]

automatische Aufnahme    Intervall: 100 ms [◀ ▶]     Trigger: [▼]  
 manuelle Aufnahme    x Anzahl: [◀ ▶]     Messbedingung: 1  
 neue Messreihe anhängen

[Schließen] [Hilfe]    = Messzeit: [ ] s [▼]     wiederholende Messung     akustisches Signal

**Messparameter** [X]

automatische Aufnahme    Intervall: 10 µs [◀ ▶]     Trigger: UB1 [▼] 5,00 V [fallend ▼]  
 manuelle Aufnahme    x Anzahl: 16000 [◀ ▶]     Messbedingung: 1  
 neue Messreihe anhängen

[Schließen] [Hilfe]    = Messzeit: 160 ms [▼]     wiederholende Messung     akustisches Signal

**Messparameter** [X]

automatische Aufnahme    Intervall: 100 ms [◀ ▶]     Trigger: [▼]  
 manuelle Aufnahme    x Anzahl: [◀ ▶]     Messbedingung:  $f < 5000 \text{ and } \Delta t > 2/f + 2$  =AUS  
 neue Messreihe anhängen

[Schließen] [Hilfe]    = Messzeit: [ ] s [▼]     wiederholende Messung     akustisches Signal

**Messintervall und –anzahl, Trigger und Messbedingungen (falls benötigt) einstellen und im Messprotokoll notieren!**

# Cassy Lab, Einstellungen, Darstellungen

The screenshot shows the 'Einstellungen' (Settings) dialog box with the 'Darstellung' (Representation) tab selected. The dialog has a blue title bar with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar are five tabs: 'CASSY', 'Parameter/Formel/FFT', 'Darstellung', 'Modellbildung', 'Kommentar', and 'Allgemein'. The 'Darstellung' tab is active and contains the following controls:

- 'Darstellung auswählen:' dropdown menu set to 'Standard'. To its right are buttons for 'neue Darstellung' and 'Darstellung löschen'.
- 'x-Achse:' dropdown menu set to 't'.
- 'y-Achsen:' section with four dropdown menus: 'I<sub>A1</sub>', 'U<sub>B1</sub>', and 'aus'.
- Four columns of radio button options for axis scaling:
  - Column 1:  x,  x<sup>2</sup>,  1/x,  1/x<sup>2</sup>,  log x
  - Column 2:  y,  y<sup>2</sup>,  1/y,  1/y<sup>2</sup>,  log y
  - Column 3:  y,  y<sup>2</sup>,  1/y,  1/y<sup>2</sup>,  log y
  - Column 4:  y,  y<sup>2</sup>,  1/y,  1/y<sup>2</sup>,  log y
- Four checkboxes for chart types: 'Polar', 'Balken', 'Balken', and 'Balken'.

At the bottom of the dialog are four buttons: 'Schließen', 'Messparameter anzeigen', 'Beispiel laden', and 'Hilfe'.

# Cassy Lab, Einstellungen, Parameter/Formel/FFT

Einstellungen

CASSY Parameter/Formel/FFT Darstellung Modellbildung Kommentar Allgemein

Größe auswählen: Widerstand neue Größe Größe löschen

Eigenschaften

Konstante (manuelle Eingabe in der Anzeige oder hier) }  Ohm

Parameter (manuelle Eingabe in der Tabelle oder hier) }

Formel (time,date,n,t,U1,I1,&j1,IA2,UB2,cos&j2,f0,f,old)=  
 UB2/IA2

zeitliche Ableitung  zeitliches Integral  Fast Fourier Transformation } von  Ohm

Mittelwert über 10 s  Histogramm (Δ = 1)

Symbol: X\_C Einheit: Ohm von: 0 Ohm bis: 1000 Ohm Dezimalstellen: 1

Schließen Messparameter anzeigen Beispiel laden Hilfe

**Konstante oder Parameter oder Formel oder FFT:  
Definition einer neuen Größe**





# Sensor Cassy Dateien

```
100R_U_I_t.lab
CL4
180 0.1
Index
n
0 1001 500 0 0 0 0 1 0 0 0 0
Zeit
t
ms
0 0.01 0.005 0 5 0 1 1 0 0 0 0
Ereignis
f
Hz
0 50000 10000 0 0 0 0 1 1000 0 0 0
4 1
0 1 0 1
1 0 0 0 1 1 3 0 0 0 0 0 0 0 0 2500 0 0 0 0 44 44 297 140 0.5252525253 0 0
Strom
I_A1
A
-0.1 0.1 0.05 0 4 0 0 0 0 1 1 0
0 1 0 1
1 1 0 0 1 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 2500 0 0 0 0 416 392 297 140 0.5252525253 0 0
Spannung
U_B1
V
-10 10 5 0 2 0 0 0 0 1 1 0
5 0 0
1 2 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2500 0 0 0 0 88 88 297 140 0.5252525253 1 0
Relais
R_1
0 1 0.5 0 0 0 0 0 0 1 0 0
5 0 1
1 3 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2500 0 0 0 0 110 110 297 140 0.5326086957 1 0
Spannungsquelle
s_1
```

**Header: Informationen über Cassy-Einstellungen**



# Sensor Cassy Dateien

X 100R\_U\_I\_t.lab - XEmacs

File Edit View Cmds Tools Options



100R\_U\_I\_t.lab

```
0 1 0.5 0 0 0 0 0 0 1 0 0
5 0 1
1 3 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2500 0 0 0 0 110 110 297 140 0.5326086957 1 0
```

Spannungsquelle

S\_1

```
0 1 0.5 0 0 0 0 0 0 1 0 0
```

```
6 1001
```

1	0	0.0514	5.01	0	1
2	1E-5	0.0514	5.015	0	1
3	2E-5	0.0514	5.015	0	1
4	3E-5	0.0514	5.02	0	1
5	4E-5	0.0514	5.01	0	1
6	5E-5	0.05145	5.015	0	1
7	6E-5	0.0514	5.015	0	1
8	7E-5	0.05145	5.015	0	1
9	8E-5	0.0514	5.01	0	1
10	9E-5	0.05145	5.015	0	1
11	0.0001	0.05145	5.01	0	1
12	0.00011	0.05145	5.015	0	1
13	0.00012	0.0514	5.01	0	1
14	0.00013	0.0514	5.015	0	1
15	0.00014	0.0514	5.015	0	1
16	0.00015	0.0514	5.015	0	1
17	0.00016	0.0514	5.015	0	1
18	0.00017	0.05145	5.015	0	1
19	0.00018	0.0514	5.015	0	1
20	0.00019	0.05145	5.015	0	1
21	0.0002	0.0514	5.015	0	1
22	0.00021	0.05145	5.015	0	1
23	0.00022	0.0514	5.02	0	1
24	0.00023	0.05145	5.01	0	1
25	0.00024	0.0514	5.01	0	1
26	0.00025	0.05145	5.015	0	1
27	0.00026	0.0514	5.015	0	1
28	0.00027	0.0514	5.015	0	1
29	0.00028	0.05145	5.015	0	1
30	0.00029	0.05145	5.015	0	1

**Messwerttabelle:**

**Spalte 1: Messschritt**

**Spalte 2: Messzeit**

**Spalte 3: Eingang A**

**Spalte 4: Eingang B**

**Spalte 5: Zustand Relais**

**Spalte 6: Zustand Spannungsquelle**

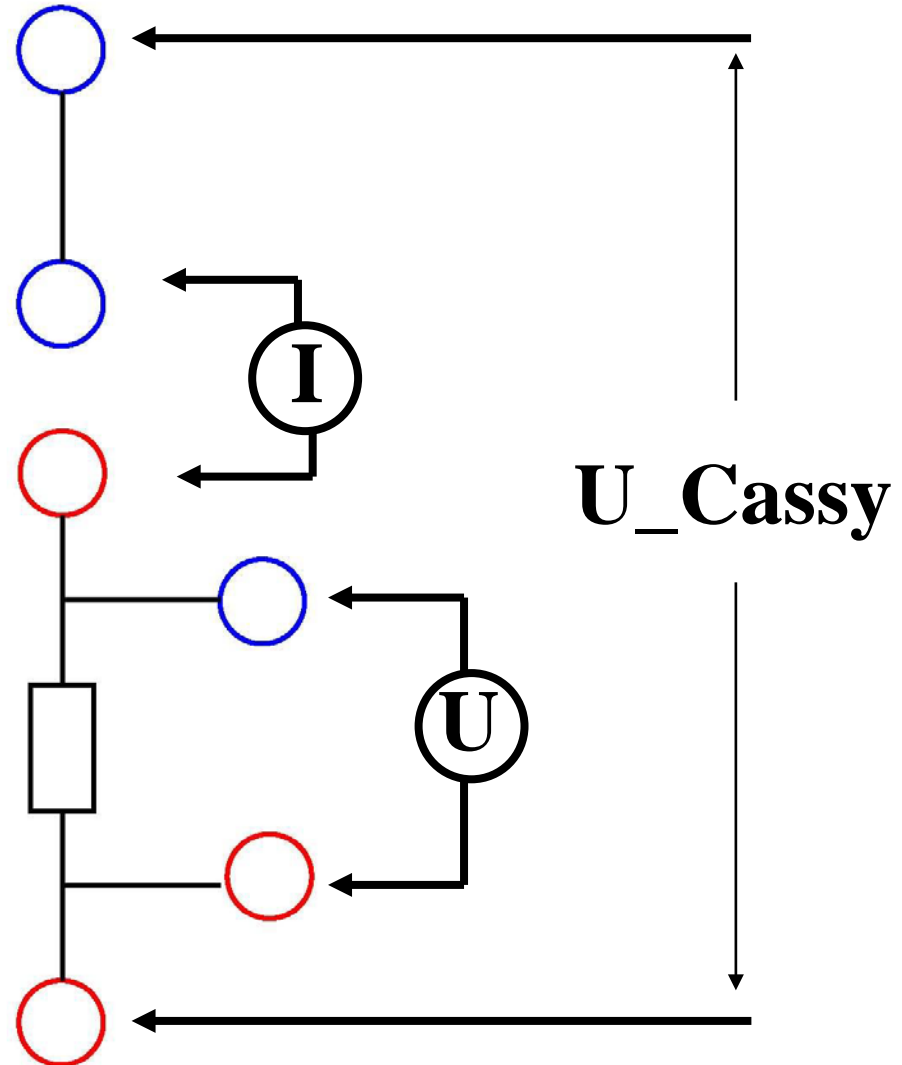
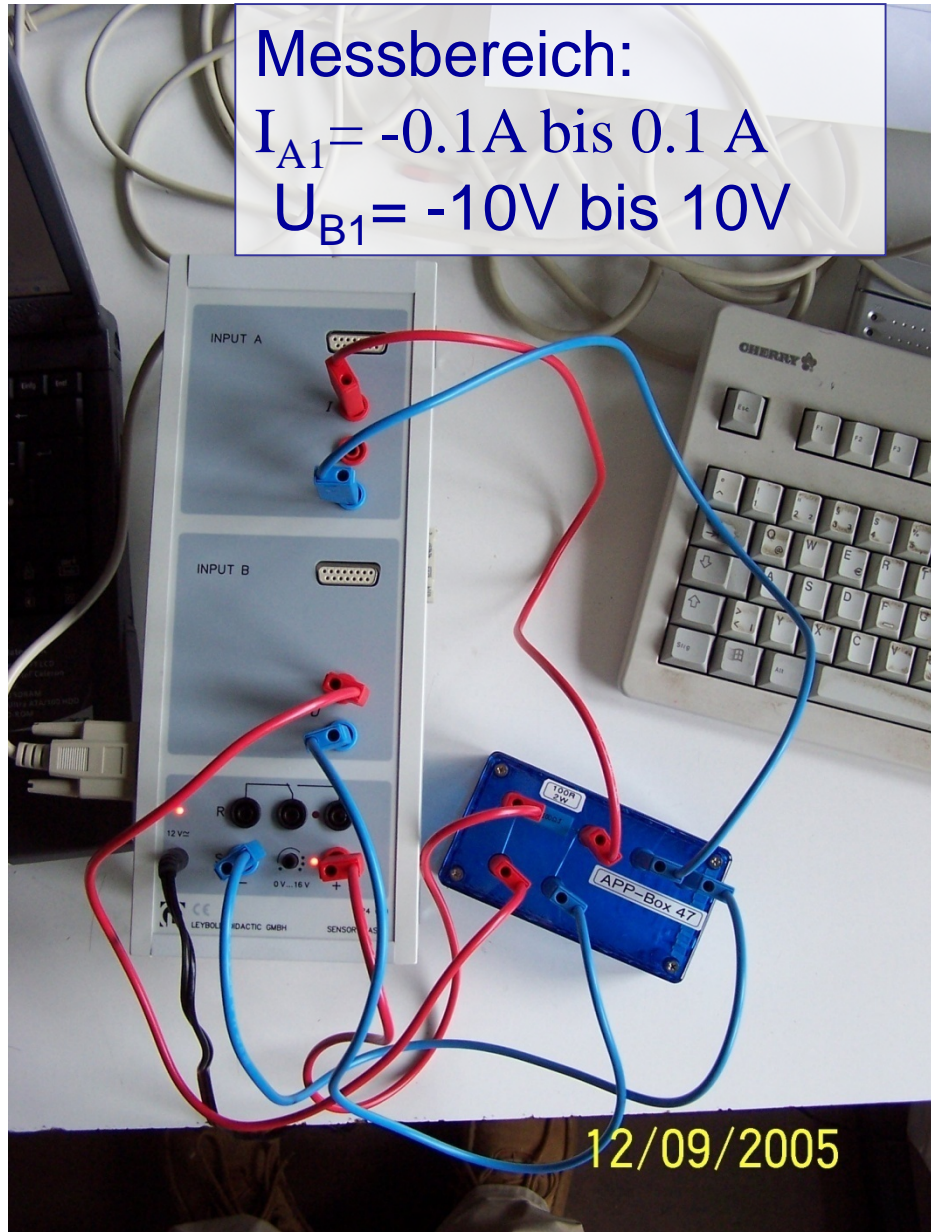
# Cassy Lab, 2. Übung



Messbereich:

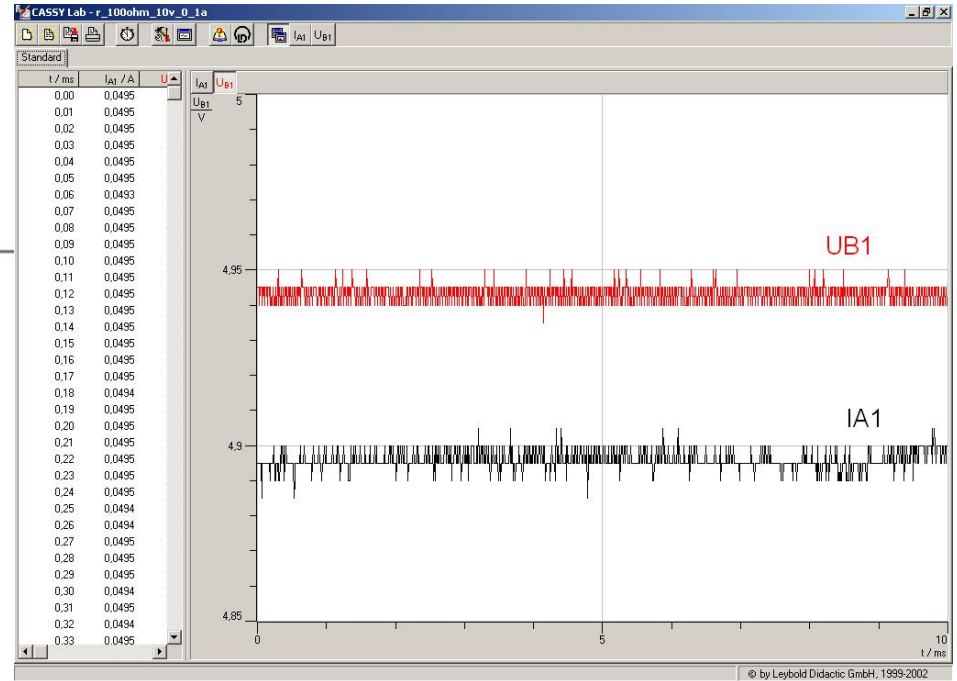
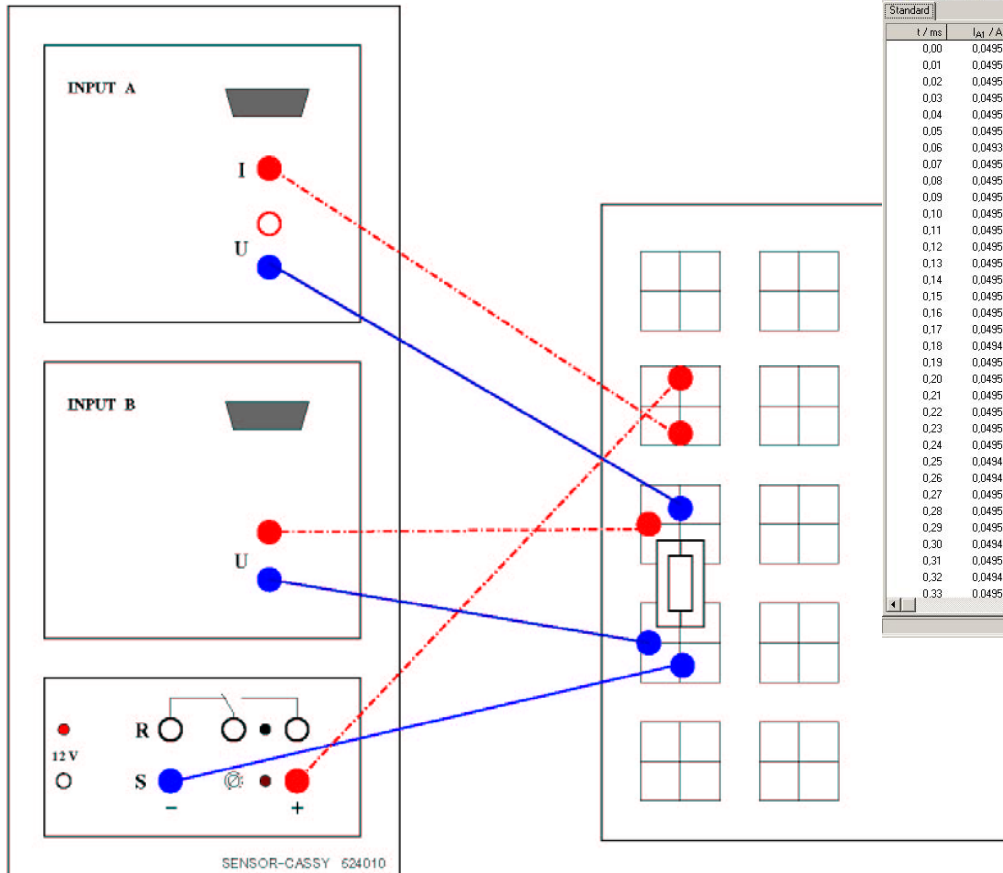
$I_{A1} = -0.1\text{A bis } 0.1\text{ A}$

$U_{B1} = -10\text{V bis } 10\text{V}$



# Sensor Cassy Interface

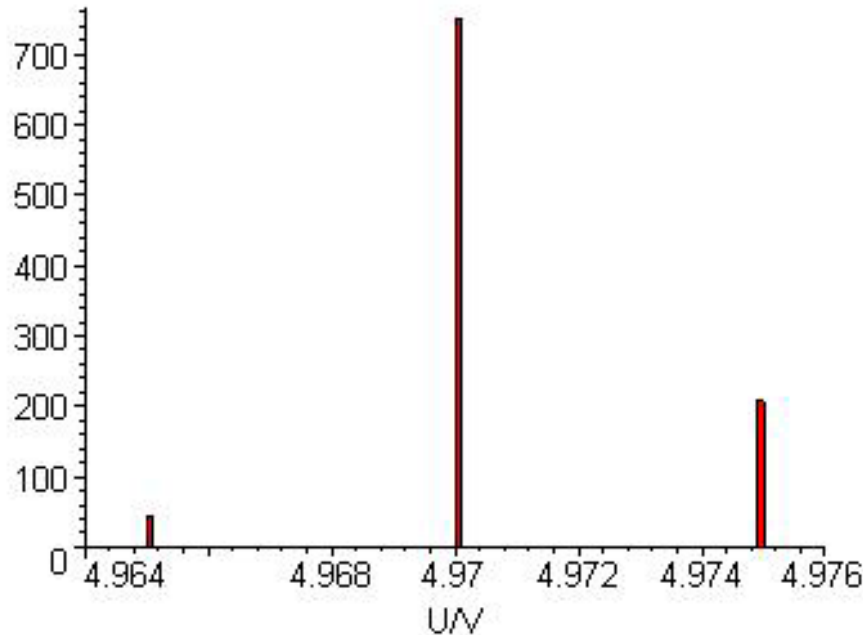
## Messungenauigkeiten



Messaufbau:  $R=100\Omega$   
 Angelegte Spannung:  
 $U=5V$   
 Im Kreis fließender Strom:  
 $I=0,05A$

# Sensor-Cassy Interface

## statistische Messungenauigkeit?



Messbereich:  $\pm 10 \text{ V}$

$$\langle \mathbf{x} \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i = 4.971 \text{ V}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \langle \mathbf{x} \rangle)^2}{n-1}} = 2.4 \text{ mV}$$

= (MU Einzelmessung)

$$\sigma_{\langle \mathbf{x} \rangle} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,07 \text{ mV}$$

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096 ,

d.h. kleinste Skaleneinheit in dem Messbereich:  $U_{\text{min}} = 5 \text{ mV}$

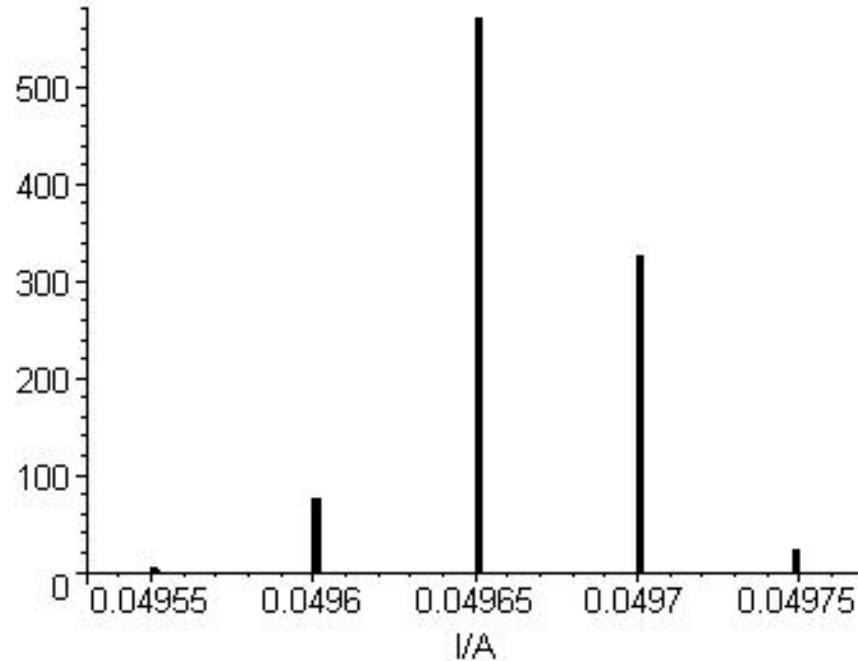
Annahme der Gleichverteilung:  $U_{\text{min}}/\sqrt{12}$

