

Zeitmessung (Versuch Nr.XIII – Raum D 5)

Aufgabe:

Es werden Fotoverschlußzeiten, Vorhanggeschwindigkeiten und Schlitzbreiten eines Fotoapparates mit Schlitzverschluß unter Verwendung eines Digitalen Speicheroszilloskops gemessen. Ein eigener Fotoapparat mit Schlitzverschluß kann verwendet werden.

Lernziele:

Verständnis der Grundlagen der Zeitmessung.

des Umgangs mit einem Digitalen Speicheroszilloskop

der prinzipiellen Funktionsweise von Schlitzverschlüssen.

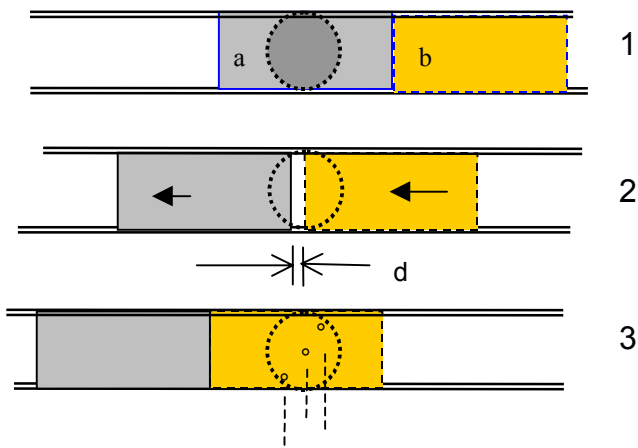
Der Lernende kann

mit einem Digitalen Speicheroszilloskop Zeitmessungen durchführen, die Unsicherheiten von Messungen nach DIN 13005 (1999) behandeln.

1. Grundlagen:

Fotoverschluß

Beim Aufziehen werden zwei Vorhänge nach rechts gezogen (1)

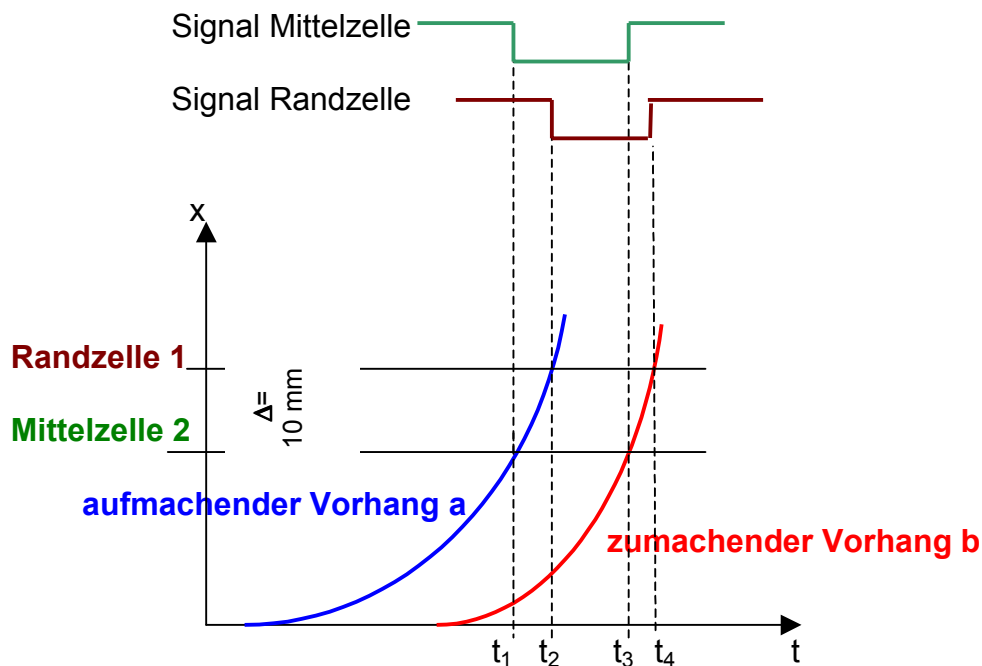


Fotozellen 1 2 3 im Abstand von je $\Delta=10$ mm

Beim Auslösen wandert zuerst der Vorhang a mit einer Geschwindigkeit v_a nach links (aufmachender Vorhang), der zumachende Vorhang b folgt verzögert mit der Geschwindigkeit v_b nach, sodaß ein Schlitz von rechts nach links über die Öffnung läuft (2), dessen Schlitzbreite d die Belichtungszeit t_B ergibt. Es gilt

