Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	**Zeitsteuerung in einem Rauchmelder**
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Elektrische und magnetische Felder ♦ Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ♦ Elektrische Energie in einem geladenen Kondensator ♦ Kondensator als Energiespeicher, Kapazität
Materialien	♦ M 1 Elektrolytkondensatoren ♦ M 2 Funktionsprinzip für optische Rauchmelder ♦ M 3 Möglicher Aufbau einer Zeitsteuerung ♦ M 4 Versuchsaufbau für das Experiment (Aufgabe 4) ♦ M 5 Vorschläge für die Konstruktion von Rauchmeldern ♦ M 6 Tab. 1: Wichtige Gleichungen
Quellenangaben	♦ Alle Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	♦ Wissenschaftlicher Taschenrechner ♦ Formelsammlung
zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	♦ Beschreibung des zeitlichen Verlaufs von Stromstärke und Spannung beim Entladen mit Hilfe einer Exponentialfunktion ♦ Digitales Messwerterfassungssystem
fachpraktischer Anteil	ja ☒ nein ☐ Zeitzuschlag: -
Hinweise	♦ Zusatzinformation Ersatzmesswerte für Prüflinge ♦ Hinweise zum Experiment für die Hand der Lehrkraft

1 Aufgabe

Zeitsteuerung in einem Rauchmelder

In jedem Jahr verunglücken Menschen tödlich durch Brände, die meisten in den eigenen Wohnungen durch Rauchvergiftungen. Rauchmelder können diese Unglücke verhindern. Diese Rauchmelder werden in den Räumen der Wohnungen an der Decke angebracht. In optischen Rauchmeldern spielen Kondensatoren eine wichtige Rolle.

Abb. 1:
Rauchmelder an der Decke eines Zimmers, IQB

		BE
1	Beschreiben Sie den Einfluss des Aufbaus eines Plattenkondensators auf seine Kapazität.	4
2	Begründen Sie, dass bei den im M 1 beschriebenen Elektrolytkondensatoren größere Kapazitäten als bei herkömmlichen Plattenkondensatoren erreicht werden.	4
3	Leiten Sie die Gleichung $t_{30\%} = -R \cdot C \cdot \ln 0{,}3$ her. Die Größe $t_{30\%}$ ist dabei die Zeitspanne zwischen dem Beginn des Entladevorganges und dem Zeitpunkt, in dem die Spannung am Kondensator auf 30% des Anfangswertes gesunken ist.	4
4	**Experiment** Überprüfen Sie die Proportionalität zwischen dem Widerstand R und der Zeit $t_{30\%}$ beim Entladen eines Kondensators mit Hilfe eines digitalen Messwerterfassungssystems. Bearbeiten Sie dazu die folgenden Aufträge.	
	Begründen Sie, dass die im M 4 beschriebene Schaltung die geforderte Untersuchung ermöglicht. Beschreiben Sie dazu die Vorgänge beim Schließen und Öffnen des Schalters.	4
	Bauen Sie den Versuch auf.	3
	Nehmen Sie für drei verschiedene Widerstände die Entladekurve für die Spannung am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit auf. Bestimmen Sie jeweils die Zeit, in der sich der Kondensator auf 30% des Anfangswertes der Spannung entladen hat.	3
	Werten Sie die Messwertpaare für R und $t_{30\%}$ aus. Formulieren Sie ein Versuchsergebnis. *Sollte Ihnen der Aufbau des Versuchs oder das Aufnehmen von Messwerten nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Hilfen zum Versuchsaufbau bzw. Ersatzmesswerte anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden bis zu 6 Bewertungseinheiten nicht erteilt.*	4
5	Beurteilen Sie auf der Grundlage von zwei selbstgewählten Kriterien die Vorschläge für die Konstruktion von Rauchmeldern hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile. Geben Sie eine begründete Empfehlung für die Auswahl eines Rauchmelders.	4