→ „Fehler“ = 1.4 mV  $\neq$  gesamte stat. MU

**MU durch Messung bestimmen!**

# Sensor-Cassy Interface

## statistische Messungenauigkeit?



Messbereich:  $\pm 0,1\text{A}$

$$\langle x \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = 49,66 \text{ mA}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}{n-1}} = 0,03 \text{ mA}$$

= (MU Einzelmessung)

$$\sigma_{\langle x \rangle} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,0009 \text{ mA}$$

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096 ,

d.h. kleinste Skaleneinheit in dem Messbereich:  $I_{\text{min}} = 0,05 \text{ mA}$

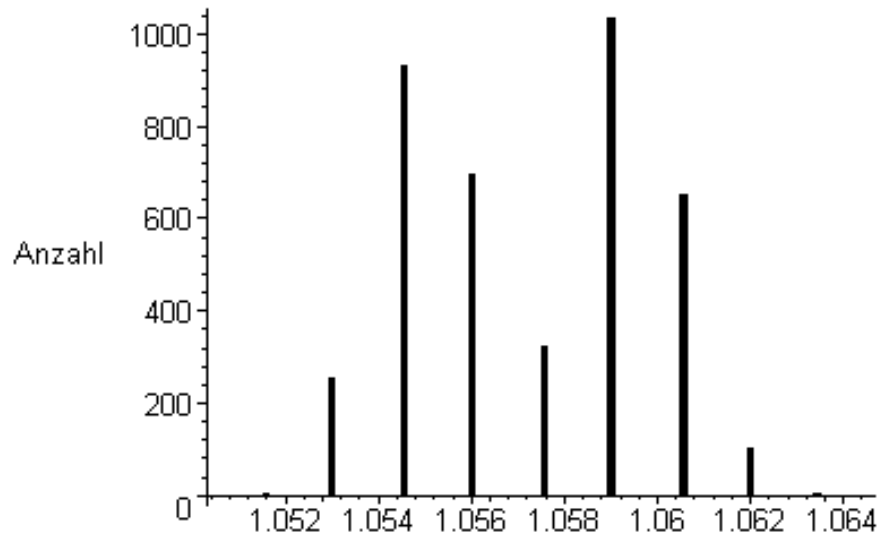
Annahme der Gleichverteilung:  $I_{\text{min}}/\sqrt{12}$

→ „Fehler“ = 0,014 mA  $\neq$  gesamte stat. MU

**MU durch Messung bestimmen!**

# Sensor-Cassy Interface

## stat. & system. Messungenauigkeit (4SC)



Messbereich:  $\pm 3$  V

Mean =  $(1.0572 \pm 0.00004)$  V

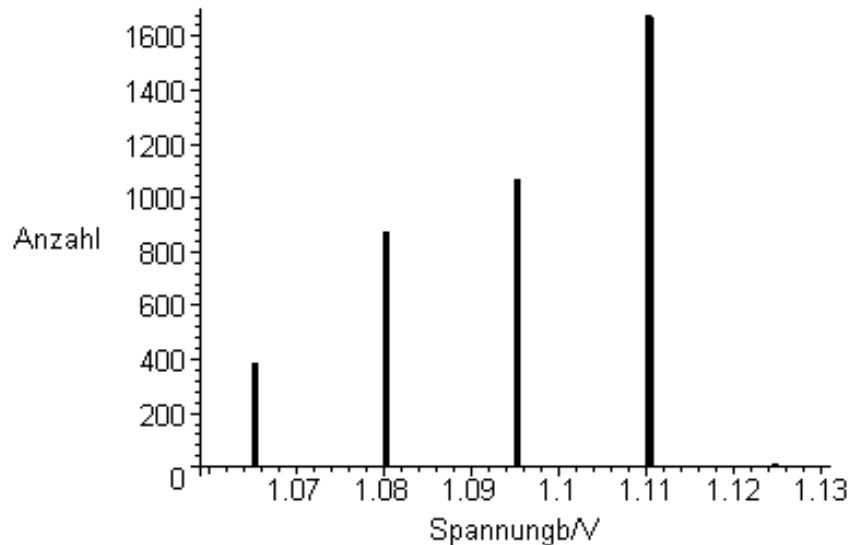
RMS = 2,5 mV

→ relativer Fehler: 2,4‰

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096

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

→ „Fehler“ = 0,4 mV



Messbereich:  $\pm 30$  V

Mean =  $(1.095 \pm 0.0000003)$  V

RMS = 15.2 mV

→ relativer Fehler: 1.4 ‰

Digitale Auflösung: 12 bit = 4096

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

→ „Fehler“ = 4.3 mV

**MU durch Messung bestimmen!**

# Sensor-Cassy Interface

## stat. & system. Messungenauigkeiten

Quellen für Messungenauigkeiten:

- Ableseunsicherheit, kleinste Skaleneinheit (Digitalisierung)
- Elektronisches Rauschen (weißes Rauschen → Gauß´förmig)
- Systematische Messunsicherheiten:  
 $a \cdot X_i + b \cdot X_{BE}$

$X_i$ : momentan eingestellter Wert;  $X_{BE}$ : Messbereichs-Endwert

Spannungsmessung:  $a = 1\%$ ,  $b = 0,5\%$ , Strommessung:  $a = 2\%$ ,  $b = 0,5\%$

Beispiel: eingestellte Spannung 2V, Messbereich  $\pm 100V$

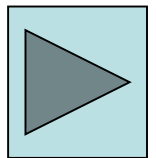
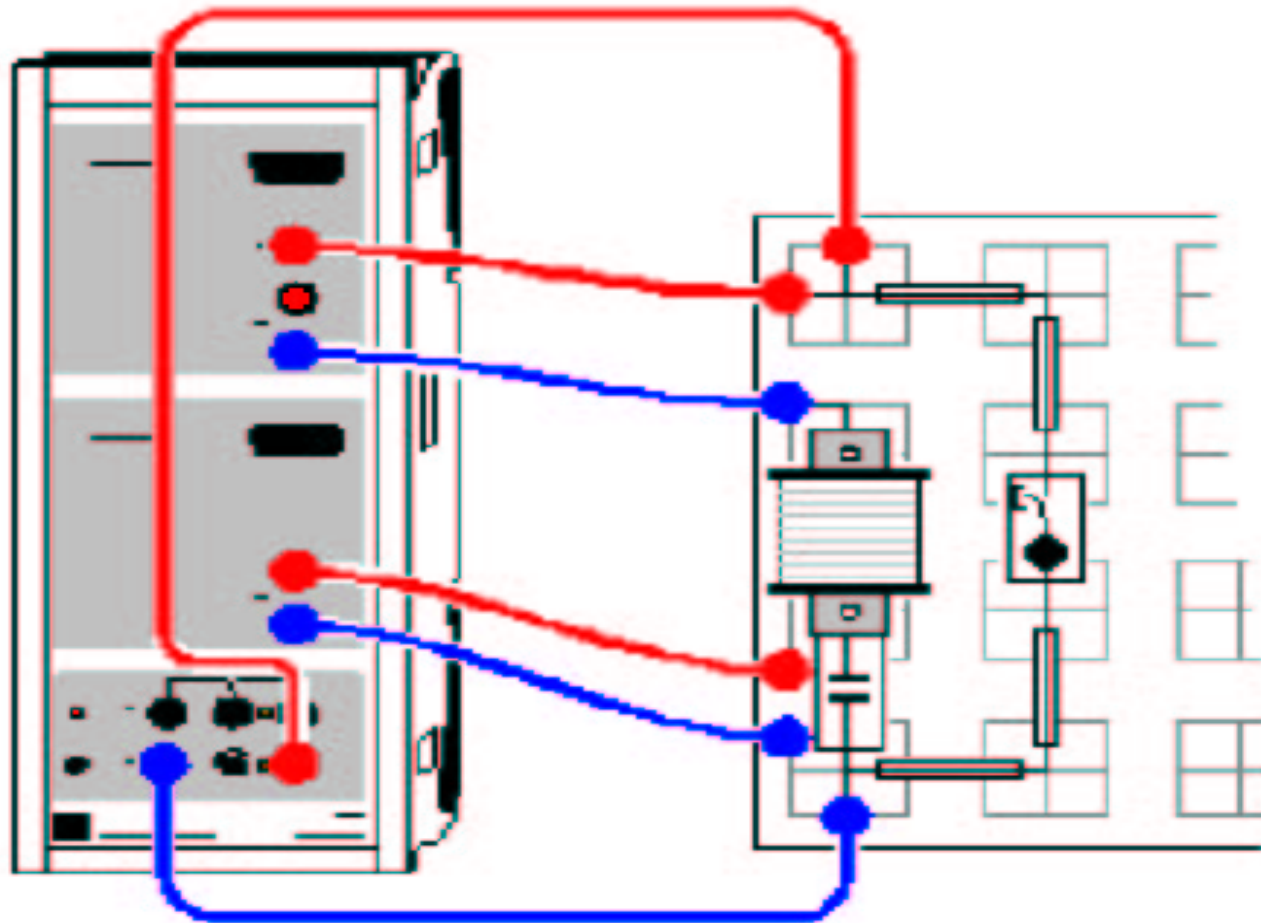
$$U_{sys} : (0,01 \cdot 2 + 0,005 \cdot 100) V = 0,52 V$$

Annahme einer Gleichverteilung:  $\sigma_{U_{sys}} = U_{sys} / \sqrt{3} = 0,3 V$

Relativer Fehler:  $\sigma_{U_{sys}} / U_i = 15 \% !$

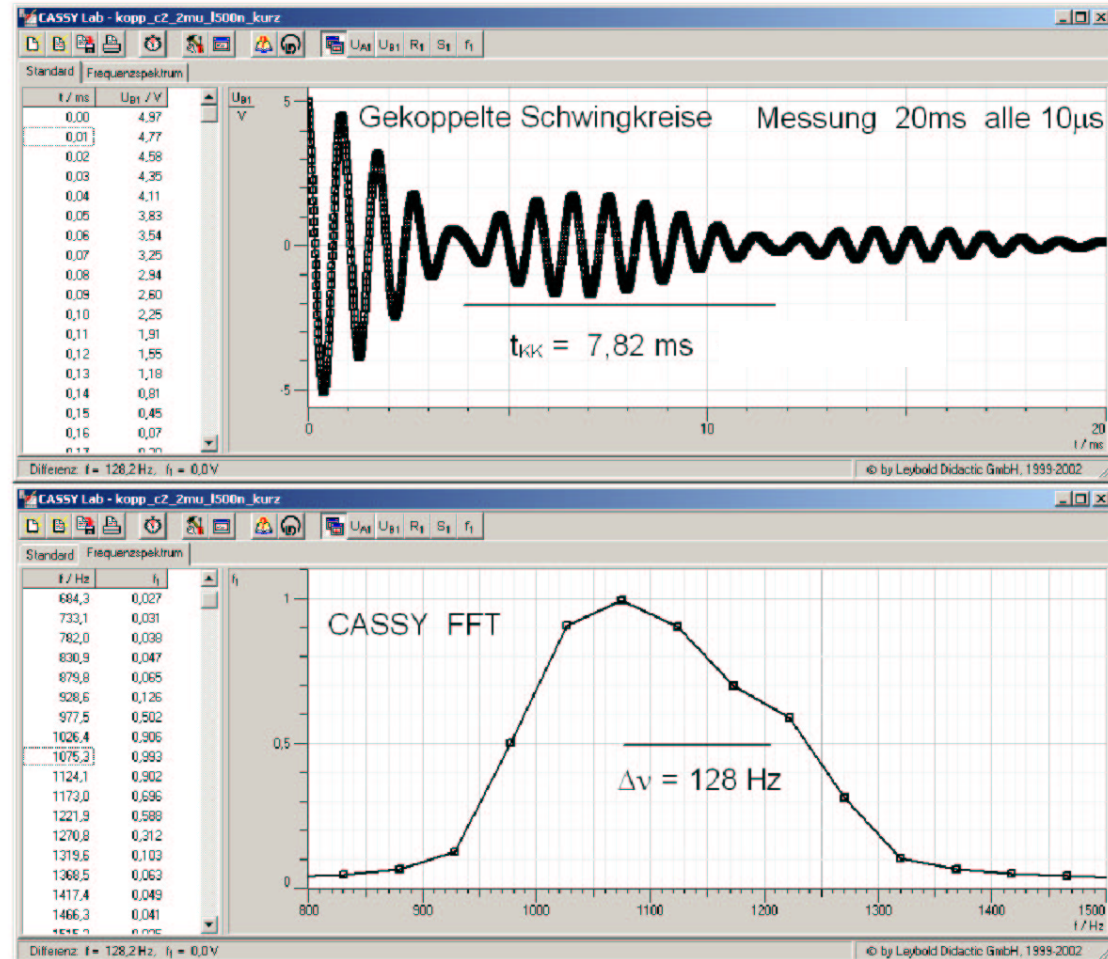
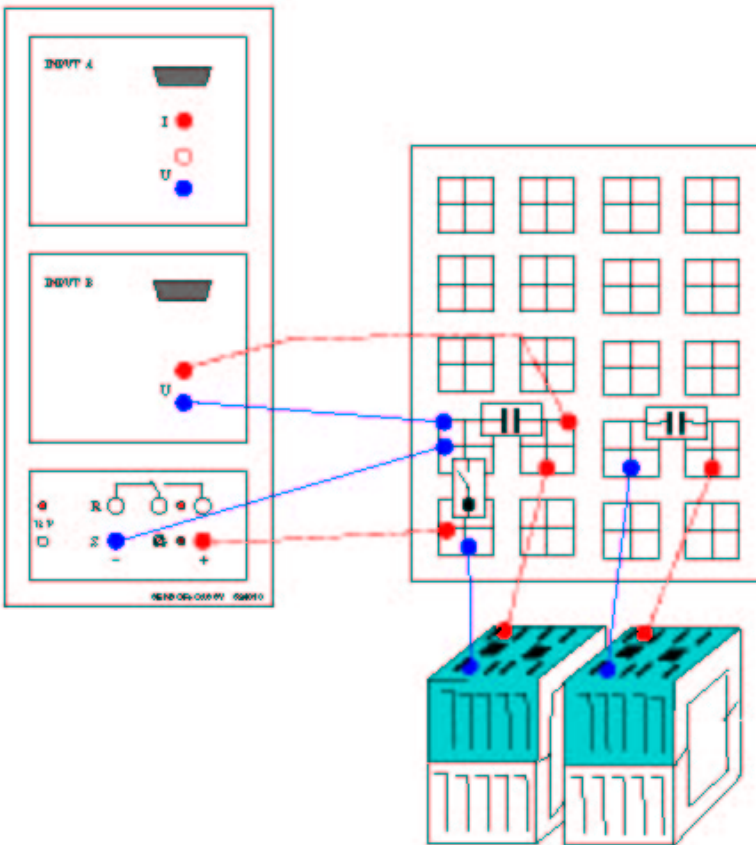
**Sinnvoller Messbereich vorher überlegen und MU durch Messung bestimmen!**

# Gedämpfter Schwingkreis

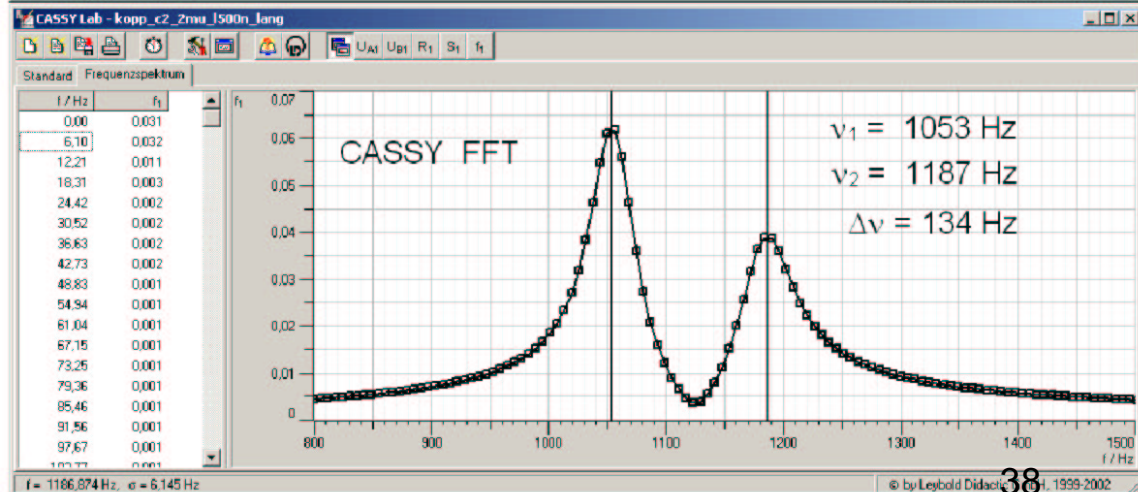
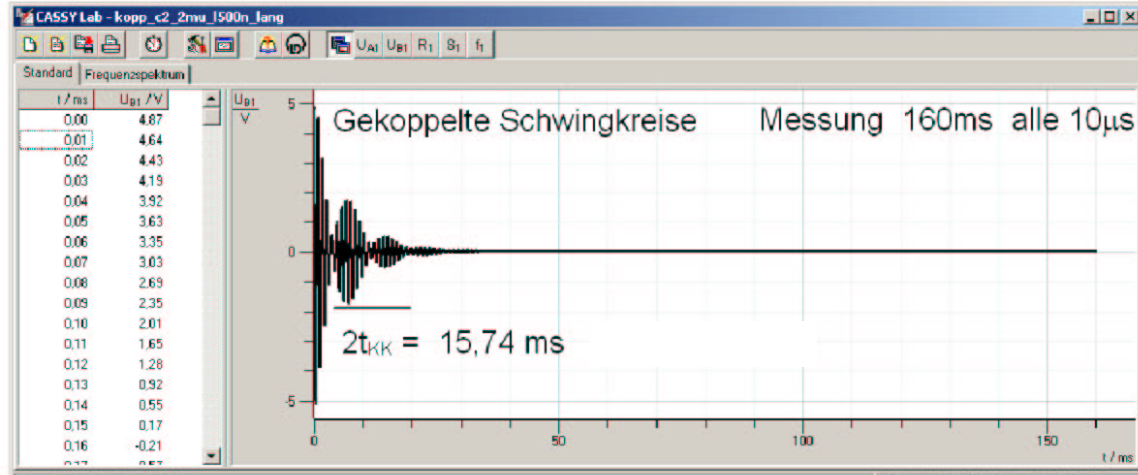
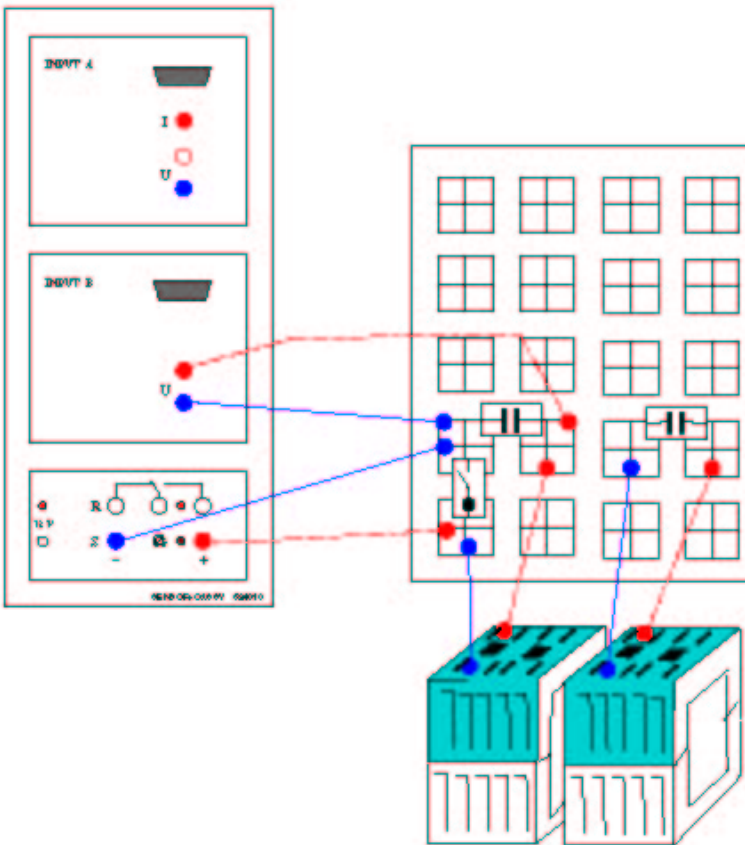