$$\bar{d} = \frac{\bar{v}_a + \bar{v}_b}{2} \cdot t_B \quad (1)$$

Der Schlitz benötigt die Zeit $t_B = d / v_{a,b}$, um über einen bestimmten Punkt der Öffnung hinwegzulaufen. Da es sich in Wirklichkeit um beschleunigte Bewegungen der Vorhänge handelt, werden mittlere Geschwindigkeiten eingesetzt.



t_1 = Zeit, bei der der aufmachende Vorhang an die Mittelzelle gelangt
 t_3 = Zeit, bei der der zumachende Vorhang an die Mittelzelle gelangt
 t_2 = Zeit, bei der der aufmachende Vorhang an die Randzelle gelangt
 t_4 = Zeit, bei der der zumachende Vorhang an die Randzelle gelangt

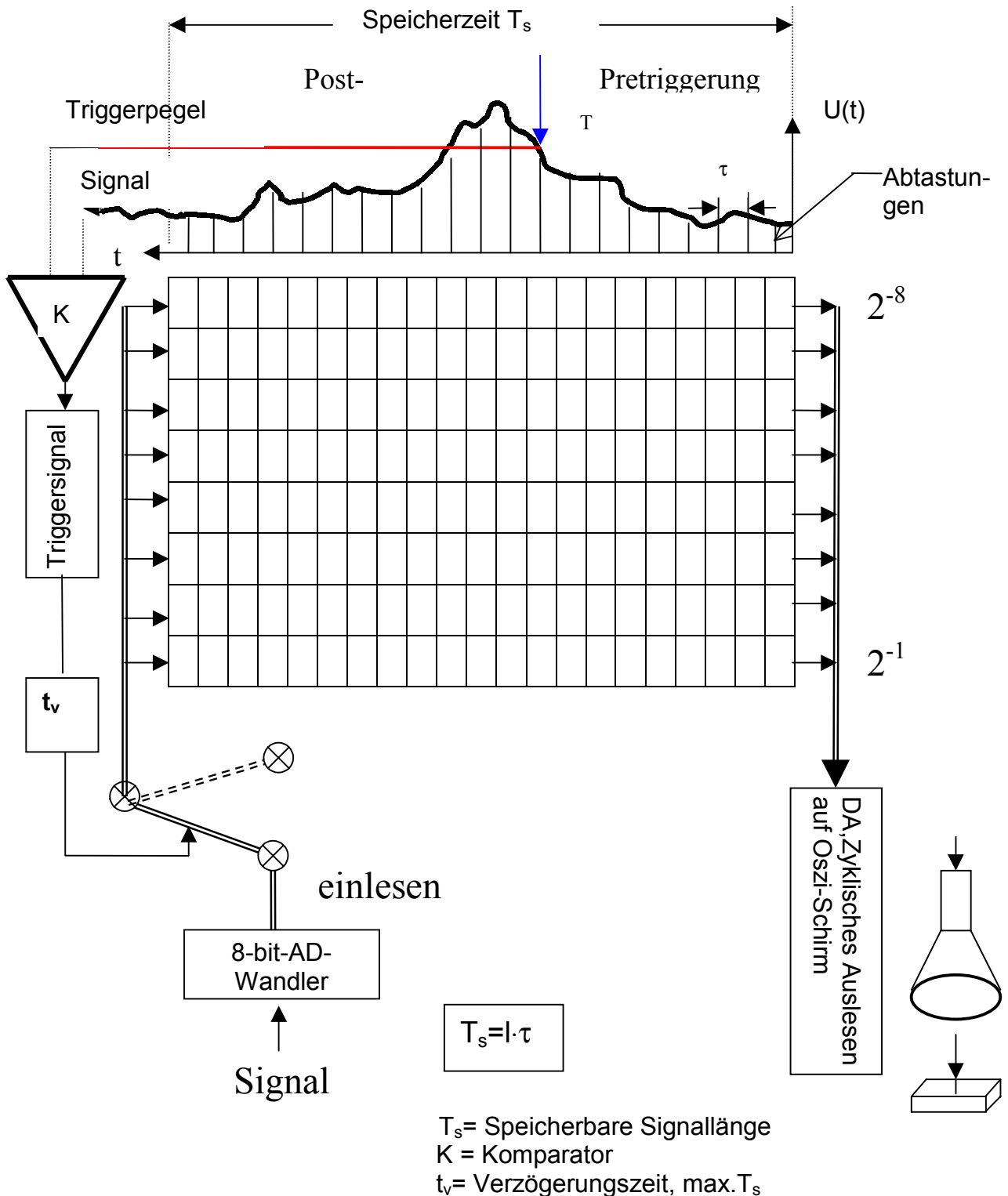
Belichtungszeit Mittelzelle $t_{BM} = t_3 - t_1$
 Belichtungszeit Randzelle $t_{BR} = t_4 - t_2$
 Vorhangeschwindigkeit $v_a = 10 \text{ mm} / (t_2 - t_1)$
 Vorhangeschwindigkeit $v_b = 10 \text{ mm} / (t_4 - t_3)$
 Mittlere Schlitzbreite