2 Material

Material 1

Elektrolytkondensatoren

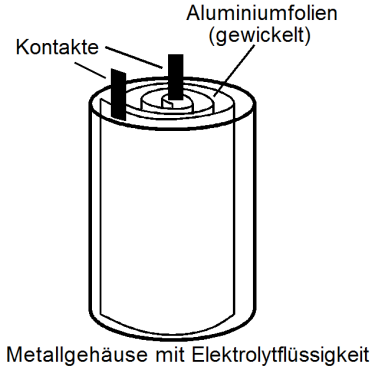


Abb. 2:
Aufbau eines Elektrolytkondensators, IQB

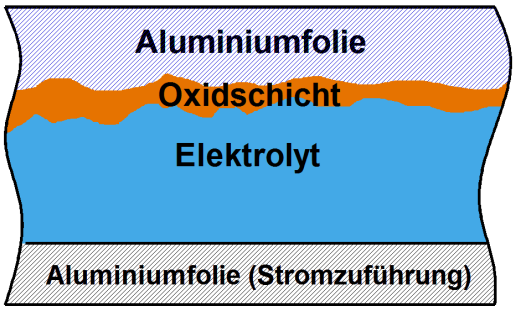


Abb. 3: Stark vergrößerter Querschnitt der Folien, IQB

Bei einem Elektrolytkondensator ist die eine Kondensatorplatte eine aufgewickelte Aluminiumfolie, die zweite Platte wird durch eine elektrisch leitende Flüssigkeit (Elektrolyt) realisiert. Die Aluminiumfolie ist mit einer ca. 0,15 µm dicken Oxidschicht überzogen. Diese Oxidschicht ist ein Nichtleiter. Eine weitere Aluminiumfolie ohne Oxidschicht dient als Stromzuführung für den Elektrolyten. Zwischen den Folien befinden sich noch Abstandhalter aus Papier.

Die Folien befinden sich aufgerollt in einem Gehäuse, welches vollständig mit dem flüssigen Elektrolyten befüllt sind. Der Elektrolyt kann sich der rauen Oberflächenstruktur der Oxidschicht auf der Aluminiumfolie sehr gut anpassen.

Material 2

Funktionsprinzip für optische Rauchmelder

In optischen Rauchmeldern wird die Raumluft mit Hilfe einer Leuchtdiode (LED) überprüft. Diese LED befindet sich in der Rauchkammer im Inneren des Rauchmelders. In regelmäßigen zeitlichen Abständen sendet die Leuchtdiode ein Lichtsignal aus. Im Brandfall wird dieses Licht an den Rauchteilchen gestreut und gelangt dadurch in einen Sensor, der ein akustisches Signal auslöst. Die Zeitspanne zwischen dem Aufblinken der LED kann mit Hilfe eines Kondensators gesteuert werden.
Die fest eingebaute Batterie hält bis zu 10 Jahre.

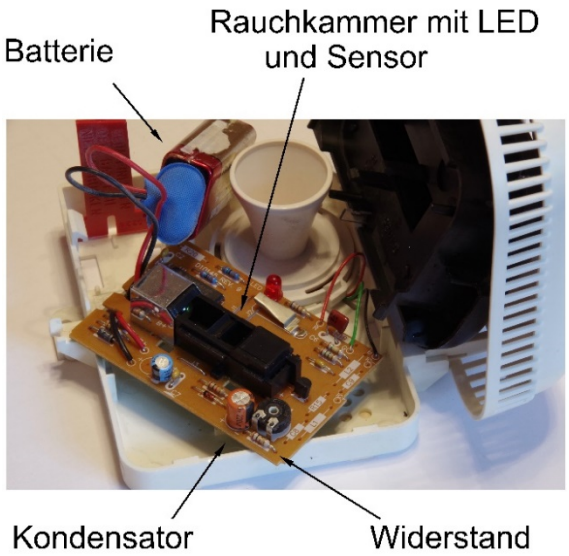


Abb. 4: Aufbau eines optischen Rauchmelders, IQB

Material 3

Möglicher Aufbau einer Zeitsteuerung

Für eine Zeitsteuerung kann ein Elektrolytkondensator verwendet werden, der sich über einen Widerstand entlädt. Wenn während des Entladens die Spannung am Kondensator auf 30% gesunken ist, so wird durch eine geeignete Schaltung ein Impuls ausgelöst, der die LED kurzzeitig aufleuchten lässt. Die Zeit für das Entladen auf 30% hängt von der Kapazität *C* des Kondensators und vom elektrischen Widerstand *R* ab.