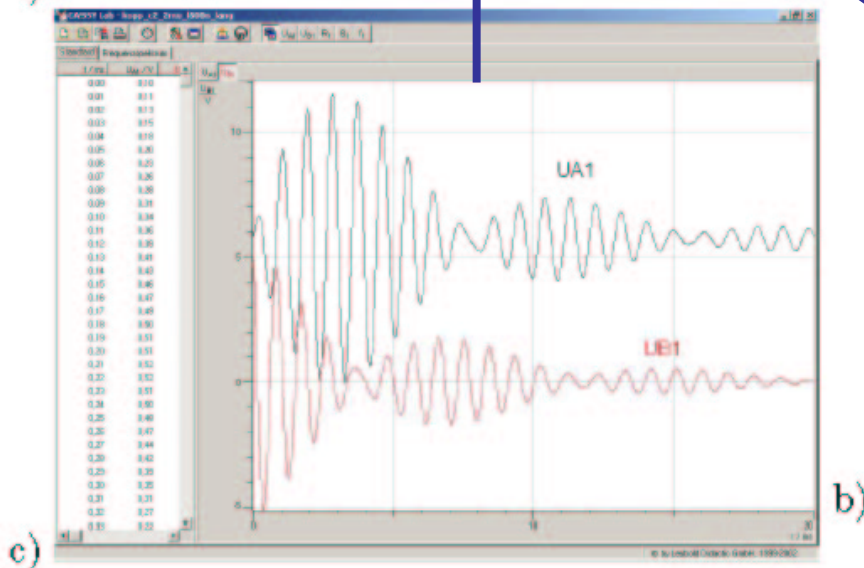
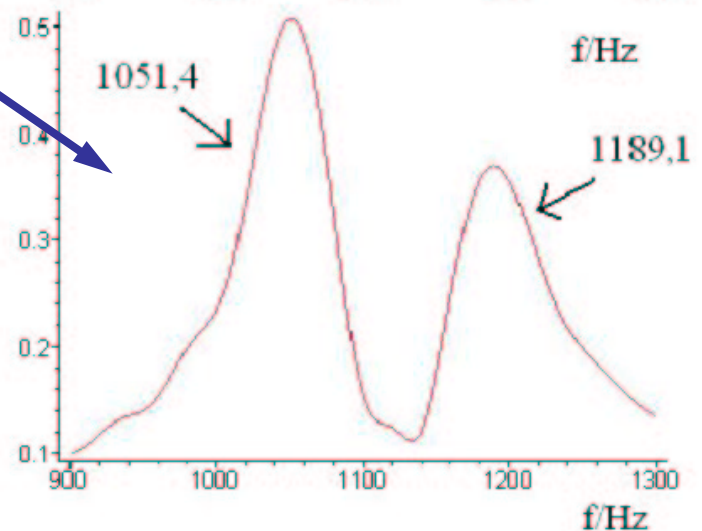
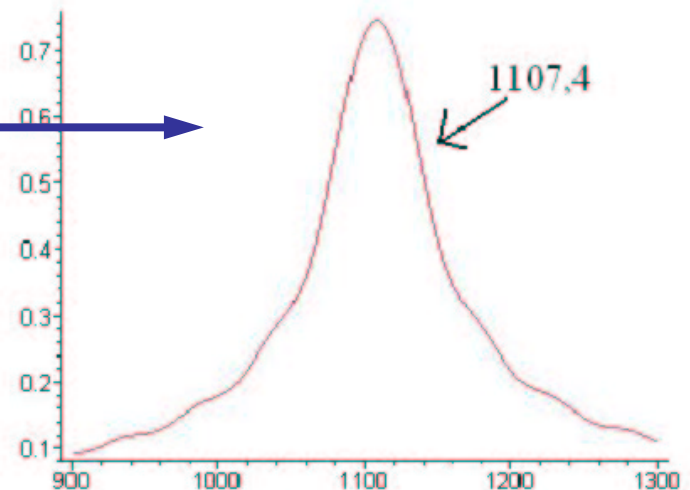
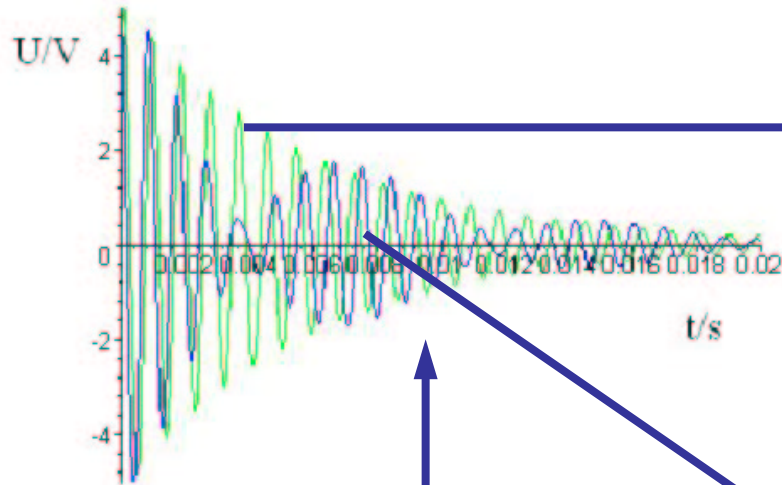
# Gekoppelte Schwingungen oder das Ende der CASSY FFT



# Gekoppelte Schwingungen oder das Ende der CASSY FFT



# Gekoppelte Schwingungen oder das Ende der CASSY FFT



b)

c)

# Zusammenfassung Sensor Cassy



- Spannungsmessung ✓
- Strommessung ✓
- Datenaufnahme ✓
- Datenanalyse ✓

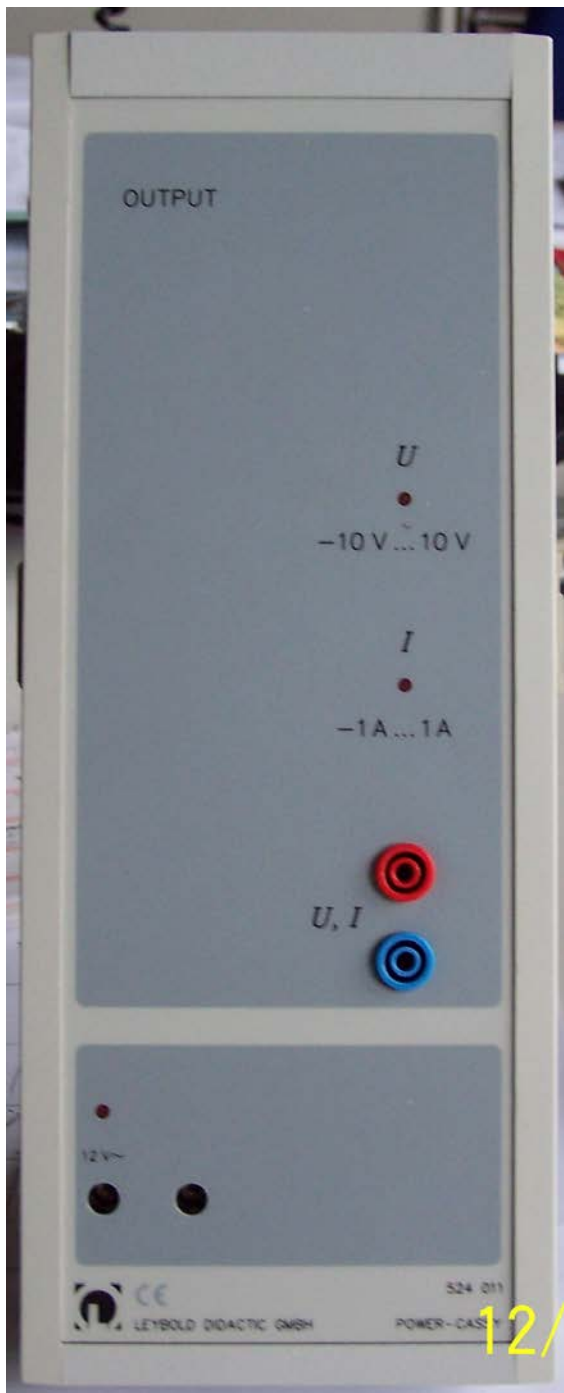
# Power Cassy

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

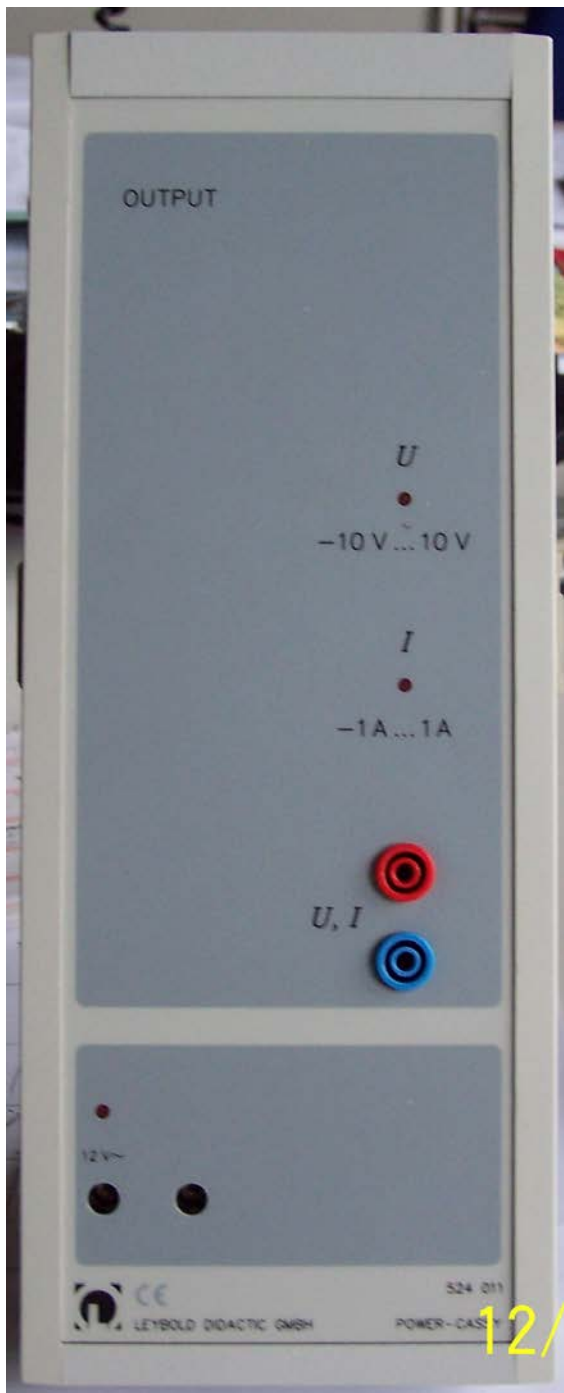




# Power Cassy

Programmierbare Stromquelle mit gleichzeitiger Spannungsmessung:

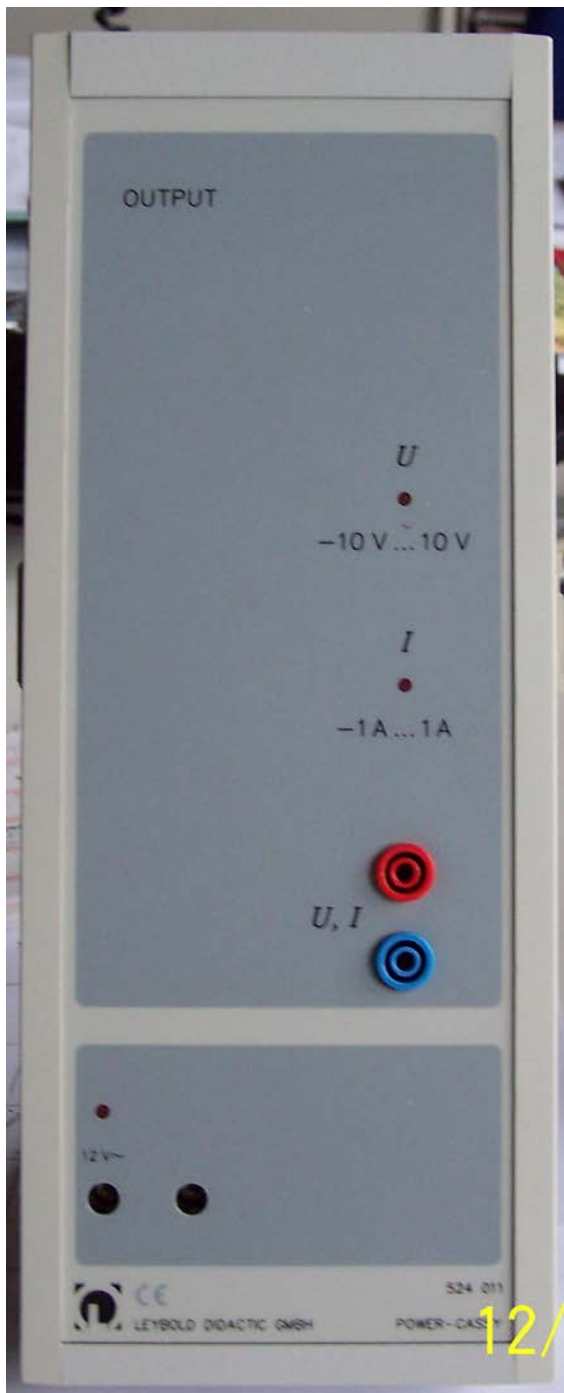
- Auflösung: 12 Bit
- Aussteuerbereich:  $\pm 1 \text{ A}$
- Messbereiche:  $\pm 1/3/10 \text{ V}$
- Abtastrate: max. 200.000 Werte/s  
(=100.000 Werte/s Spannung und Strom)



# Power Cassy

Programmierbare Spannungsquelle mit gleichzeitiger Strommessung:

- Auflösung: 12 Bit
- Aussteuerbereich:  $\pm 10 \text{ V}$
- Messbereiche:  $\pm 0,1/0,3/1 \text{ A}$
- Abtastrate: max. 200.000 Werte/s  
(=100.000 Werte/s Spannung und Strom)



# Power Cassy vs Sensor Cassy

## 3. Übung

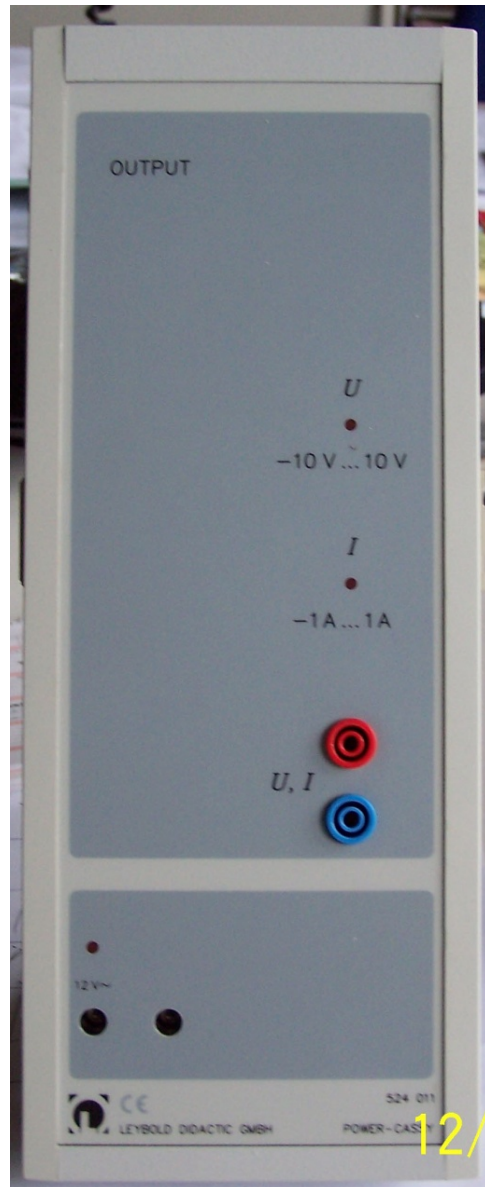
Power Cassy:

Sinusspannung mit

$f = ?$  Hz

Sensor Cassy:

Welche  $f$  (FFT) ?



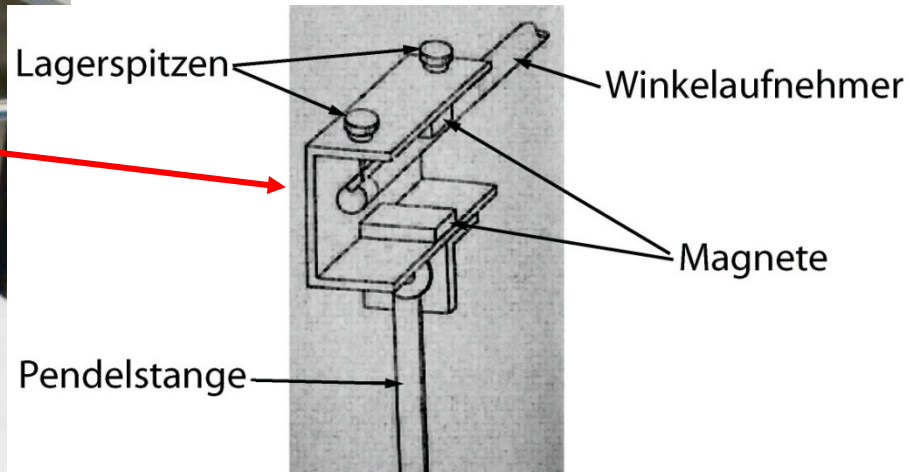
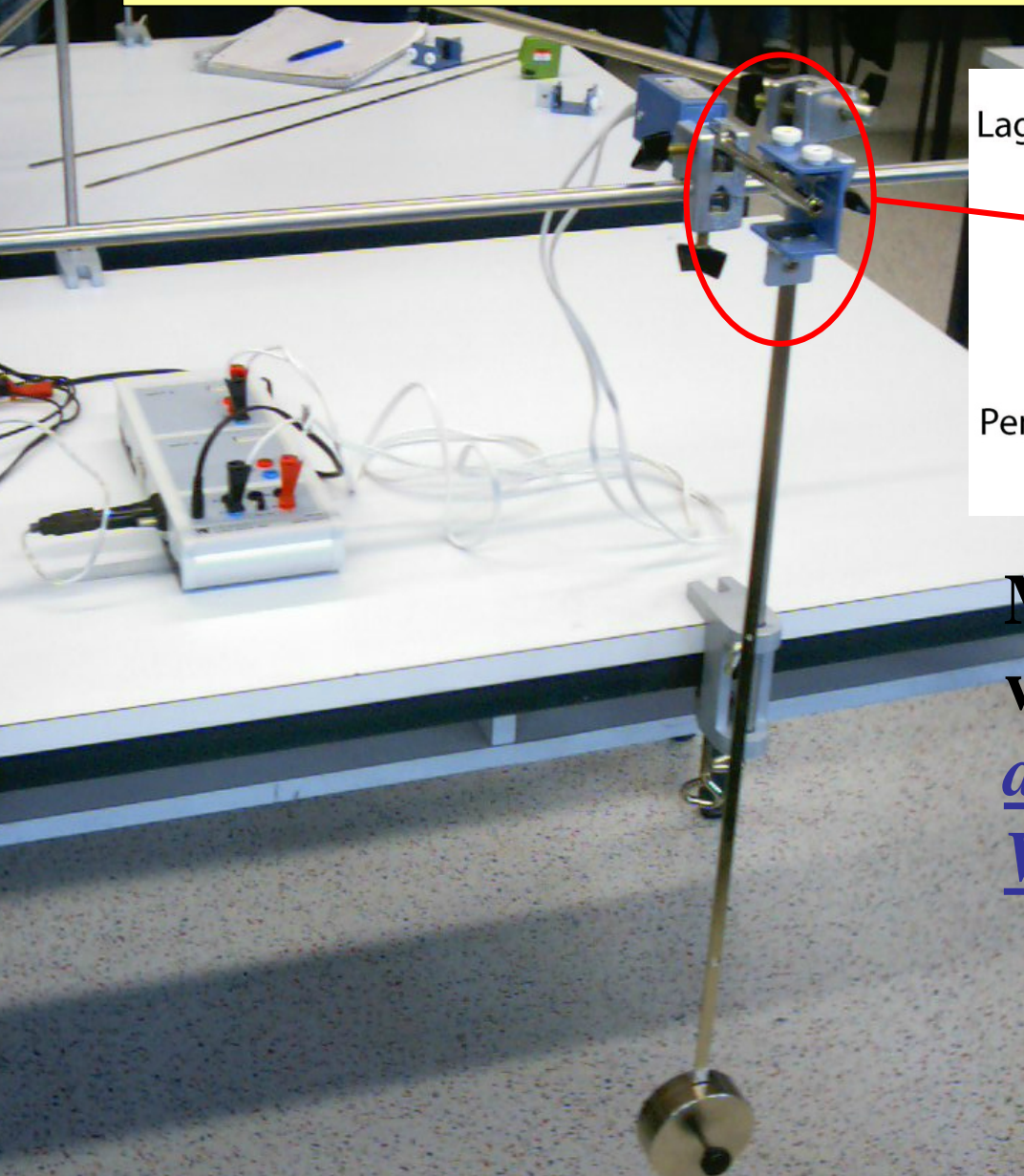
12/



44



# Versuch 1.1 Pendel



**Mit Sensor Cassy können wir Spannungen messen, aber wie messen wir einen Winkel?**

# Halleffekt

Stromfluß  $I$  durch dünnen Leiter der Dicke  $d$  und Breite  $b$ , Elektronen bewegen sich mit  $v$  durch Magnetfeld  $\vec{v} \perp \vec{B} \rightarrow \vec{F}_B = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