$$\bar{d} = \frac{v_a + v_b}{2} \cdot \frac{(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)}{2} = \frac{\Delta}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta}{t_4 - t_3} \cdot \frac{(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)}{2}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{\Delta}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta}{t_4 - t_3} \right] \cdot [(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)]; \quad \Delta = 10 \text{ mm} \quad (2)$$

2. Meßgeräte:

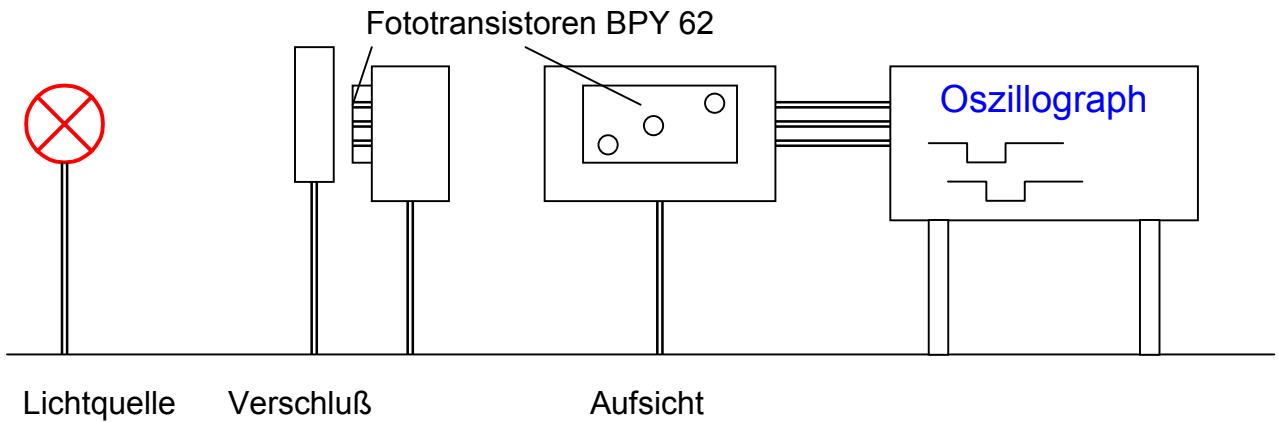
Digitales Speicheroszilloskop



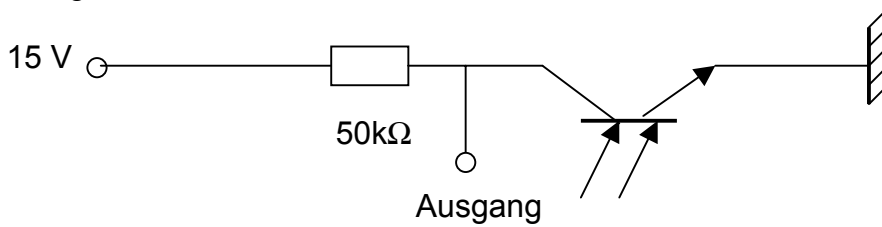
Getriggert wird bei dem Versuch mit der zuerst belichteten Fozelle 3; damit beginnt nach obigem Schaltbild das Einlesen in den Schieberegisterspeicher; Position und Zeitaufösung lassen sich am Gerät einstellen und damit möglichst optimal die Zeitdifferenzen $t_3 - t_1$, $t_4 - t_2$, $t_2 - t_1$ und $t_4 - t_3$ mit dem Cursor messen. Die Unsicherheit der Zeitablesung beträgt 5% des abgelesenen Zeitintervalls.