Material 4

Versuchsaufbau für das Experiment (Aufgabe 4)

Mit dem abgebildeten Versuchsaufbau kann die Spannung an einem Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit beim Entladen untersucht werden.
Das Spannungsmessgerät in der Abbildung 5 symbolisiert ein digitales Messwerterfassungssystem mit Spannungssensor.
Beachten Sie die weiteren von der Lehrkraft gegeben Hinweise zu den Parametern der verwendeten Bauelemente und zum Umgang mit dem Messwerterfassungssystem.

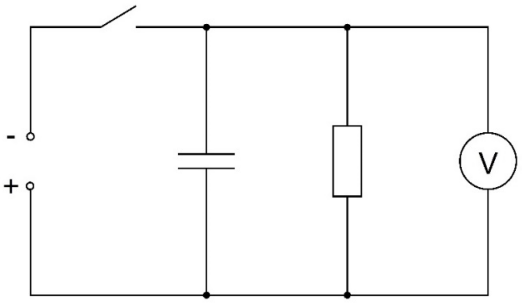


Abb. 5: Schaltplan für das Experiment, IQB

Material 5

Vorschläge für die Konstruktion von Rauchmeldern

Für die Konstruktion eines einfachen optischen Rauchmelders mit einer LED für die Verwendung in Wohnungen werden verschiedene Vorschläge diskutiert.

A Die LED leuchtet dauerhaft.

B Die LED blinkt im zeitlichen Abstand von einer Sekunde auf.

C Die LED blinkt im zeitlichen Abstand von zwei Minuten auf.

Material 6

Tab. 1: Wichtige Gleichungen

Spannung an einem Kondensator während des Entladens über einen Widerstand	$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{1}{RC} \cdot t}$	t	Zeit
		$U(t)$	Spannung zum Zeitpunkt t
		U_0	Spannung zum Zeitpunkt 0
		R	Widerstand
		C	Kapazität

Quelle: IQB

3 Zusatzinformation Ersatzmesswerte für Prüflinge

Sollte der Aufbau des Versuchs nicht gelingen, werden bis zu 3 BE nicht erteilt. Die Einhilfen der prüfenden Lehrkraft sind im Protokoll zu dokumentieren.

Zusatzinformation mit Ersatzmesswerten

Nur auf Anforderung

Sollte die Messung nicht gelingen, benutzen Sie für die Auswertung die folgenden Werte:

Variante 1:

C in µF (Herstellerangabe)	500	500	500
R in Ω (Herstellerangabe)	47	100	470
Zeit $t_{30\%}$ in s für das Absinken der Spannung auf 30%	0,030	0,065	0,300

Variante 2:

C in µF (Herstellerangabe)	4	4	4
R in Ω (Herstellerangabe)	510	1000	2000
Zeit $t_{30\%}$ in ms für das Absinken der Spannung auf 30%	3	5,5	11

Es werden 3 BE nicht erteilt, wenn diese Werte vom Prüfling angefordert werden.

4 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	*Beschreiben Sie den Einfluss des Aufbaus eines Plattenkondensators auf seine Kapazität.* Die Lernenden … S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien. *Die Prüflinge beschreiben den Einfluss der Fläche der Platten und des Abstands der Platten eines Plattenkondensators auf seine Kapazität.* Wird die Fläche der Platten vergrößert, vergrößert sich ebenfalls die Kapazität des Plattenkondensators. Dieser Zusammenhang ist proportional. Wird der Abstand der Platten verkleinert, vergrößert sich die Kapazität des Plattenkondensators. Hier besteht ein indirekt proportionaler Zusammenhang. *Ein Bezug zum Dielektrikum ist möglich, wird jedoch nicht erwartet.*	2 2		
2	*Begründen Sie, dass bei den im M 1 beschriebenen Elektrolytkondensatoren größere Kapazitäten als bei herkömmlichen Plattenkondensatoren erreicht werden.* Die Lernenden … K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder. *Die Prüflinge begründen die größere Kapazität in angemessener Fachsprache z.B. mit* ♦ der Verwendung eines Dielektrikums ♦ der vergrößerten Oberfläche durch die raue Oberflächenstruktur ♦ der Kompaktheit eines Elektrolytkondensators aufgrund der Wicklung.		4	
3	*Leiten Sie die Gleichung* $t_{30\%} = -R \cdot C \cdot \ln 0{,}3$ *her. Die Größe* $t_{30\%}$ *ist dabei die Zeitspanne zwischen dem Beginn des Entladevorganges und dem Zeitpunkt, in dem die Spannung am Kondensator auf 30% des Anfangswertes gesunken ist.* Die Lernenden … S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an. *Kommentierte Herleitung der Gleichung für die Zeit* $t_{30\%}$ Ansatz: $U(t_{30\%}) = 0{,}3 \cdot U_0$		4	