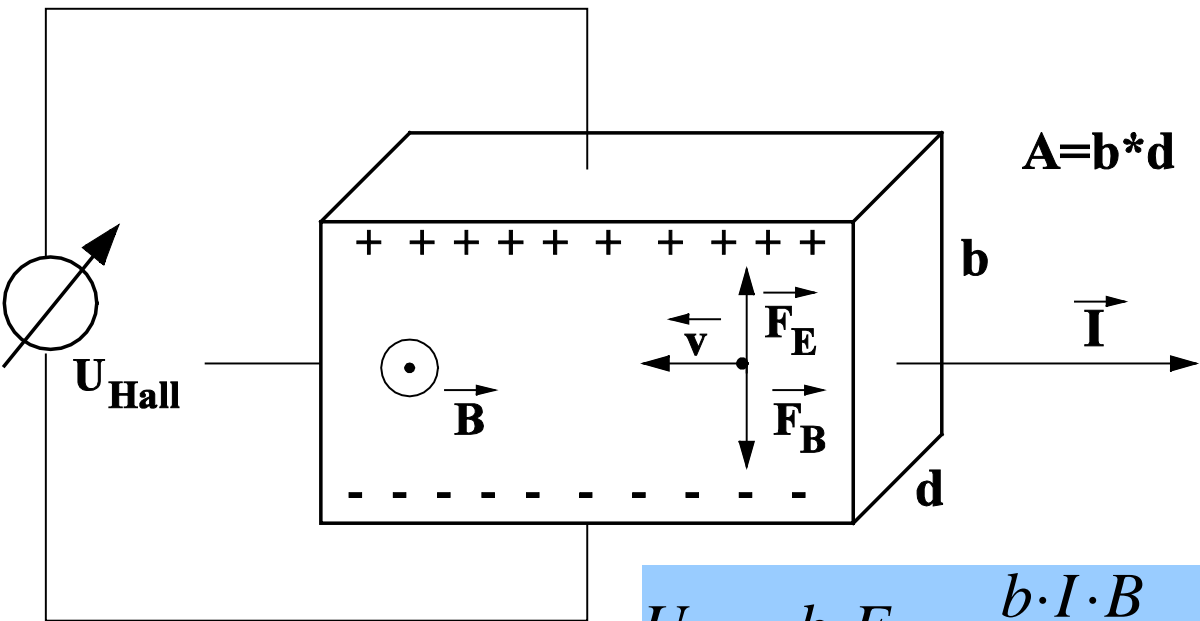
$\rightarrow$  Ladungstrennung  $\rightarrow$  E-Feld:  $\vec{E} \perp \vec{I}$  und  $\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$

$$\vec{F}_E = -\vec{F}_B \rightarrow \vec{E}_H = \vec{v} \times \vec{B}$$

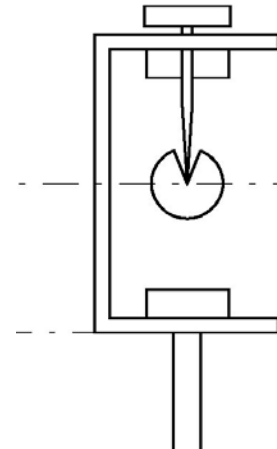
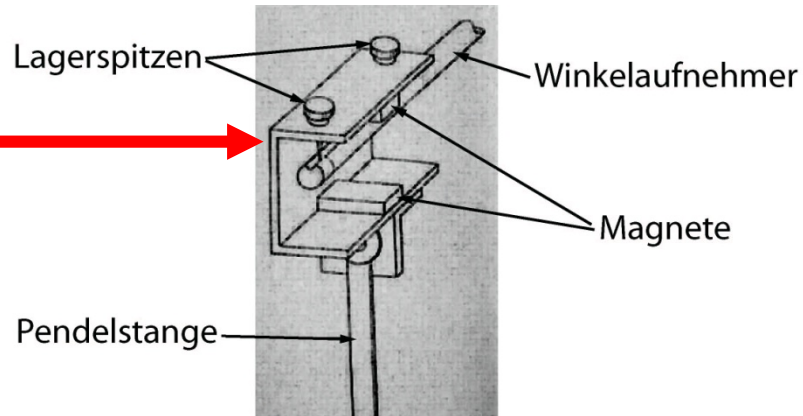
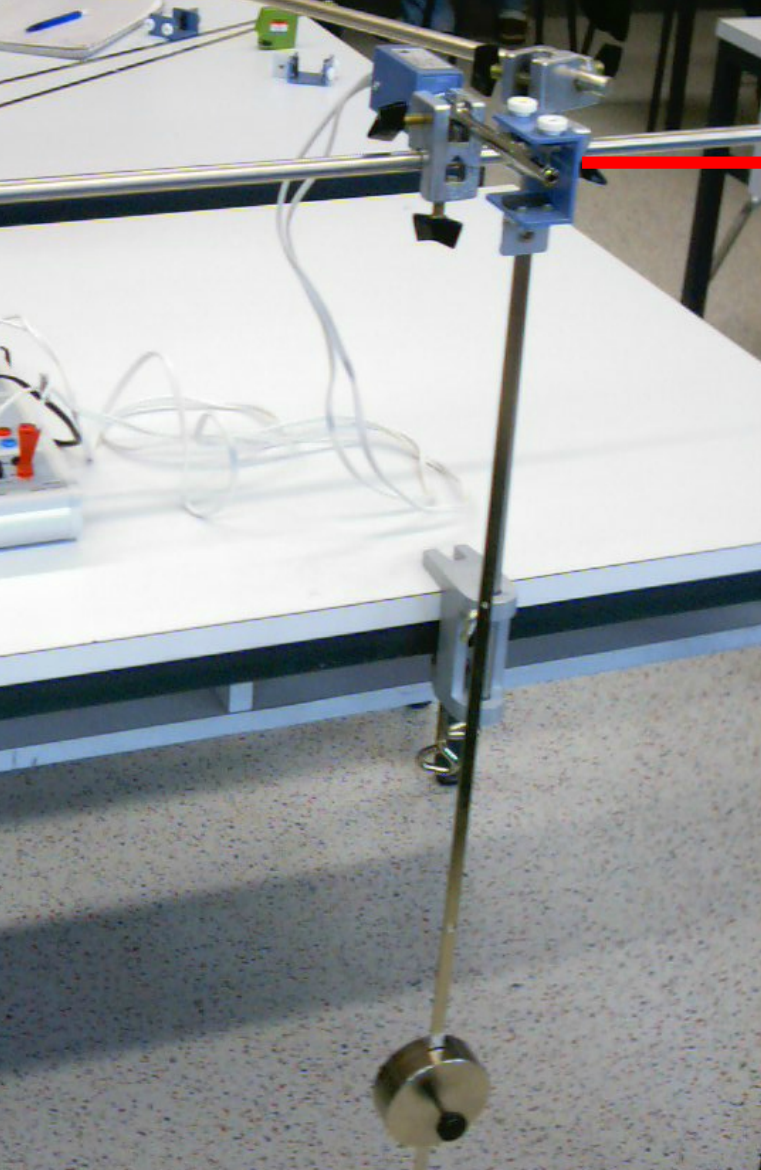
allgemein:  $\vec{I} = q \cdot n \cdot A \cdot \vec{v}$

$$\vec{I} \perp \vec{B} \rightarrow E_H = \frac{1}{n \cdot q \cdot A} I \cdot B$$

$$U_H = b \cdot E_H = \frac{b \cdot I \cdot B}{n \cdot q \cdot A} = \frac{1}{n \cdot q} \cdot \frac{B}{d} \cdot I \rightarrow R_H = \frac{1}{n \cdot q} \cdot \frac{B}{d}$$



# Spannungsmessung mit Hallsonde



Orientierung der Sonde  $\rightarrow$  Empfindlich

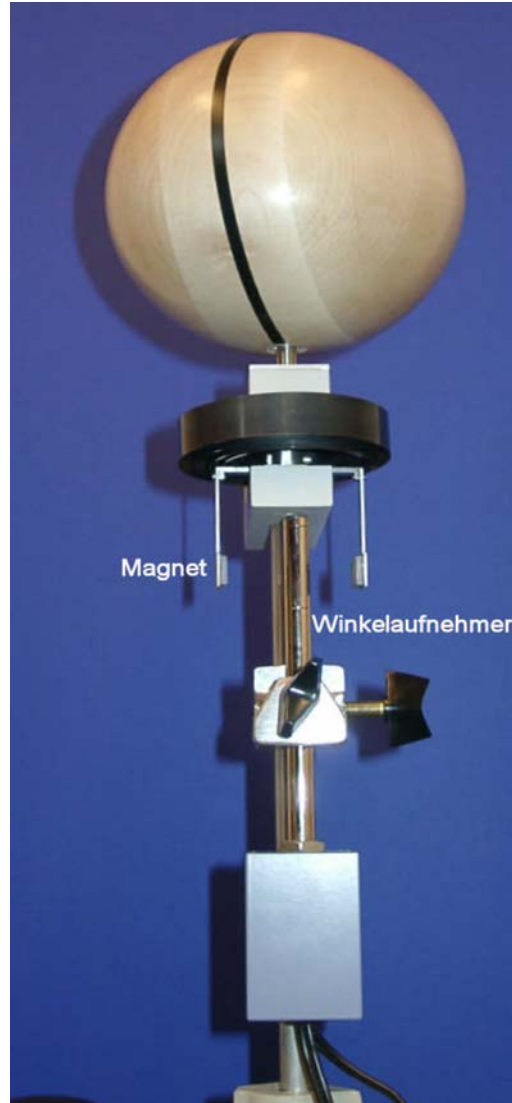
auf horizontale B-Komponente  $B_h$

Ruhezustand  $\rightarrow B_h = 0 \rightarrow U = 0$

Auslenkung um Winkel  $\rightarrow B_h = B \cdot \sin \delta$

$\rightarrow U \approx B_h \approx \delta$  Linearität:  $\delta = \pm 14^\circ$

# Spannungsmessung mit Hallsonde





# Thermospannungen - Thermistor



Thermistor: NTC

Temperaturbereich:

$-20\text{ °C} \dots +120\text{ °C}$

Messunsicherheit:

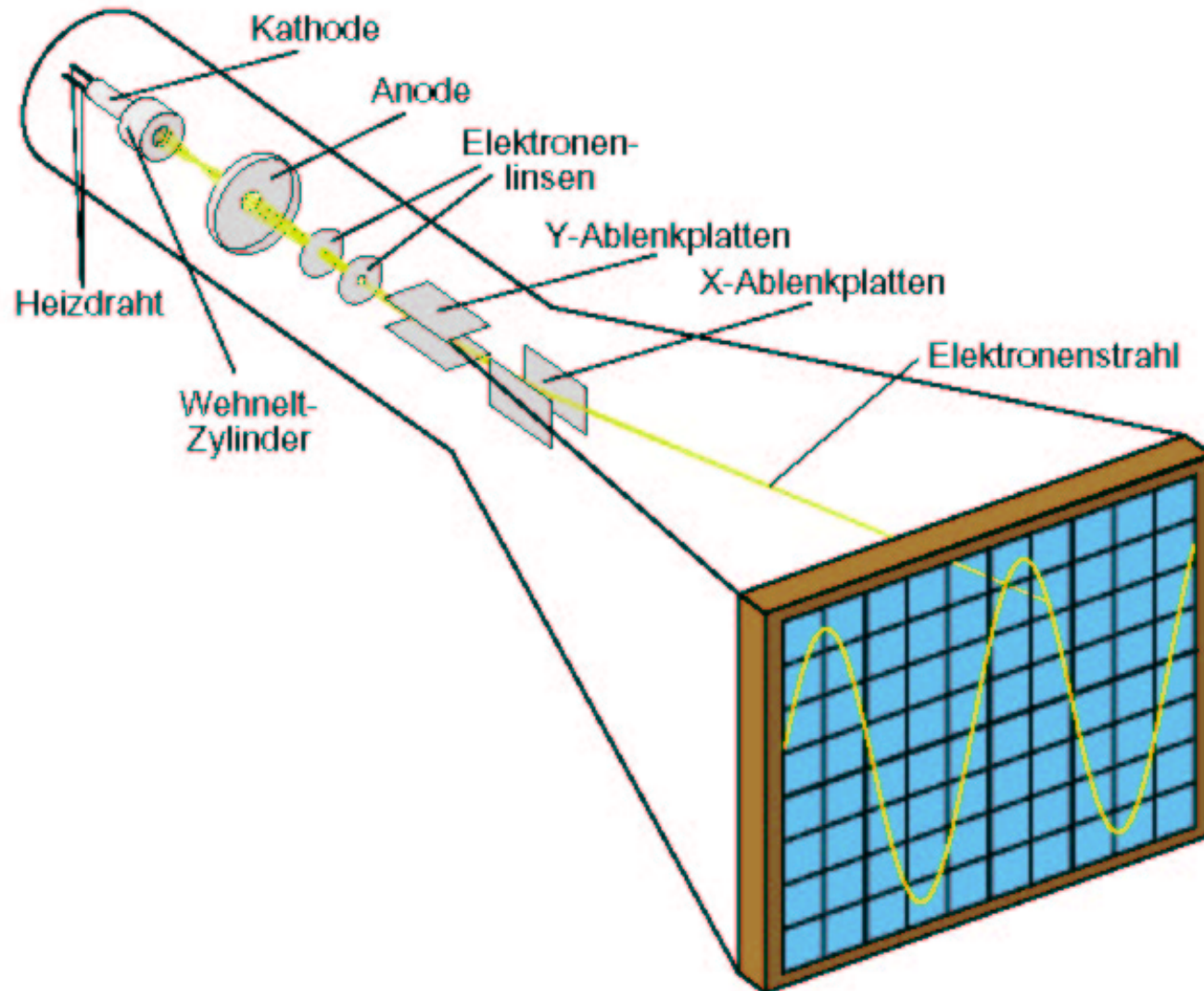
$-20\text{ °C} < T < +70\text{ °C}$ :  $0,2\text{ °C}$

$70\text{ °C} < T < 120\text{ °C}$ :  $0,4\text{ °C}$

Ansprechzeit:

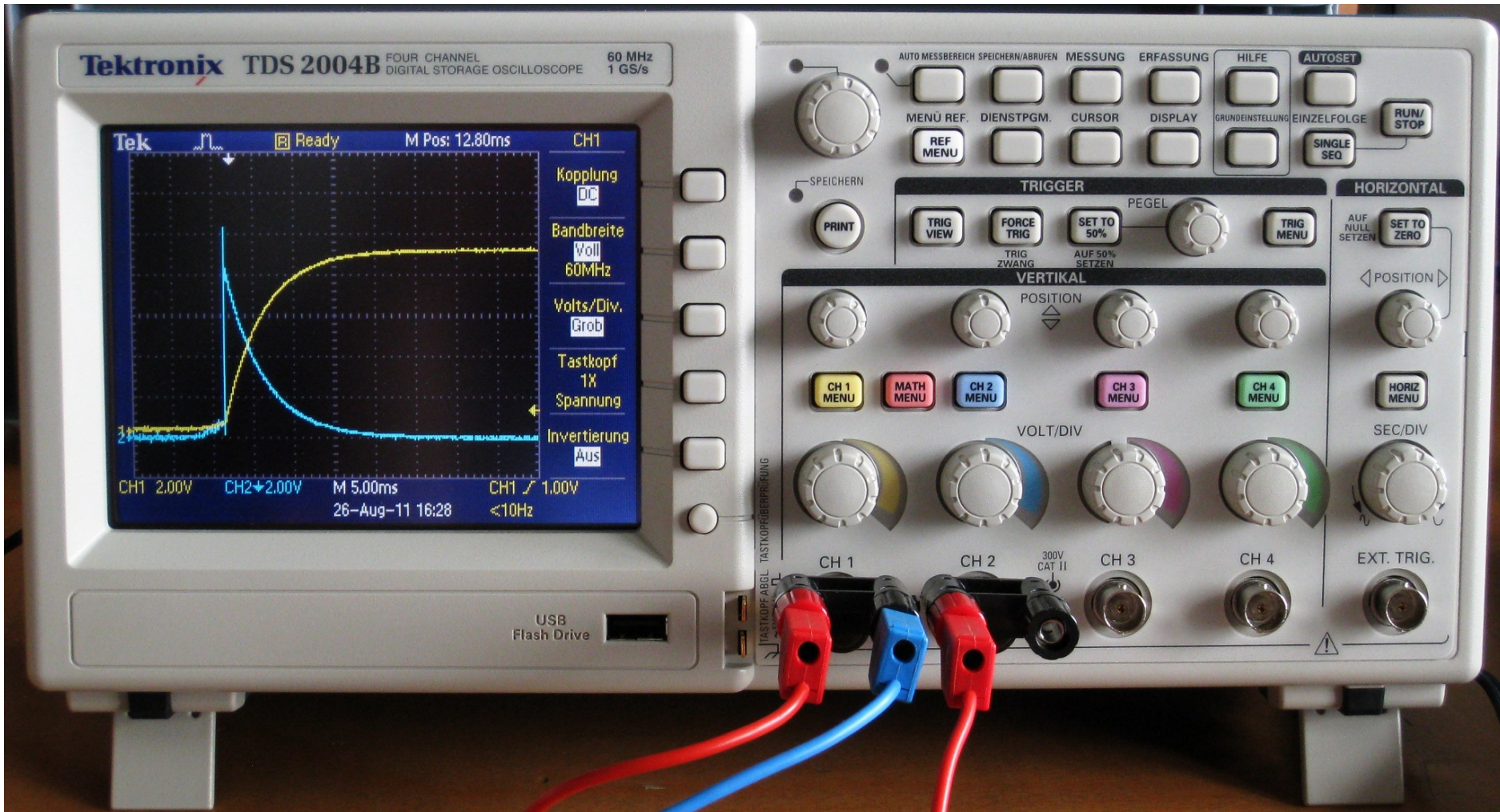
$>7\text{ s}$  in Flüssigkeiten

# Oszilloskop (Braunsche Röhre)



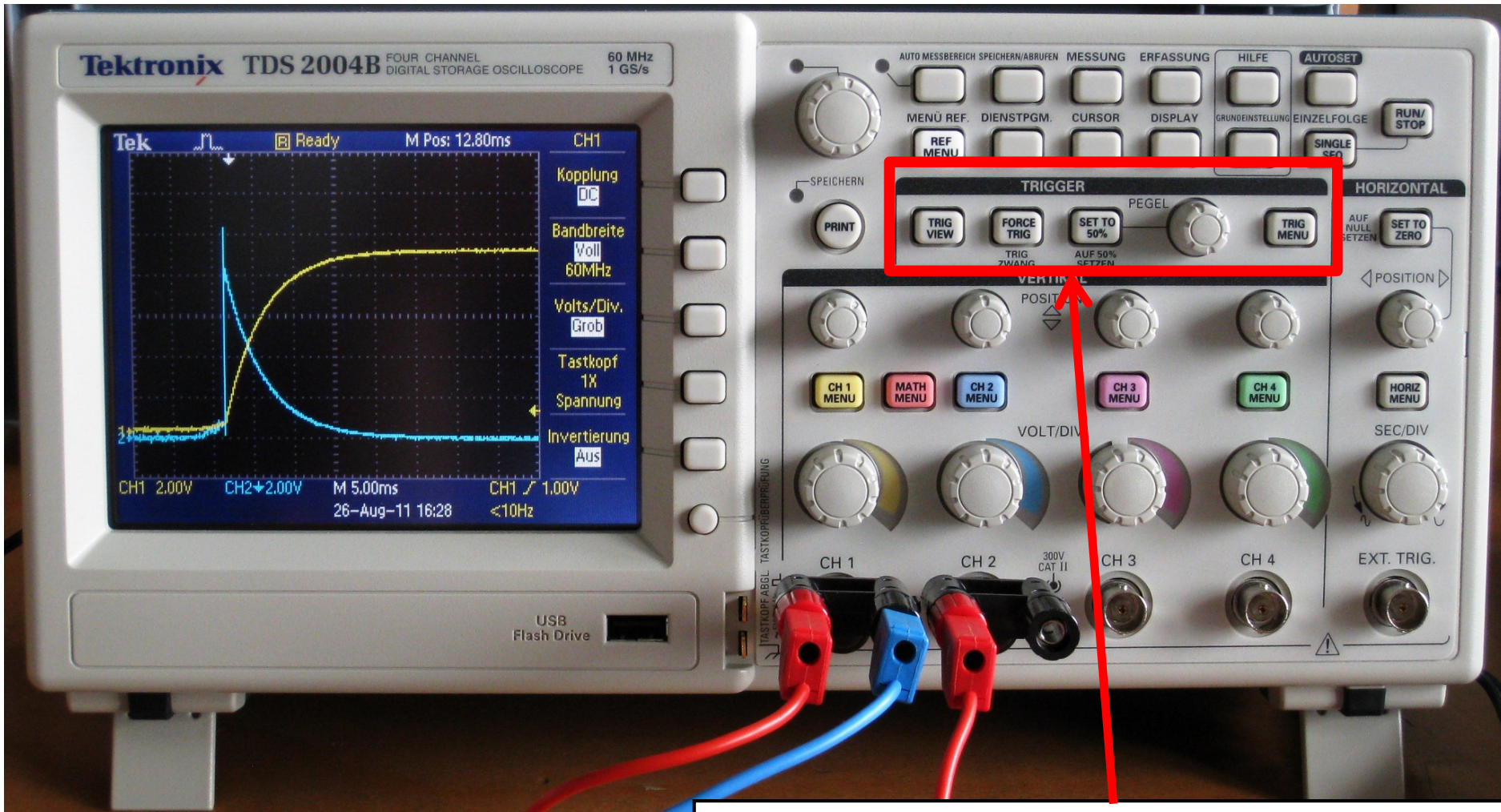


# Digital Oszilloskop





# Digital Oszilloskop



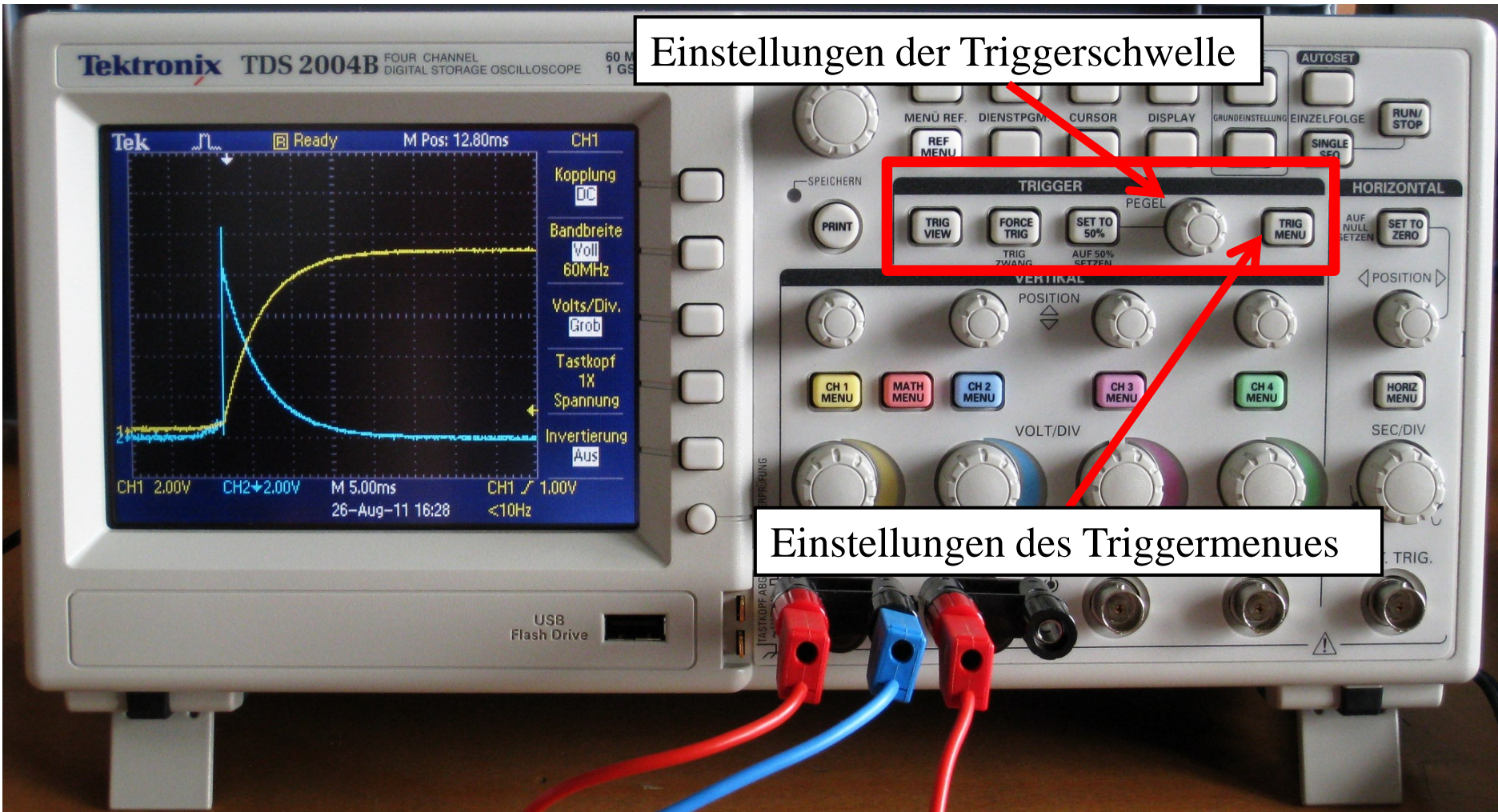
Einstellungen des Triggers, der steuert, wann ein Signal auf Display angezeigt werden soll