3. Messungen:

3.1 Meßaufbau



Schaltung der Fototransistoren:



3.2 Durchführung

Am Fotoapparat werden durch Hochziehen des Rades verschiedene Verschußzeiten eingestellt, gespannt und ausgelöst. Das Speicheroszilloskop muß auf „RUN“ stehen. Mit dem Cursor messen Sie folgende Zeitdifferenzen:

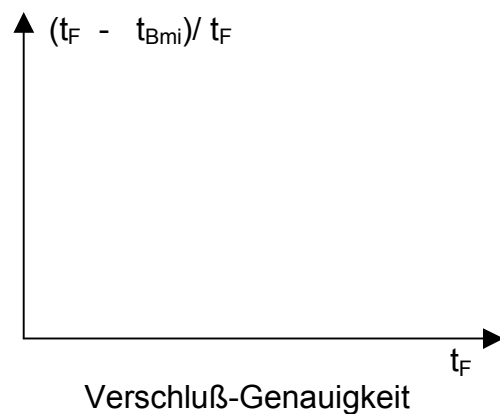
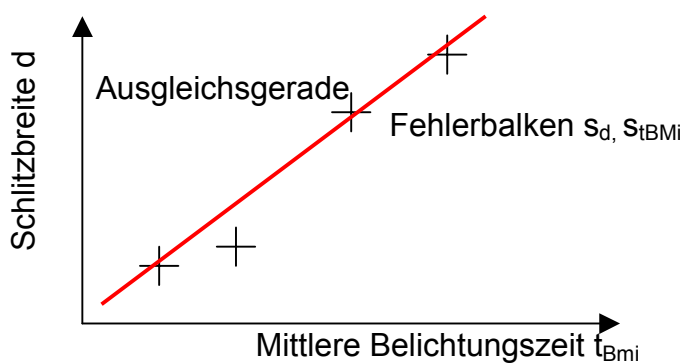
Belichtungszeit am Fotoapparat t_F	Belichtungszeit Mittelzelle $t_{BM} = t_3 - t_1$	Belichtungszeit Randzelle $t_{BR} = t_4 - t_2$	$t_2 - t_1$	$t_4 - t_3$	Vorhandgeschwindigkeit $v_a = 10 \text{ mm}/(t_2 - t_1)$	Vorhandgeschwindigkeit $v_b = 10 \text{ mm}/(t_4 - t_3)$

4. Ausarbeitung:

Am Platz mit Origin oder Excel

Belichtungszeit am Fotoapparat t_F	Schlitzbreite d nach (1) bzw. (2)	Mittlere Belichtungszeit $t_{Bmi} = (t_{BM} + t_{BR})/2$	Mittlere Vorhandgeschwindigkeit $(v_a + v_b)/2$	Standardunsicherheit s_v	Standardunsicherheit s_d, s_{Bmi}		$t_F - t_{Bmi}$

Graphiken:



Berechnung von Unsicherheiten:

Bemerkung: Nach der neuen DIN 13005 werden nicht mehr Größtunsicherheiten angegeben, sondern mittlere Unsicherheiten sog. Standardunsicherheiten. Bei Einzelmessungen wird angenommen, daß der wahre Meßwert mit gleicher Wahrscheinlichkeit über ein Toleranzintervall verteilt ist (Rechteckverteilung); da die Standardabweichung der Rechteckverteilung Intervall/ $\sqrt{3}$ ist, erhält man den angegebenen Zusammenhang. Bei Vielfachmessungen wird als Standardunsicherheit Standardabweichung/ \sqrt{n} = Streuung des ar. Mittels verwendet. Die Unsicherheit des Ergebnisses heißt „Kombinierte Standardunsicherheit“. Der Begriff Fehler wird generell ersetzt durch „Unsicherheit“. Siehe Vorlesung bzw. homepage, Physikpraktikum, Unsicherheitsrechnung Paßwort „studiosus“.

Vorhangeschwindigkeiten (es werden primär immer Zeitdifferenzen gemessen):

$$v_a = \frac{\Delta}{(t_2 - t_1)}; s_{t_2-t_1} = \frac{0,05 \cdot (t_2 - t_1)}{\sqrt{3}}; s_{\Delta} = \frac{0,2mm}{\sqrt{3}};$$

$$\frac{s_{v_a}}{v_a} = \sqrt{\left(\frac{s_{\Delta}}{\Delta}\right)^2 + \left(\frac{s_{t_2-t_1}}{(t_2 - t_1)}\right)^2}; \Delta = 10mm$$

mittlere Belichtungszeit

$$t_{BMi} = \frac{(t_{BM} + t_{BR})}{2}; s_{t_{BMi}} = \sqrt{\left(\frac{\partial t_{BMi}}{\partial t_{BM}} \cdot s_{t_{BM}}\right)^2 + \left(\frac{\partial t_{BMi}}{\partial t_{BR}} \cdot s_{t_{BR}}\right)^2}$$

$$\text{mit } s_{t_{BM}} = \frac{0,05 \cdot t_{BM}}{\sqrt{3}} \text{ und } s_{t_{BR}} = \frac{0,05 \cdot t_{BR}}{\sqrt{3}} \text{ ist}$$

$$s_{t_{BMi}} = \frac{0,05}{\sqrt{12}} \cdot \sqrt{t_{BM}^2 + t_{BR}^2}$$

Schlitzbreite:

$$\begin{aligned} \bar{d} &= \frac{v_a + v_b}{2} \cdot \frac{(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)}{2} = \frac{\Delta}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta}{t_4 - t_3} \cdot \frac{(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)}{2} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{\Delta}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta}{t_4 - t_3} \right] \cdot [(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)] = \\ &= \frac{\Delta \cdot [(t_4 - t_3) + (t_2 - t_1)] \cdot [(t_3 - t_1) + (t_4 - t_2)]}{4 \cdot (t_2 - t_1) \cdot (t_4 - t_3)} \end{aligned}$$

$$s_{\bar{d}} =$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\left(\frac{\partial \bar{d}}{\partial \Delta} \cdot s_{\Delta}\right)^2 + \left(\frac{\partial \bar{d}}{\partial \{t_2 - t_1\}} \cdot s_{\{t_2 - t_1\}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \bar{d}}{\partial \{t_4 - t_3\}} \cdot s_{\{t_4 - t_3\}}\right)^2 +} \\ &\left(\frac{\partial \bar{d}}{\partial \{t_3 - t_1\}} \cdot s_{\{t_3 - t_1\}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \bar{d}}{\partial \{t_4 - t_2\}} \cdot s_{\{t_4 - t_2\}}\right)^2 \approx \sqrt{5 \cdot \left(\frac{\partial \bar{d}}{\partial \{t_4 - t_2\}} \cdot s_{\{t_4 - t_2\}}\right)^2} \end{aligned}$$

Die ausgefüllten Tabellen Seite 4 und 5 sollen zusammen mit den beiden Graphiken abgegeben werden.