# Digital Oszilloskop

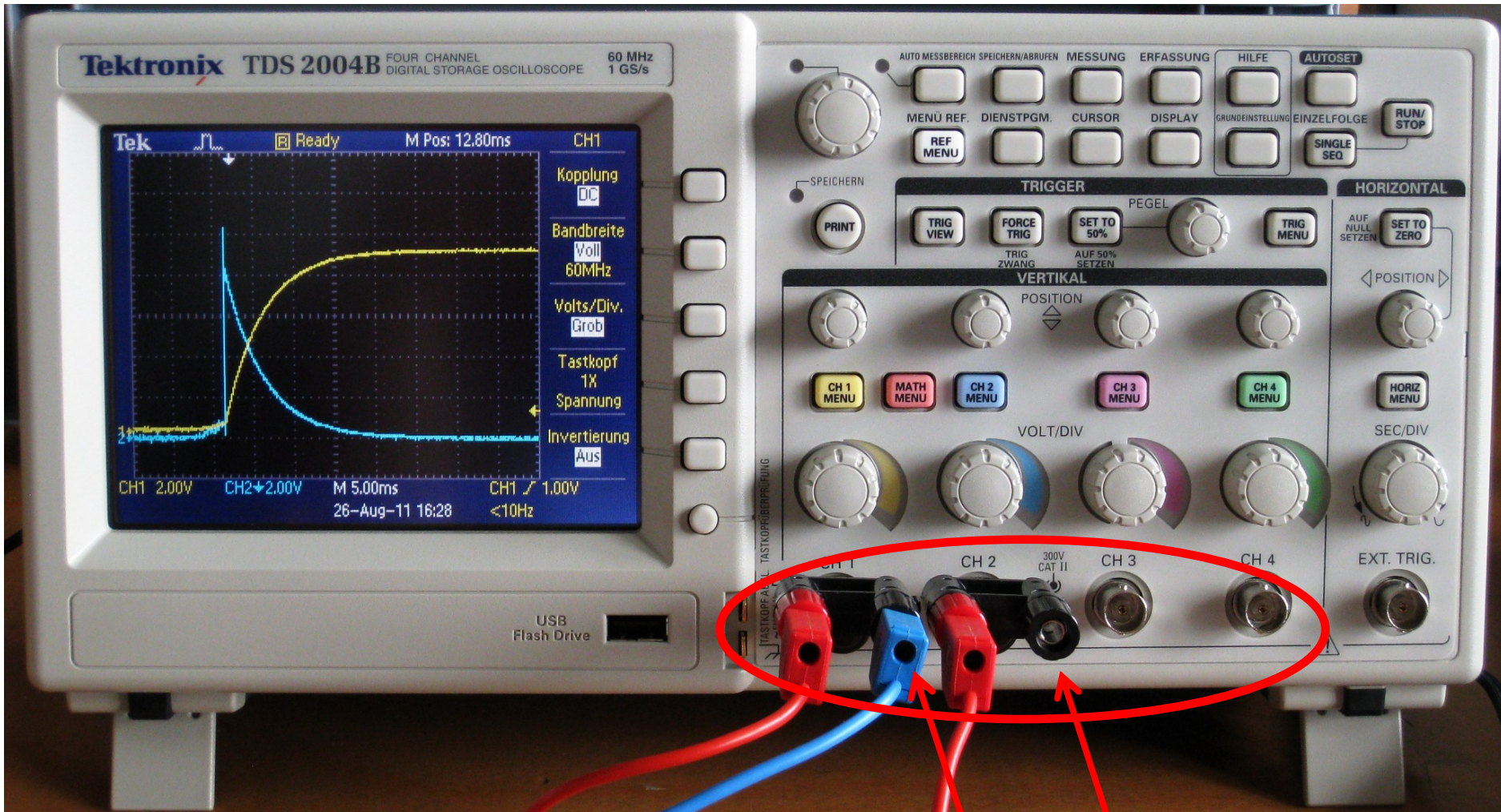
Einstellungen der Triggerschwelle

Einstellungen des Triggersmenues





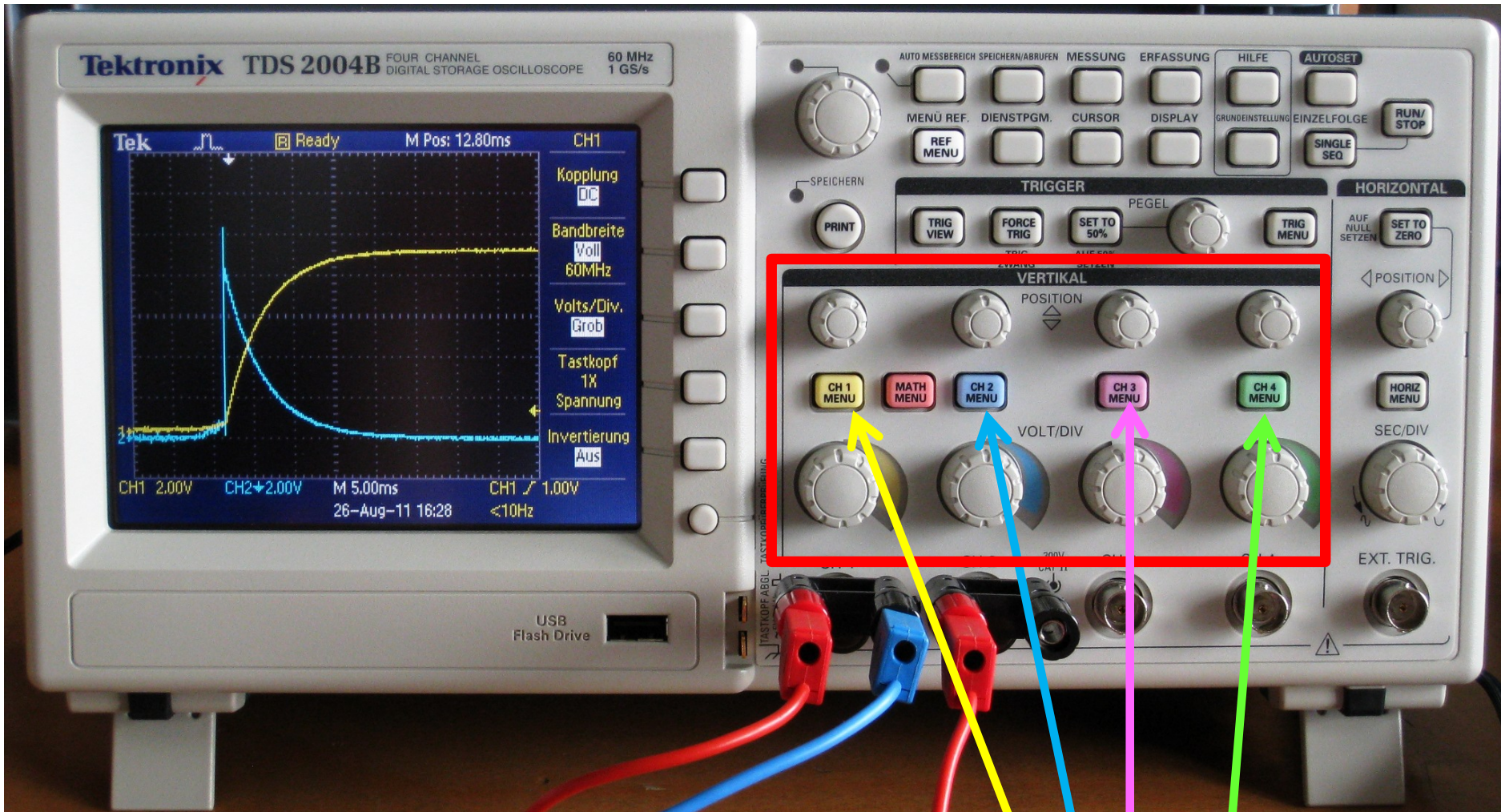
# Digital Oszilloskop



4 Kanal Oszilloskop, die alle die gleiche Masse (Erde) haben



# Digital Oszilloskop

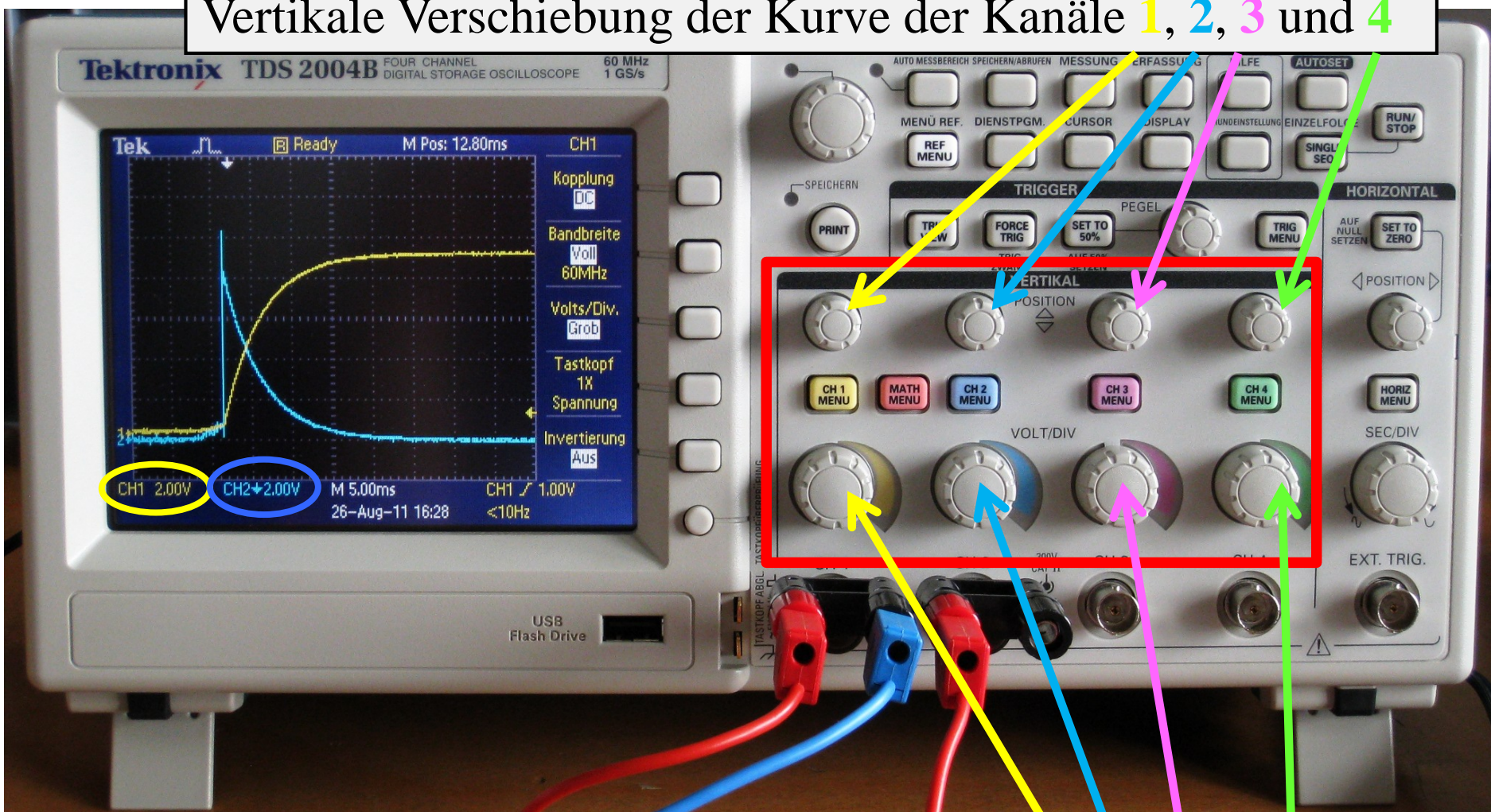


Kanalspezifische Einstellungen: Anzeige der Kanäle 1, 2, 3 und 4 über Druck auf jeweiligen farbigen Schalter



# Digital Oszilloskop

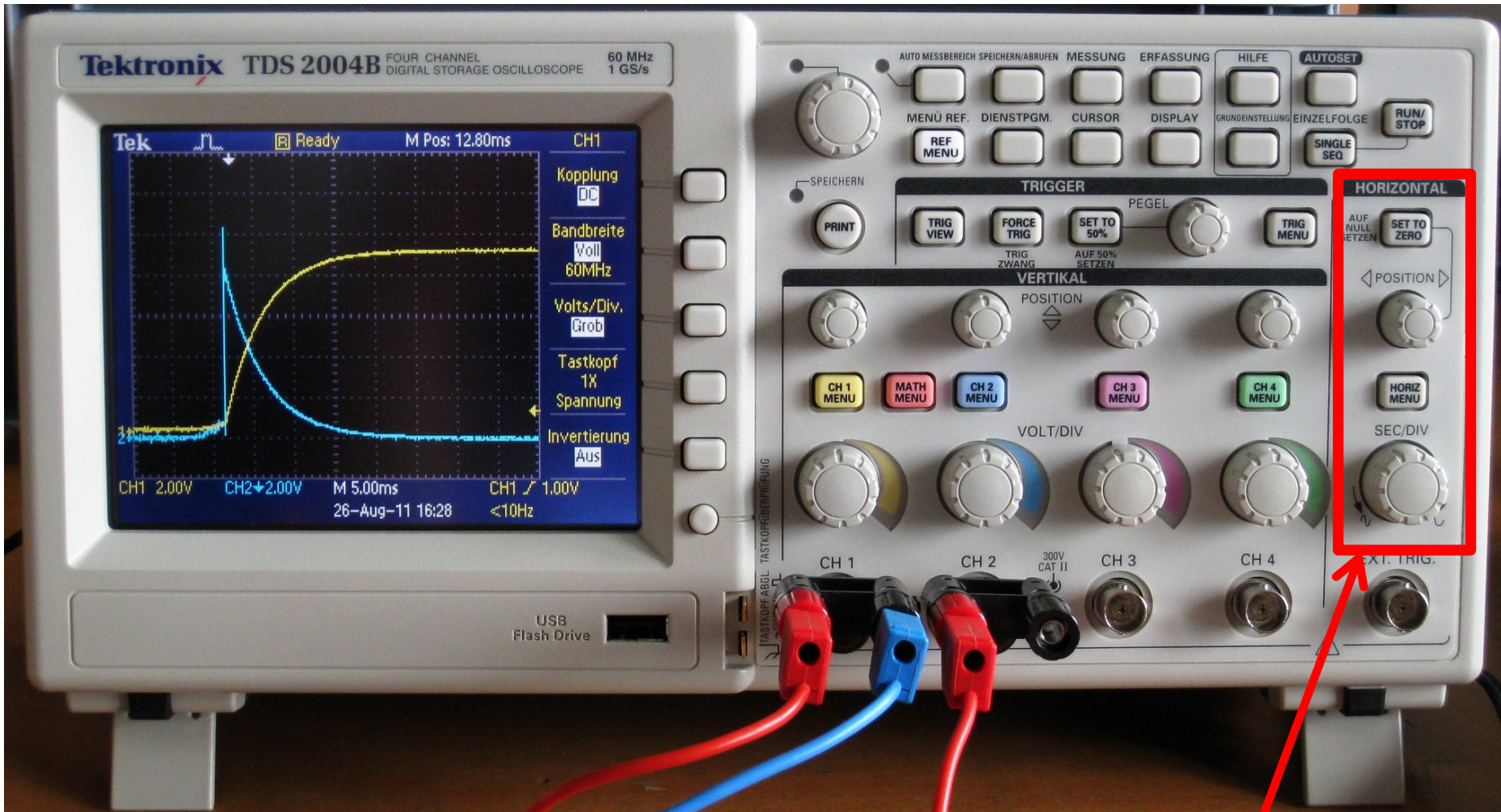
Vertikale Verschiebung der Kurve der Kanäle 1, 2, 3 und 4



Volt/Div Einstellung der Skalierung der y-Achsen der Kanäle 1, 2, 3 und 4



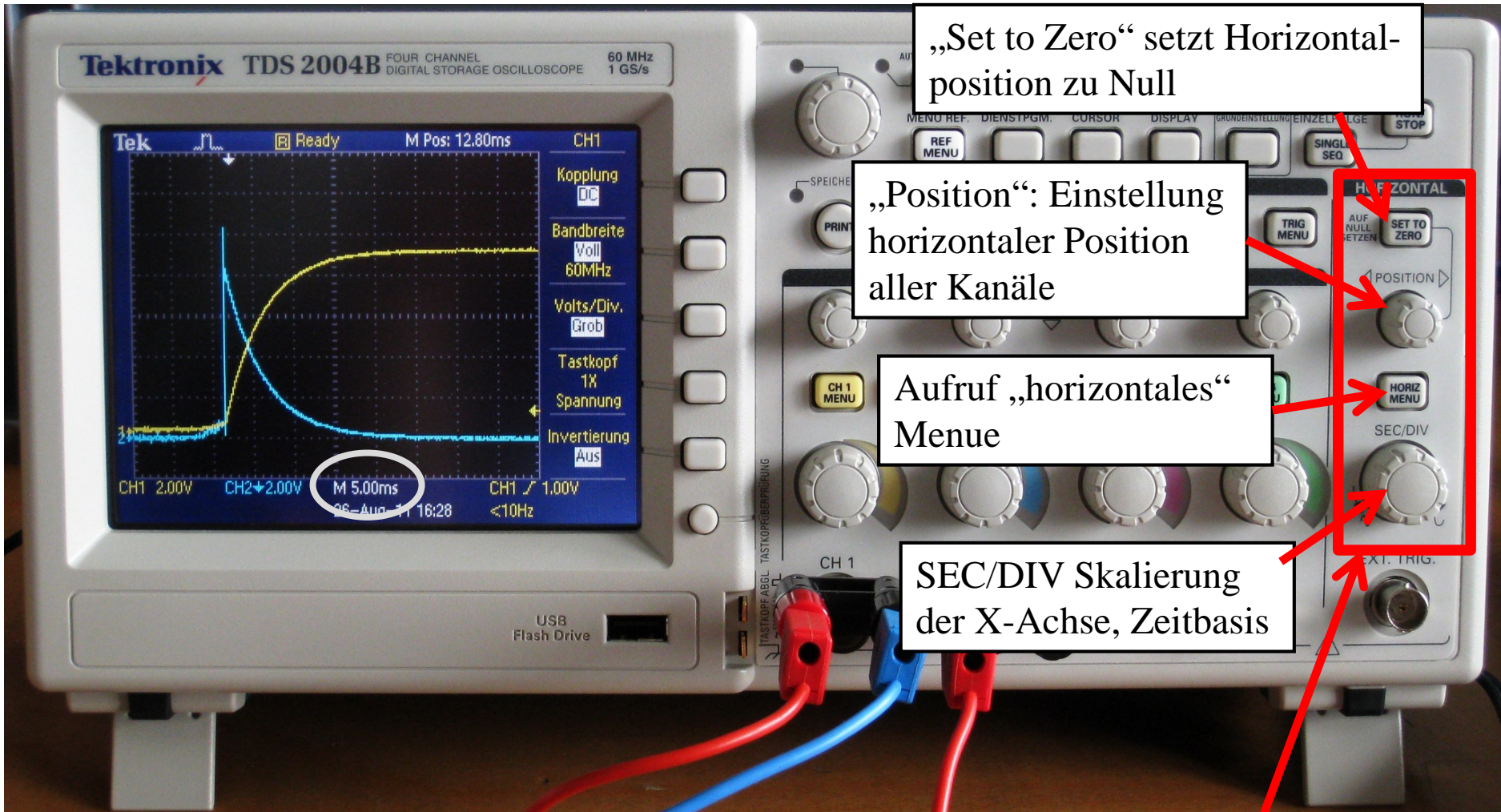
# Digital Oszilloskop



Horizontale Einstellungen



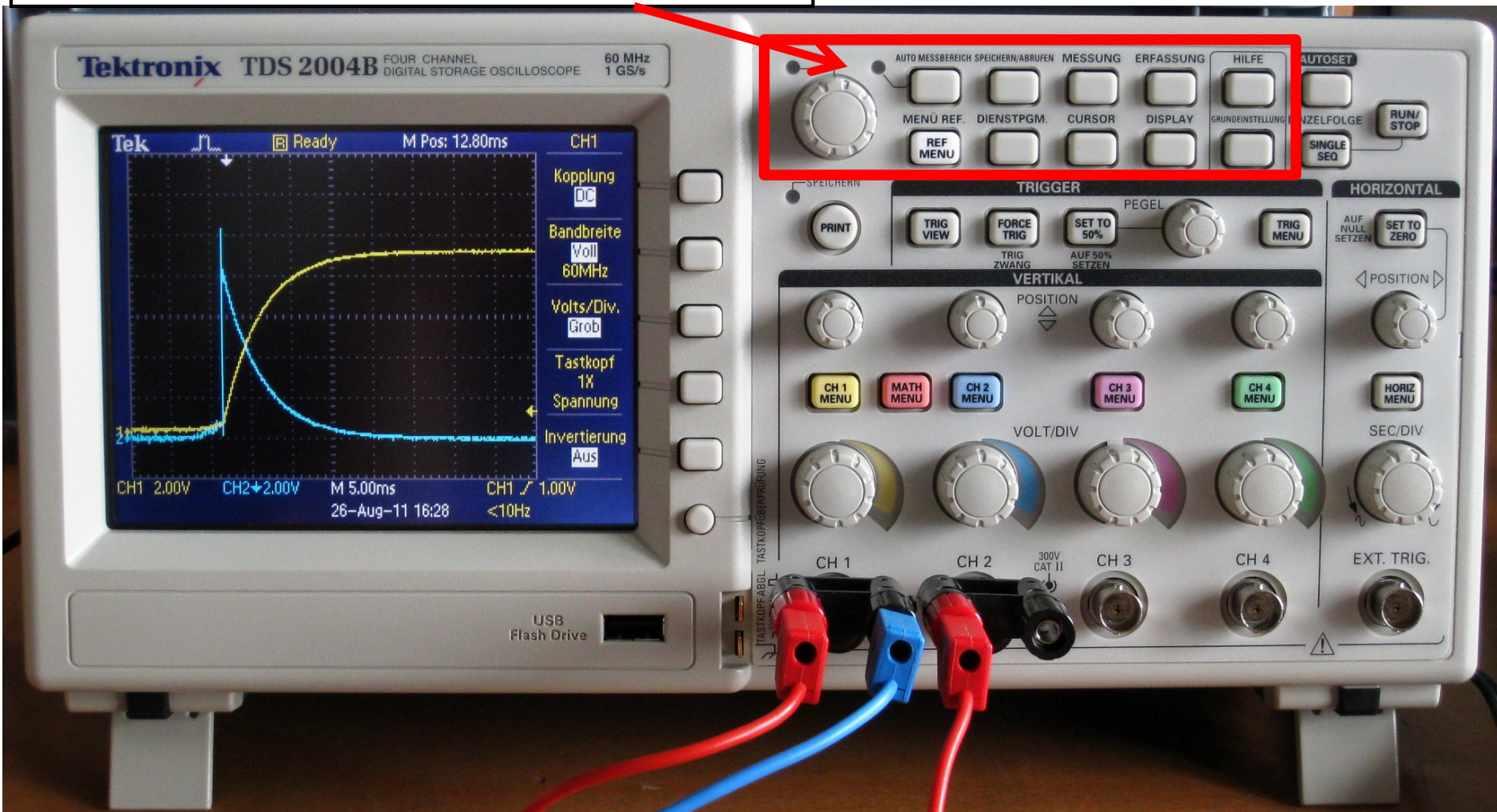
# Digital Oszilloskop





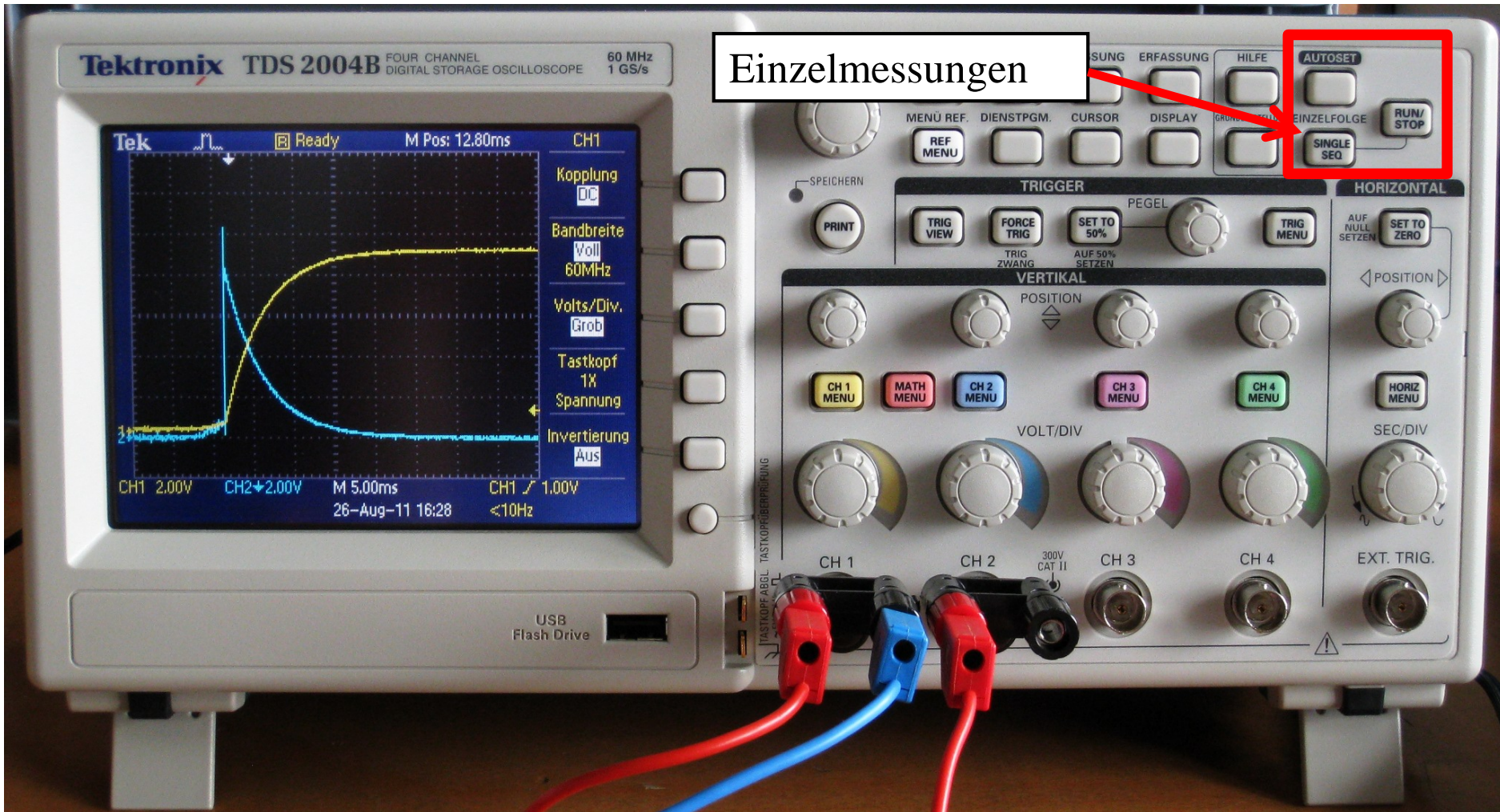
# Digital Oszilloskop

Allgem. Einstellungen, Cursor, Messungen



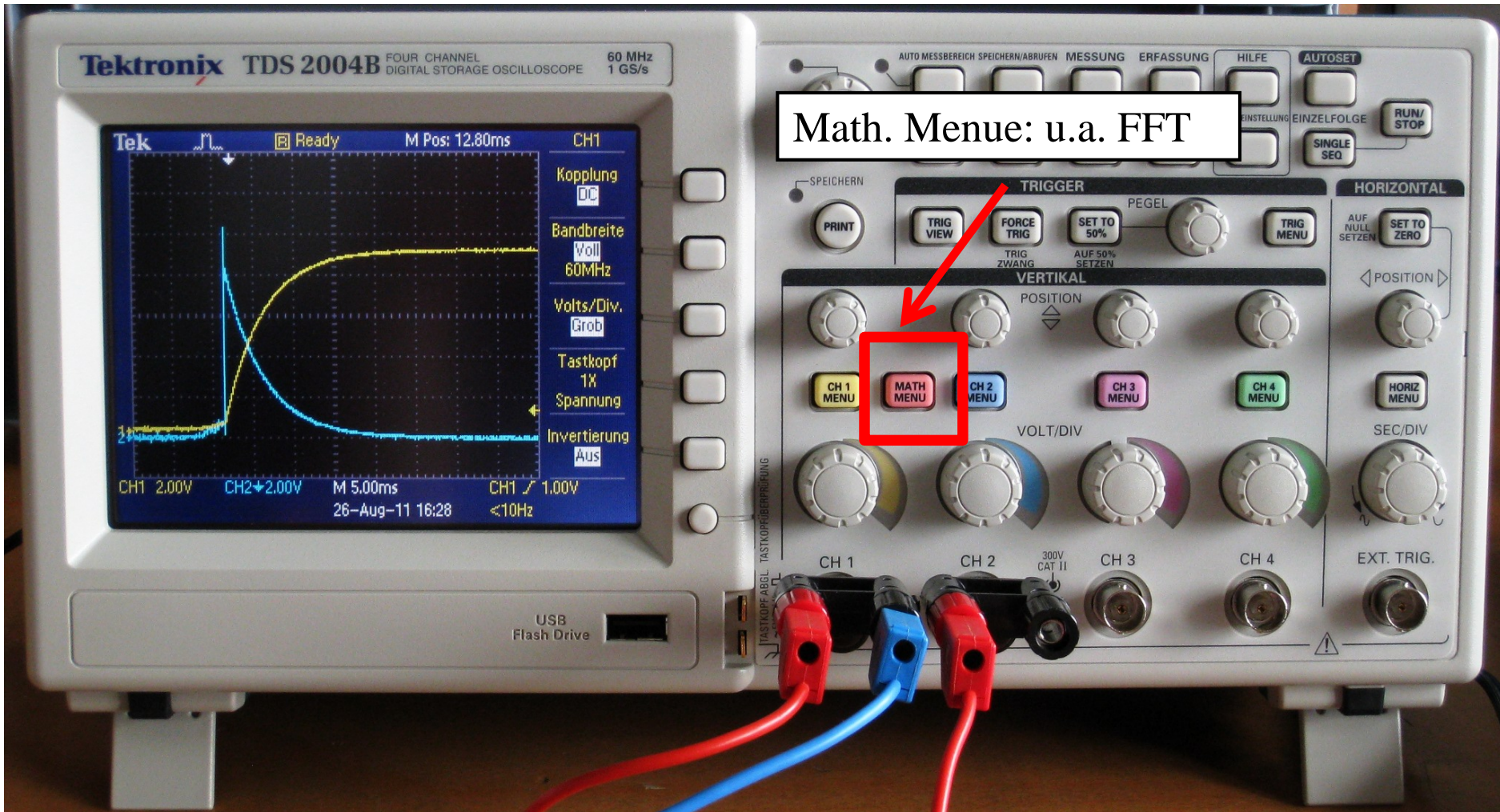


# Digital Oszilloskop



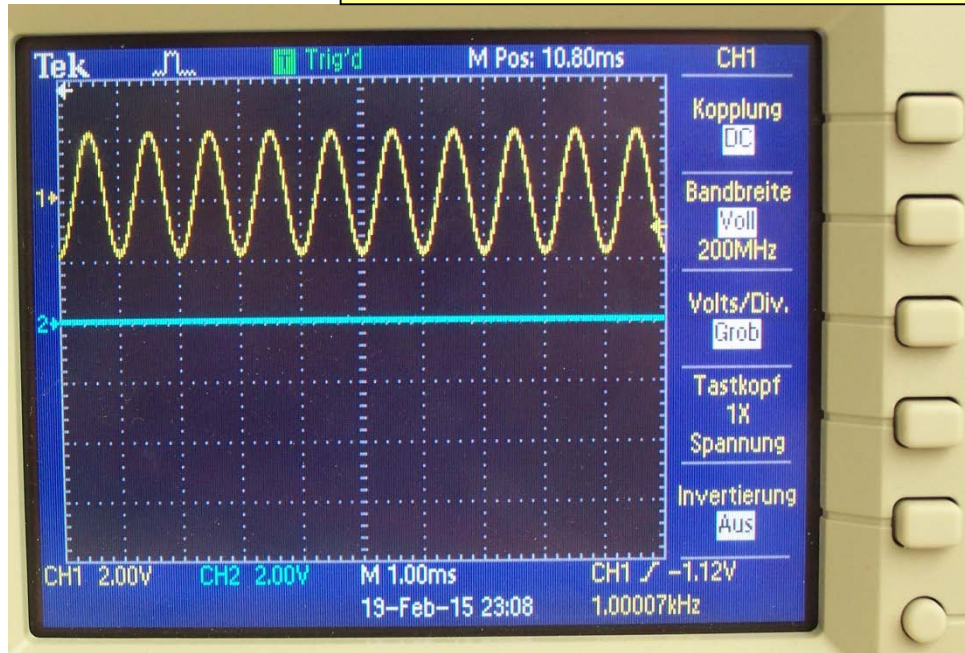


# Digital Oszilloskop

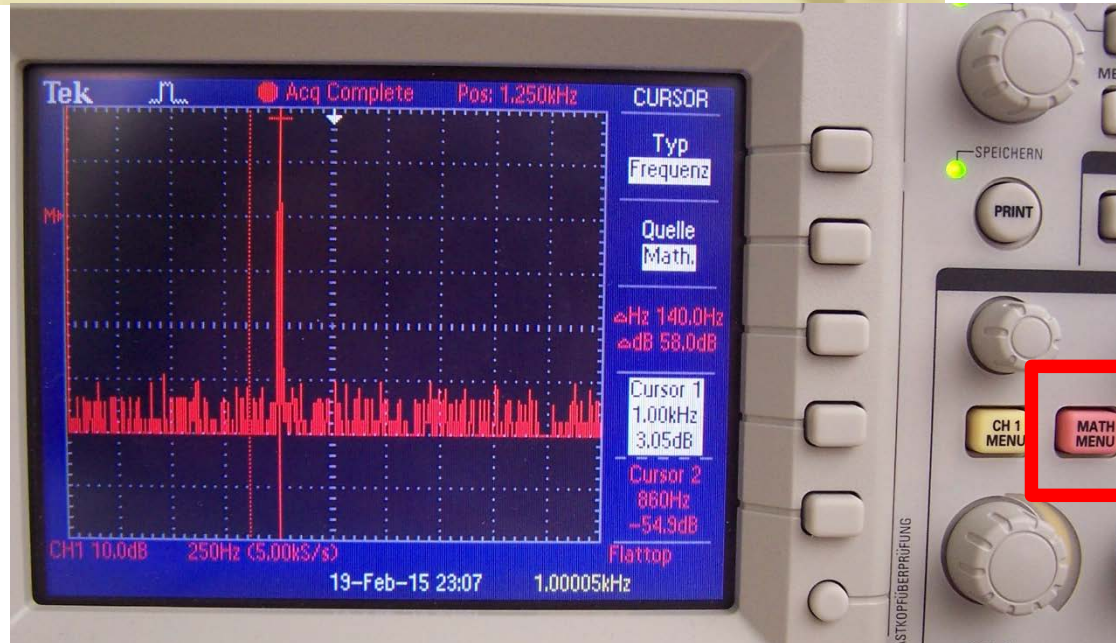




# Digital Oszilloskop

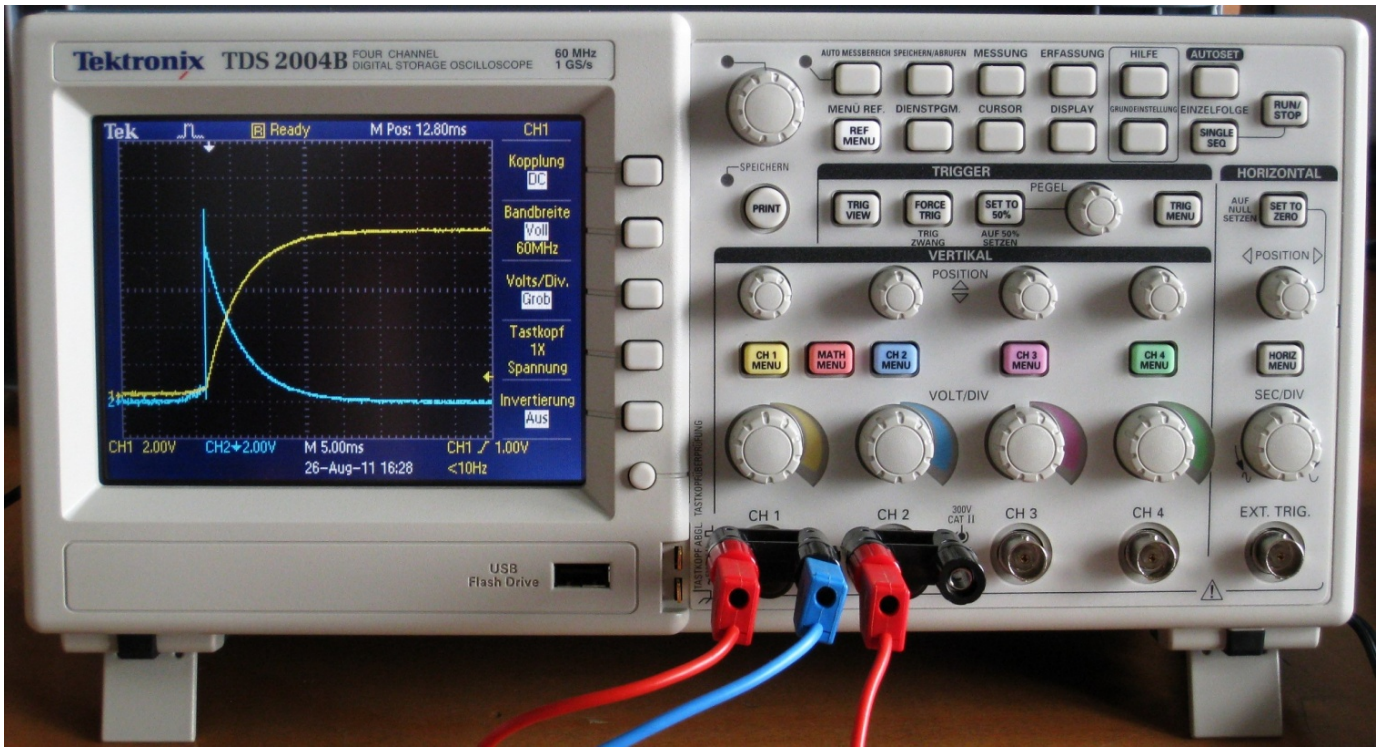
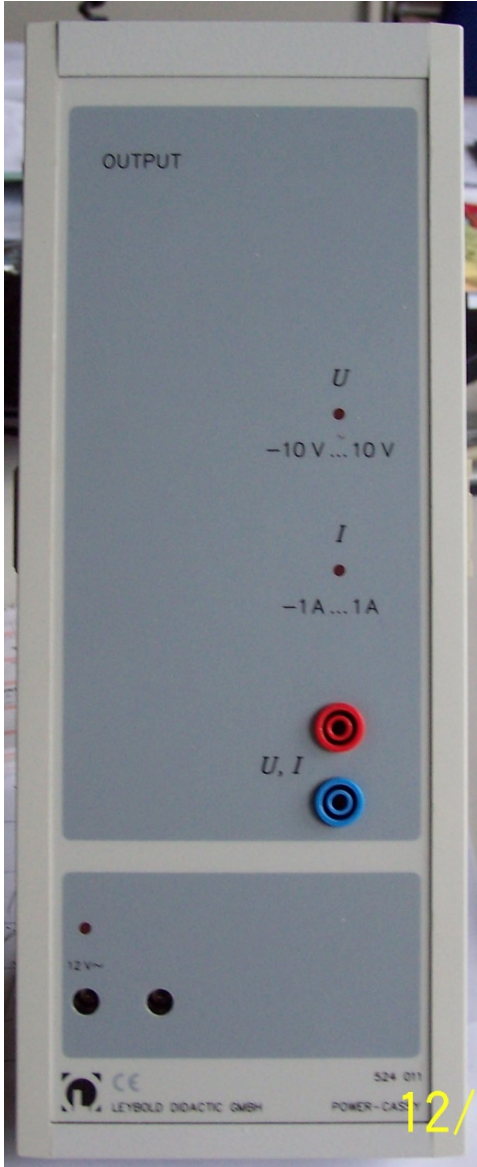


FFT einer Einzelmessung einer Schwingung



# Power Cassy vs Oszilloskop

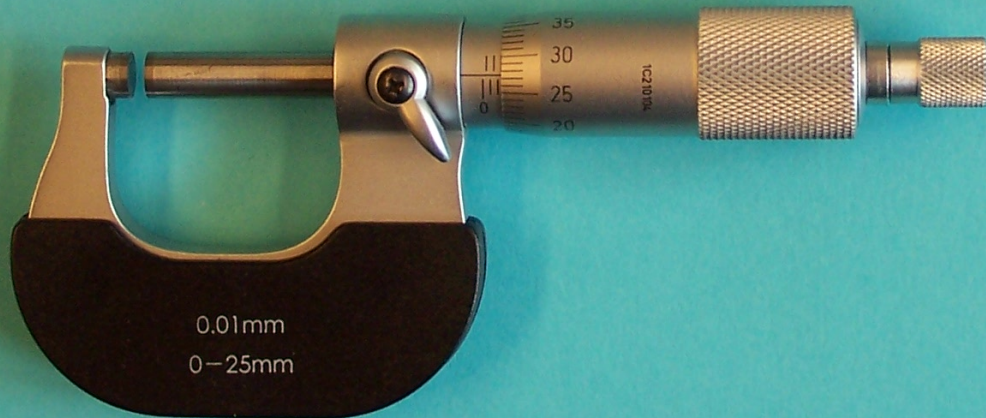
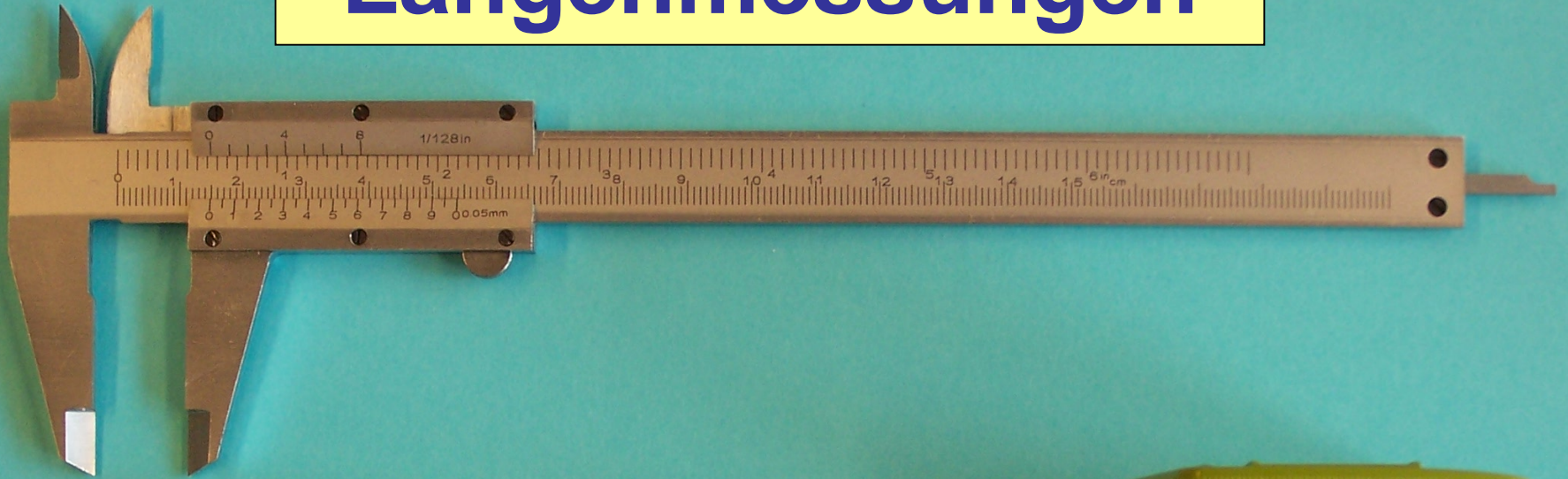
## 4. Übung



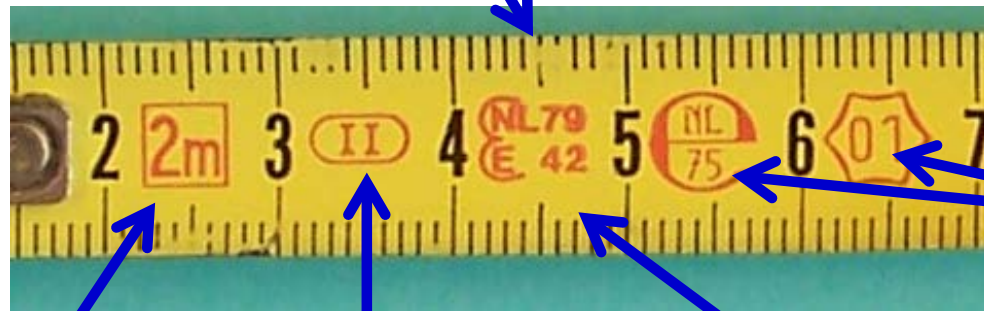
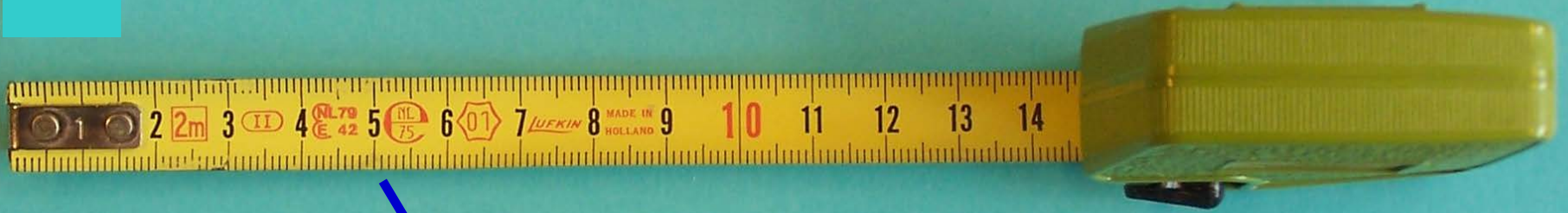
12/



# Längenmessungen



# Längenmessungen mit Maßband



Aufdruck für  
Eichung

Länge  
Maßband

EG-Genauigkeits-  
klasse

Modell  
Genehmigungs-Nr.

Toleranzen der Maßbänder nach Klasse I und II werden ermittelt:

$$(a + b \times L)$$

L = Nominallänge in Metern

	a	b
Klasse I:	0,1	0,1
Klasse II:	0,3	0,2

$$2 \text{ m Band / EG-Klasse II: } (0,3 + 0,2 \times 2) = \pm 0,7 \text{ mm Abweichung}$$



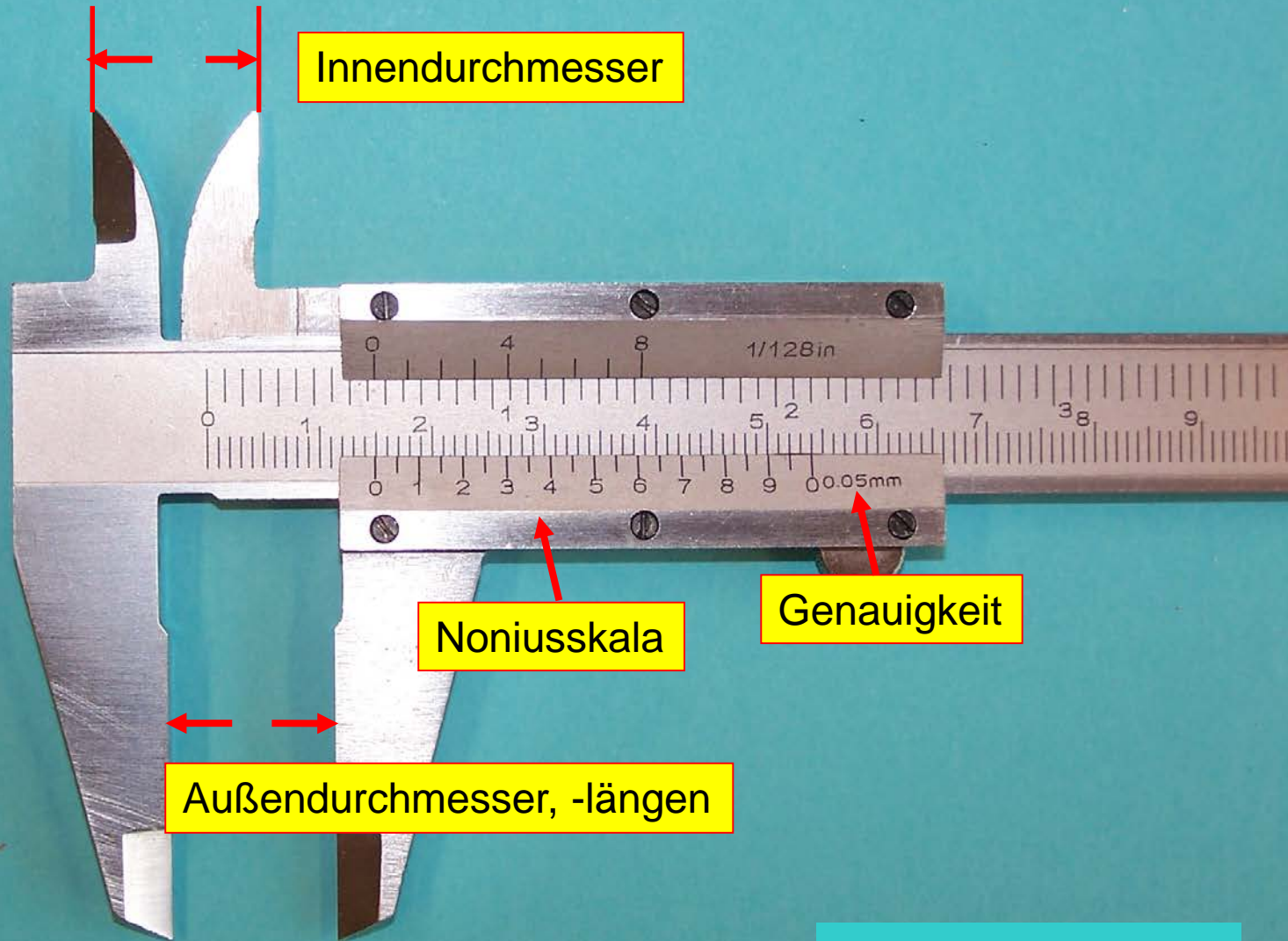
# Längenmessungen mit Maßband



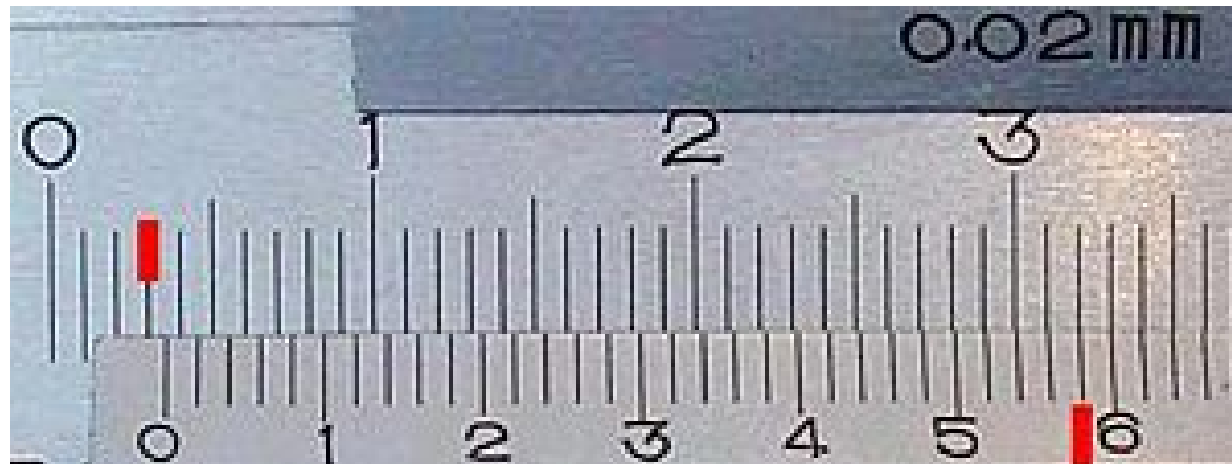
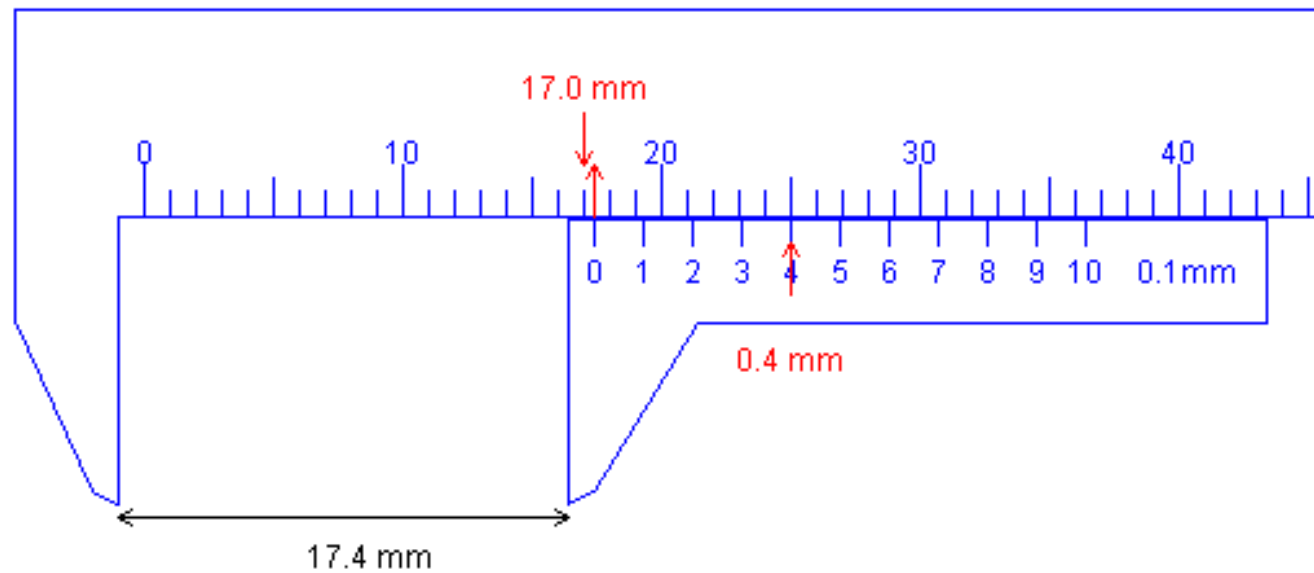
Messunsicherheiten:

- Ableseunsicherheit: kleinste Skaleneinheit (z.B. 1 mm),  
Gleichverteilung  $1 \text{ mm} / \sqrt{12} = 0.29 \text{ mm}$
- Kalibrierunsicherheit: Toleranz von  $\pm 0.7 \text{ mm}$   
Gleichverteilung  $0.7 \text{ mm} / \sqrt{3} = 0,40 \text{ mm}$
- Mehrfachmessungen

# Längenmessungen mit Messschieber



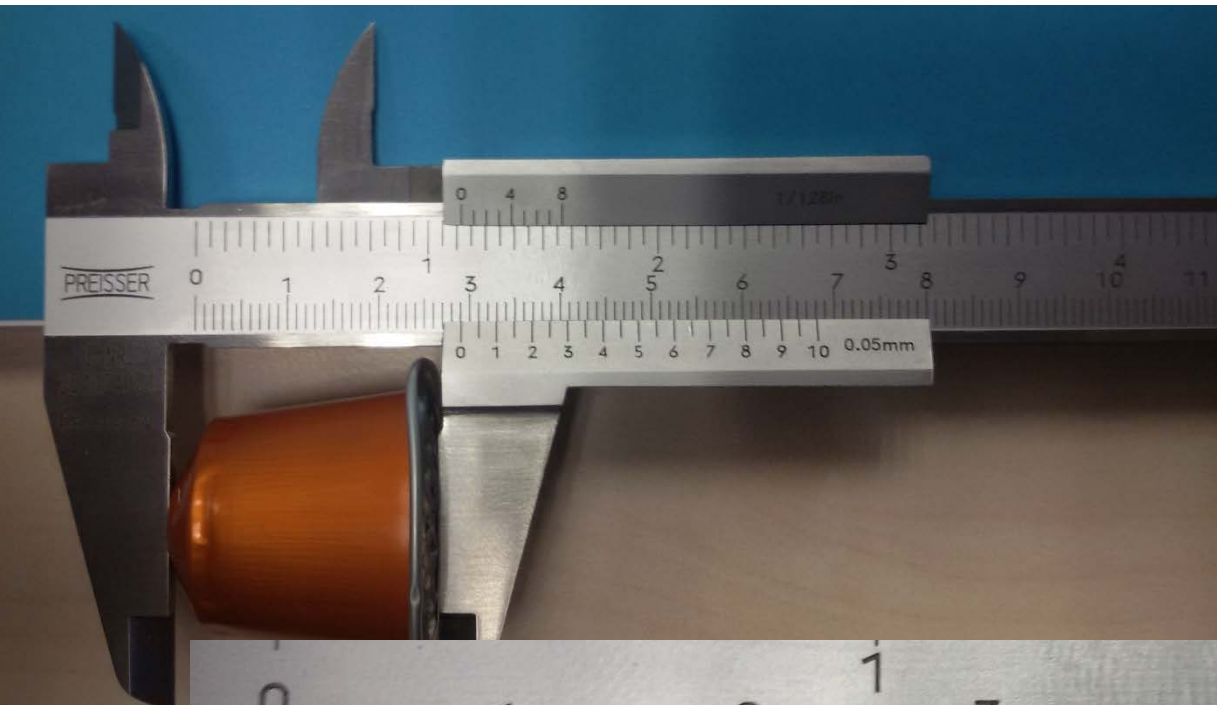
# Längenmessungen mit Messschieber



3,58 mm



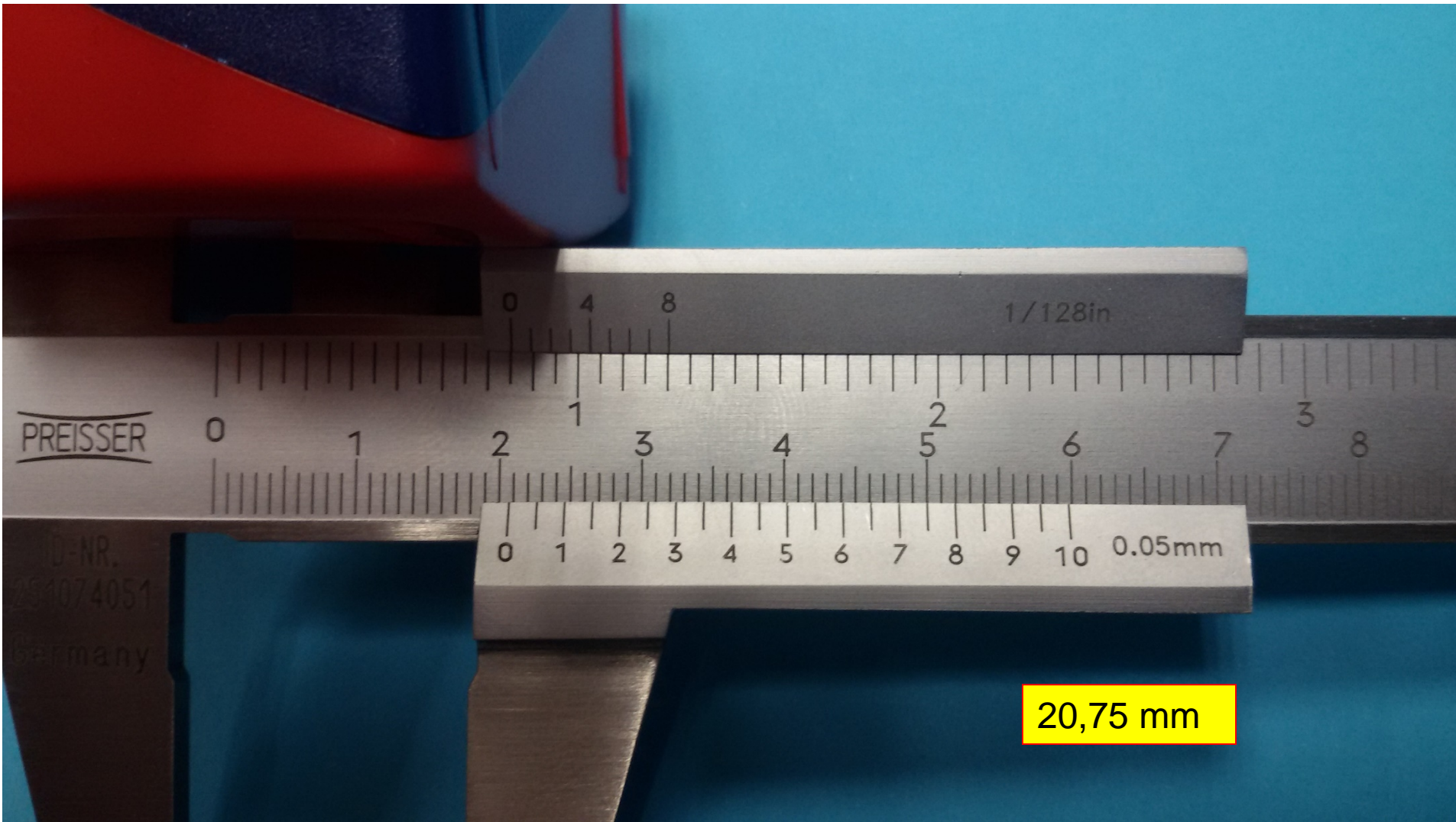
# Längenmessungen mit Messschieber



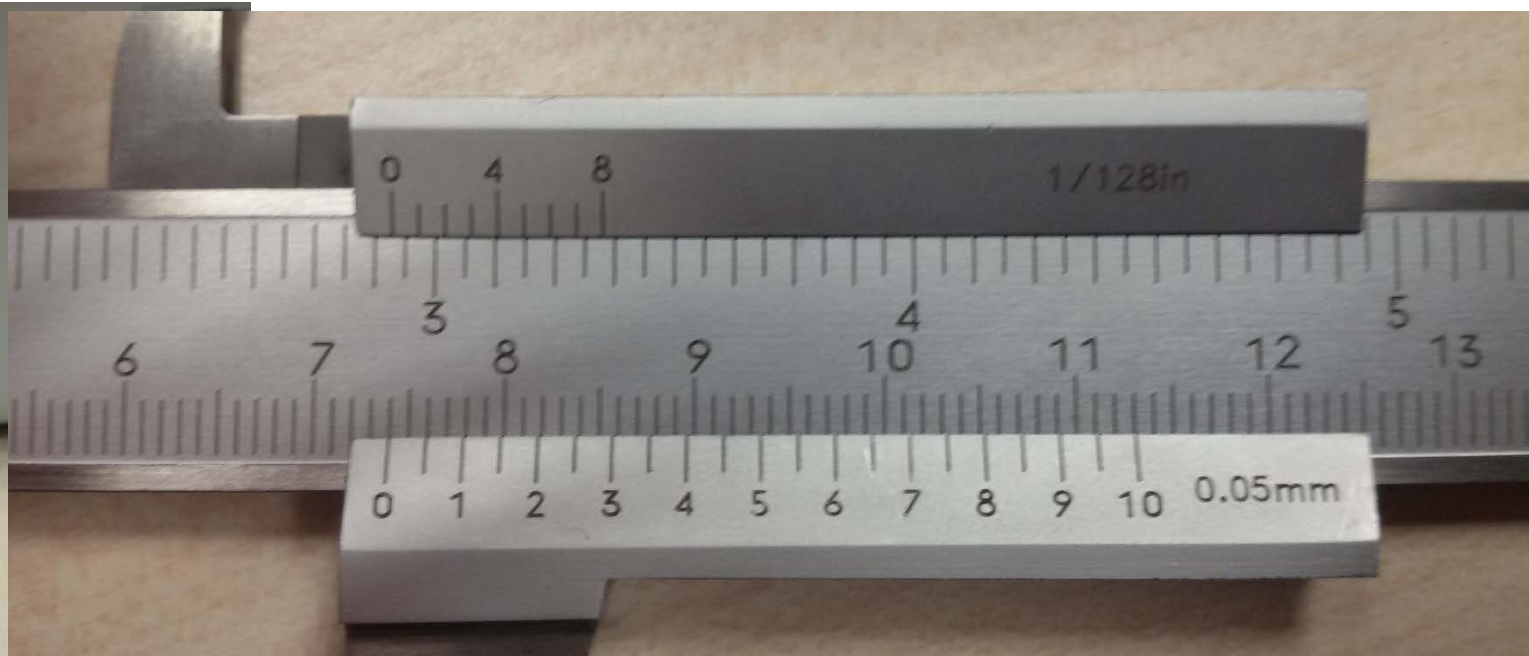
29,05 mm



# Längenmessungen mit Messschieber



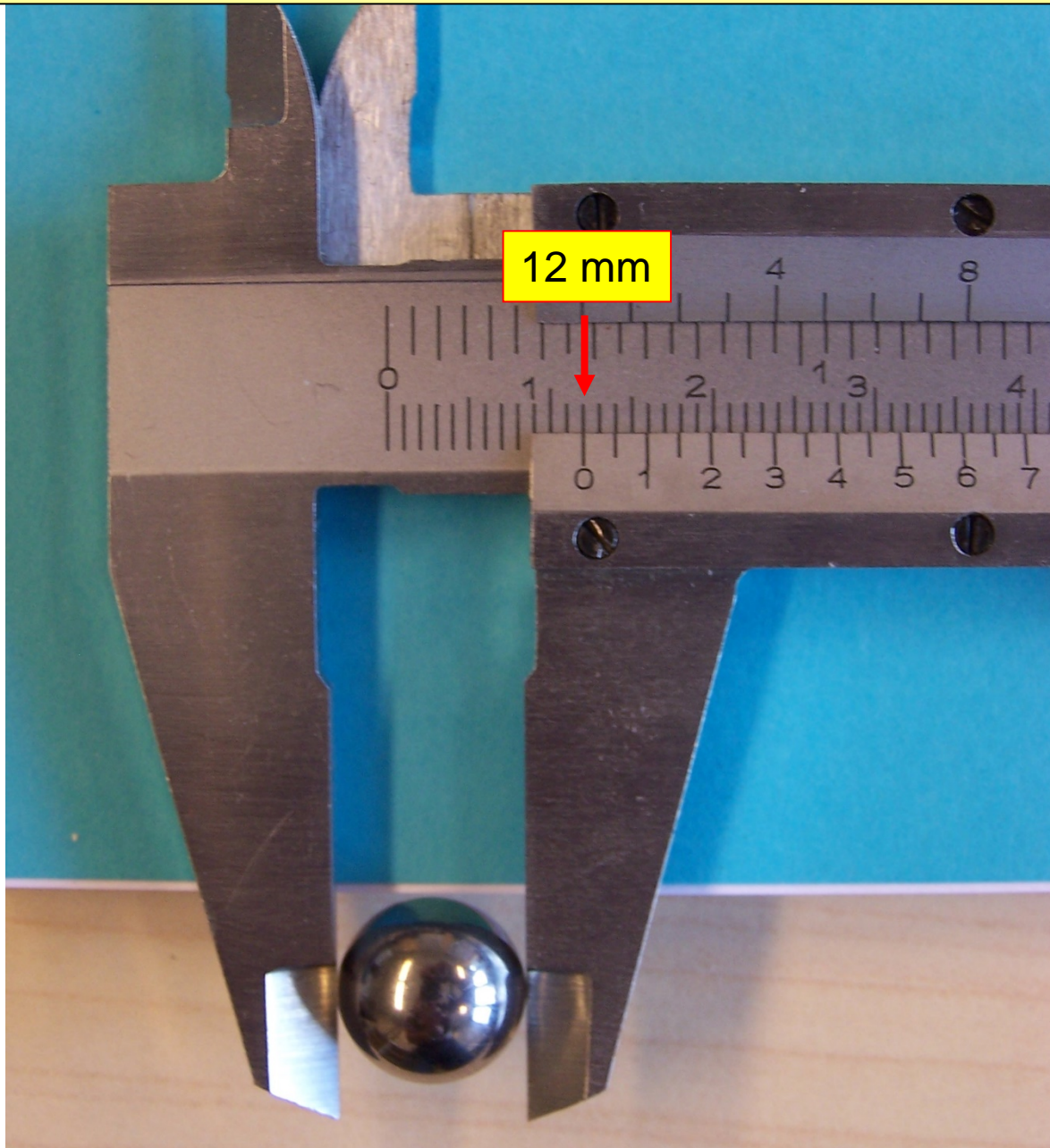
# Längenmessungen mit Messschieber



74,00 mm

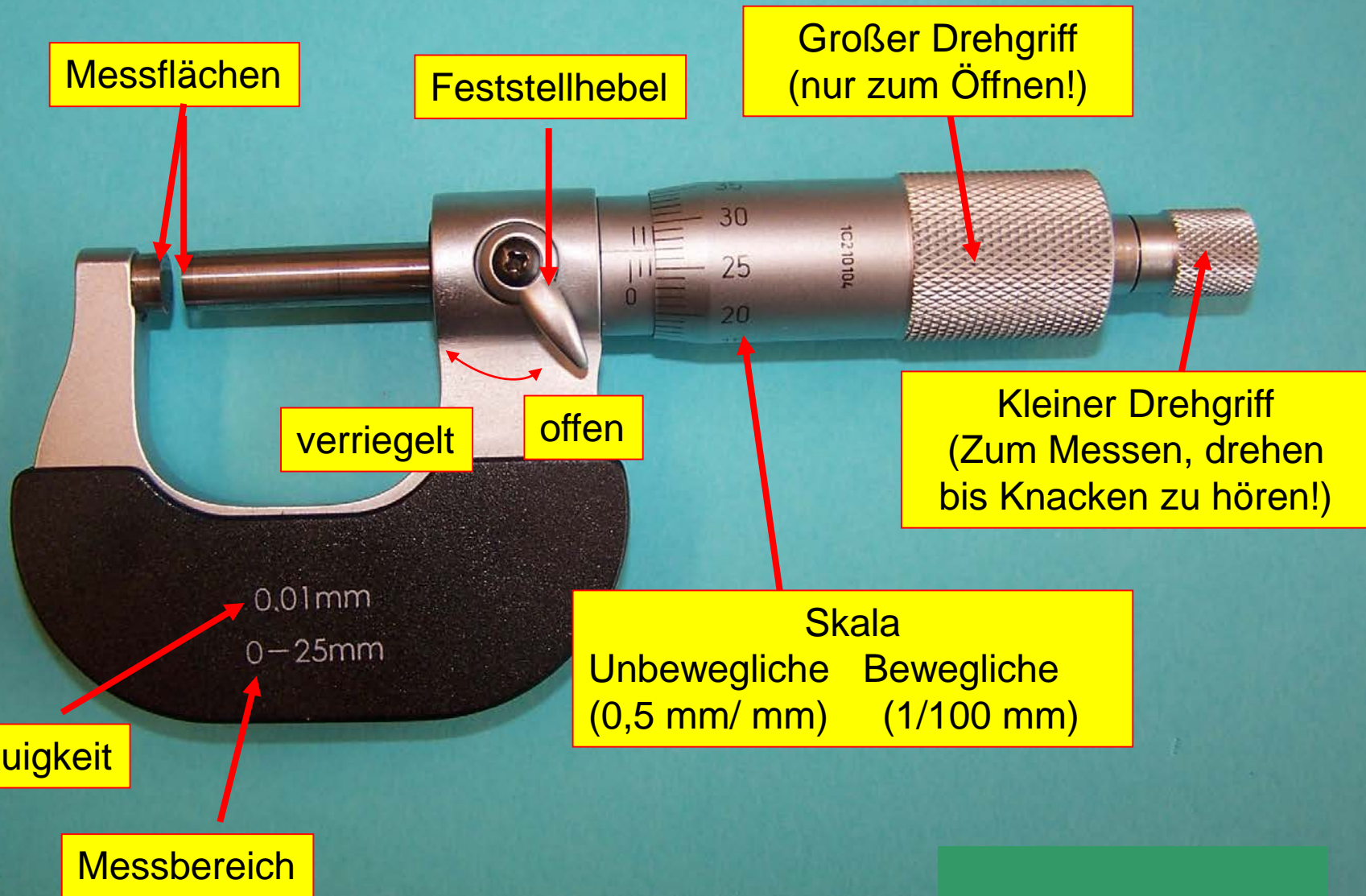


# Längenmessungen mit Messschieber

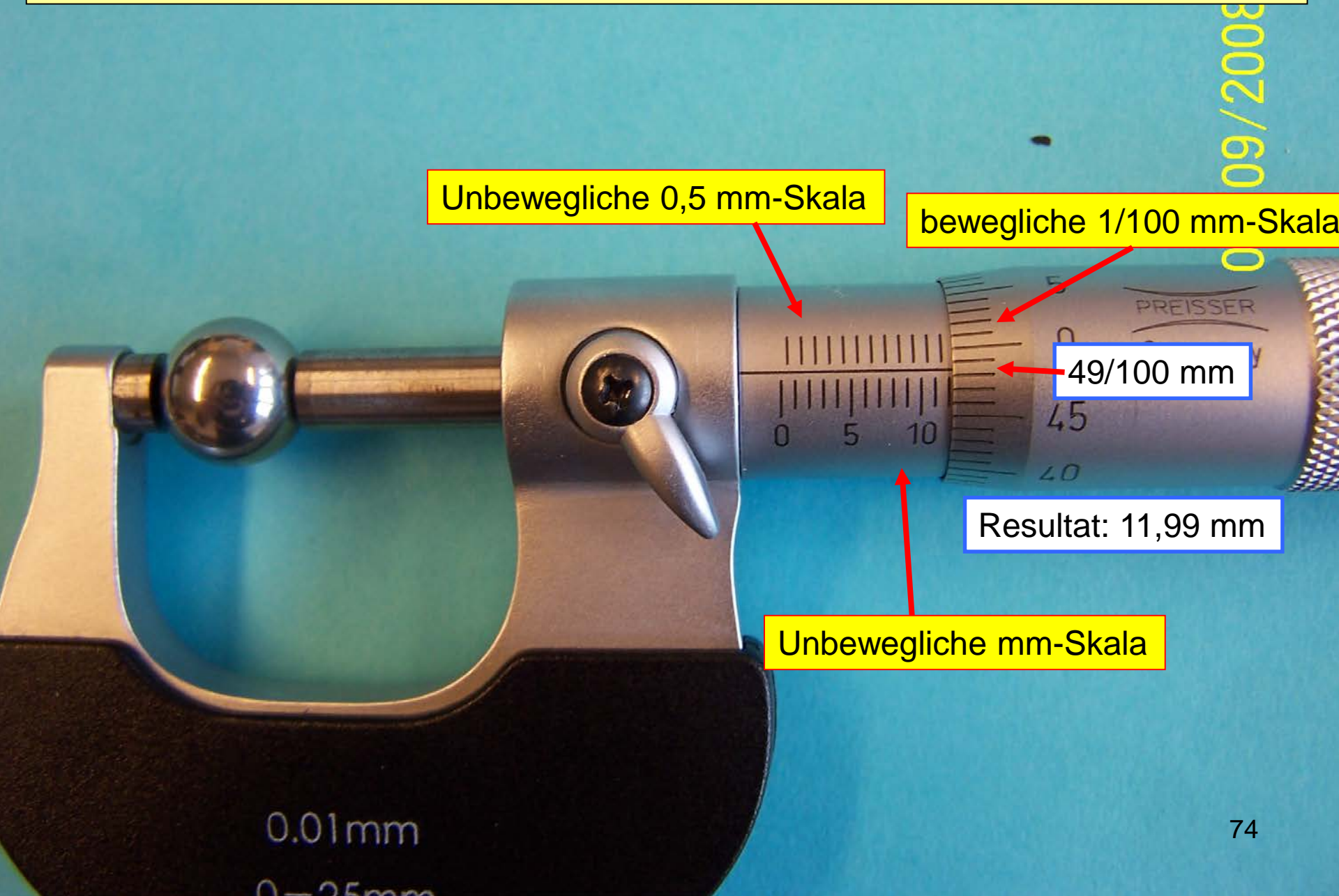




# Längenmessungen mit Mikrometerschraube

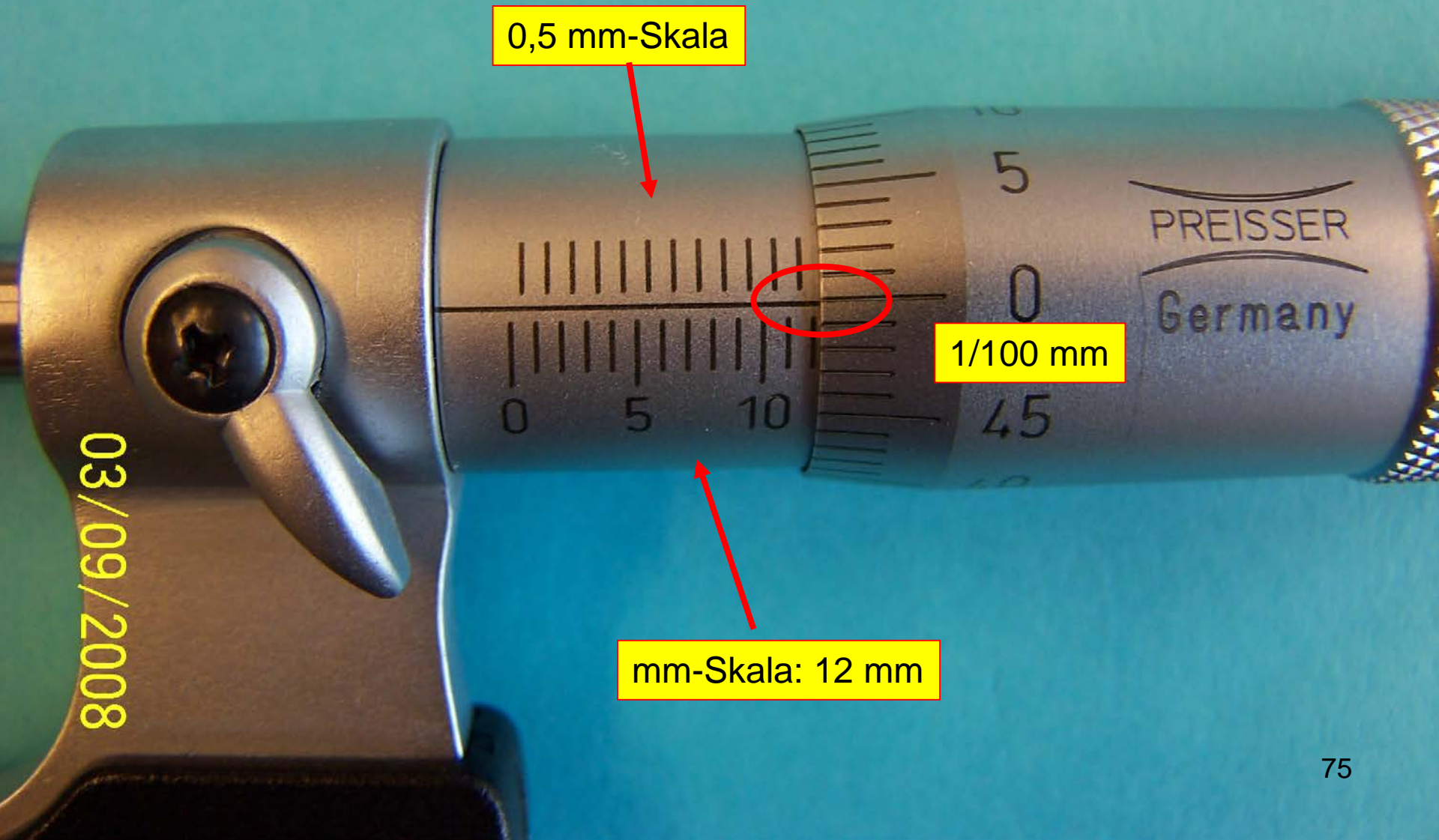


# Längenmessungen mit Mikrometerschraube

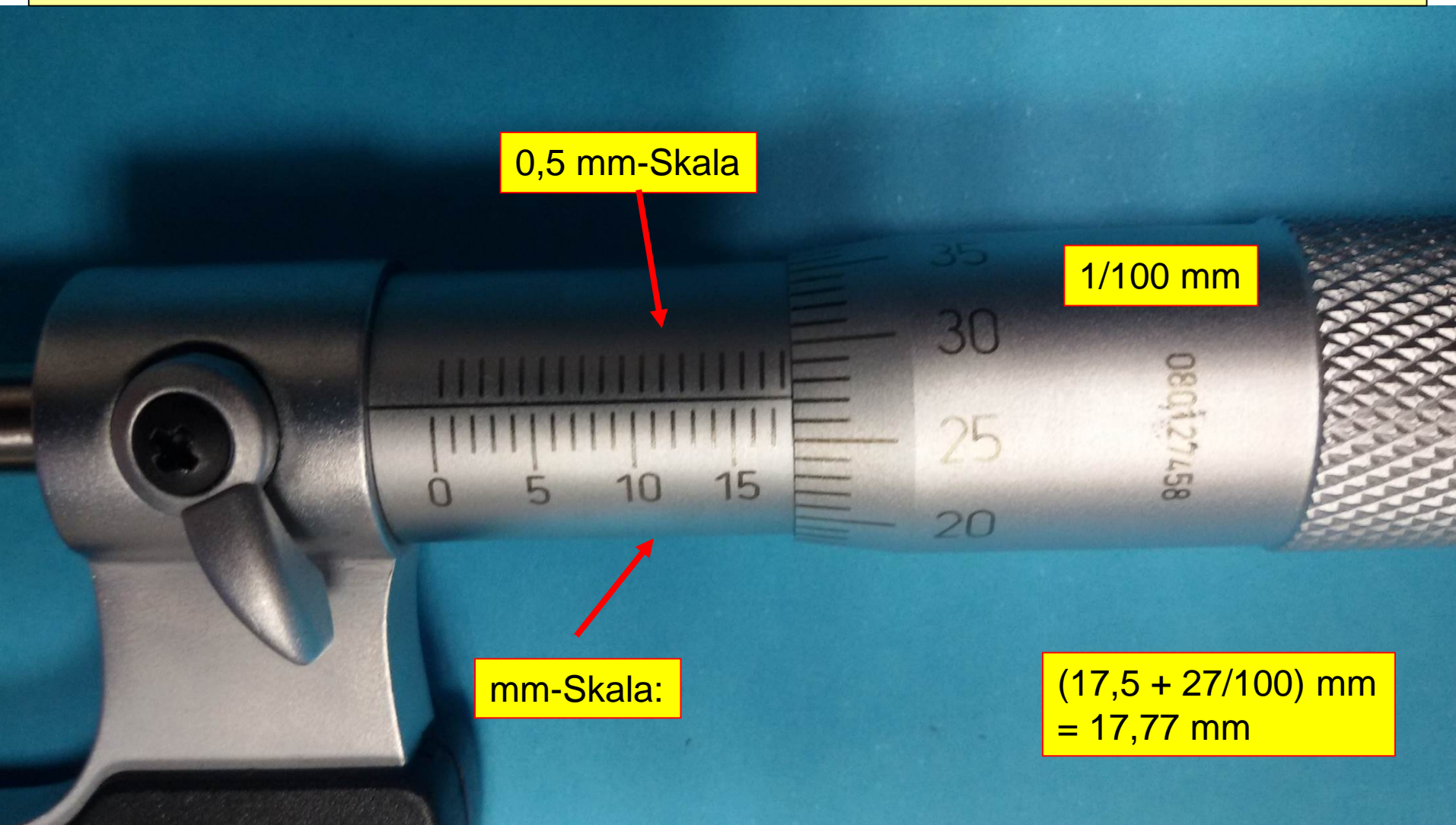




# Längenmessungen mit Mikrometerschraube

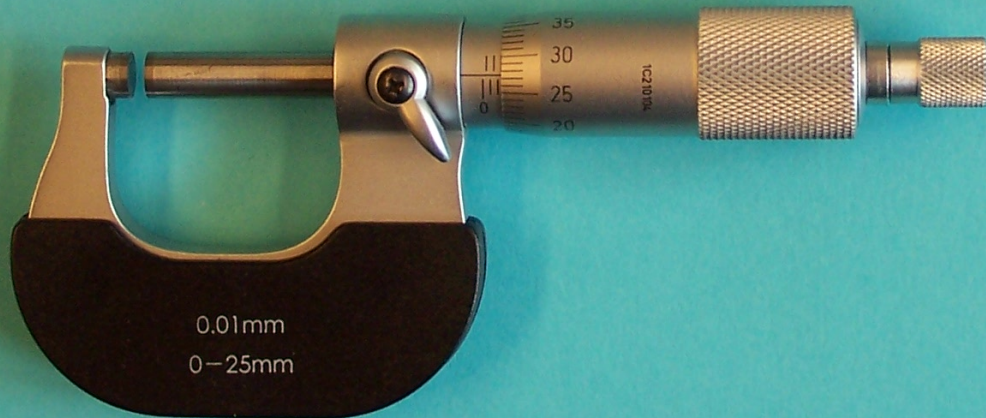
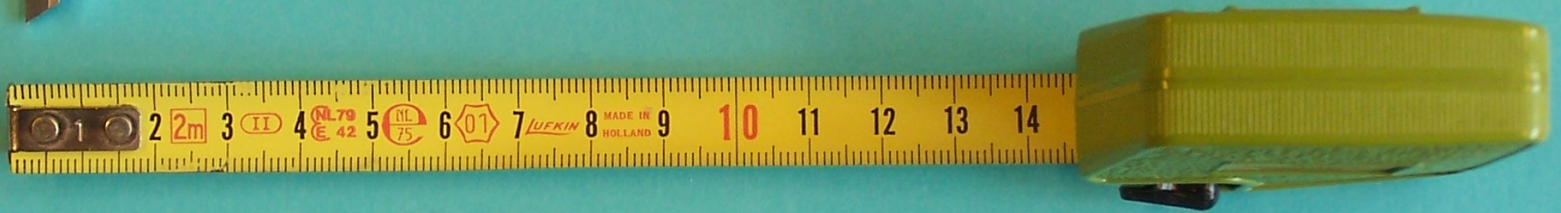
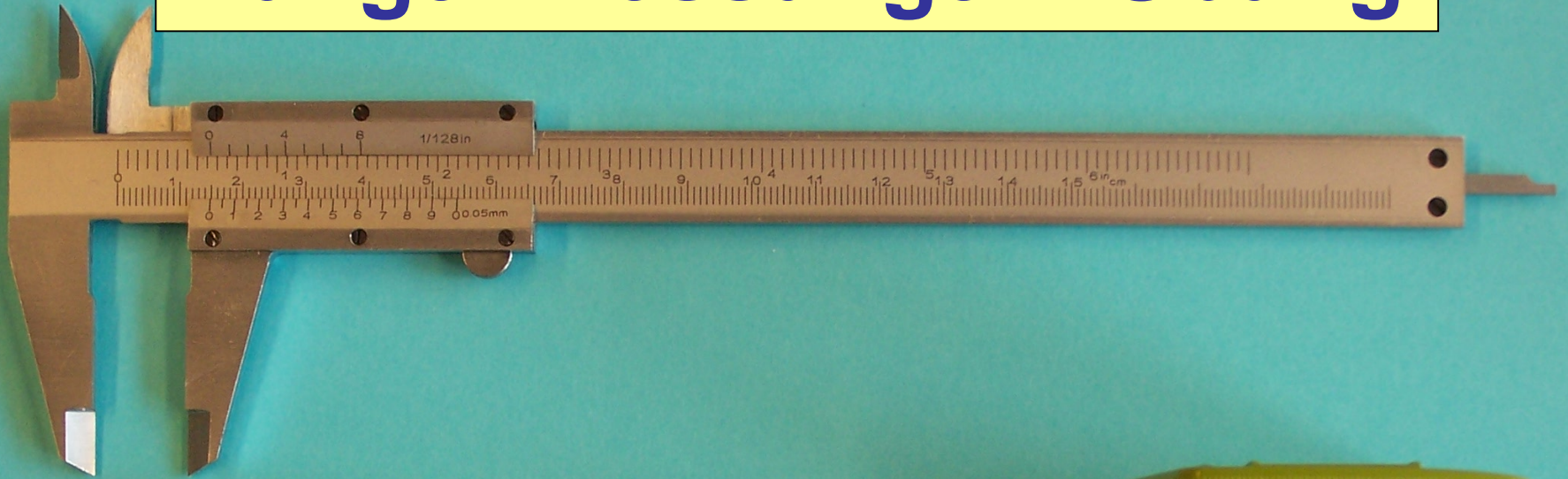


# Längenmessungen mit Mikrometerschraube





# Längenmessungen: Übung



**Viel Erfolg !**