	Mit $U(t) = U_0\, e^{-\frac{1}{R\cdot C}\cdot t}$ ergibt sich: $$U(t_{30\%}) = U_0\, e^{-\frac{1}{R\cdot C}\cdot t_{30\%}}$$ $$0{,}3 = e^{-\frac{1}{R\cdot C}\cdot t_{30\%}}$$ $$\ln 0{,}3 = -\frac{1}{R\cdot C}\cdot t_{30\%}$$ $$t_{30\%} = -R\cdot C\cdot \ln 0{,}3$$			
4	**Experiment** *Überprüfen Sie die Proportionalität zwischen dem Widerstand R und der Zeit $t_{30\%}$ beim Entladen eines Kondensators mit Hilfe eines digitalen Messwerterfassungssystems.* *Bearbeiten Sie dazu die folgenden Aufträge.*			
	Begründen Sie, dass die im M 4 beschriebene Schaltung die geforderte Untersuchung ermöglicht. Beschreiben Sie dazu die Vorgänge beim Schließen und Öffnen des Schalters. Die Lernenden … S 5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus. *Die Prüflinge beschreiben die Funktionen der einzelnen Bauteile und begründen damit, dass die beschriebene Schaltung die geforderte Untersuchung ermöglicht.* Beim Schließen des Schalters wird der Kondensator zunächst mit der vom Netzgerät anliegenden Spannung aufgeladen. Wird nun der Schalter geöffnet, entlädt sich der Kondensator über den Widerstand. Am zum Widerstand parallel geschalteten Voltmeter (bzw. digitalen Messwerterfassungssystem) kann nun die Spannung untersucht (bzw. aufgenommen) werden.		2 2	
	Bauen Sie den Versuch auf. Die Lernenden … S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen. Die Prüflinge bauen die Versuchsanordnung vergleichbar zur Abb. 5 auf. *Nehmen Sie für drei verschiedene Widerstände die Entladekurve für die Spannung am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit auf.* *Bestimmen Sie jeweils die Zeit, in der sich der Kondensator auf 30% des Anfangswertes der Spannung entladen hat.* Die Lernenden … S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen.	3		

In den Abschnitten 3 und 7 sind weitere Hinweise für die Lehrkraft zur Durchführung des Experiments und zur Instruktion der Prüflinge dargestellt. Dabei werden zwei Varianten für die Messwerterfassung vorgeschlagen.

Die Prüflinge nehmen die Entladekurven für die drei Widerstände R_1, R_2 und R_3 auf und ermitteln daraus die drei Zeiten.

Messbeispiel - Variante 1 (Go!Link mit LoggerLite von Vernier©)

R in Ω (Herstellerangabe)	47	100	470
Zeit $t_{30\%}$ in s für das Absinken der Spannung auf 30%	0,030	0,065	0,300

Messbeispiel - Variante 2 (Datenlogger EasySense VISION)

R in Ω (Herstellerangabe)	510	1000	2000
Zeit $t_{30\%}$ in ms für das Absinken der Spannung auf 30%	3	5,5	11

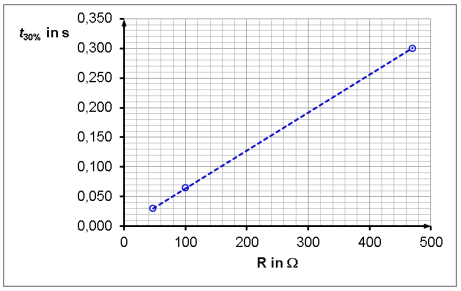
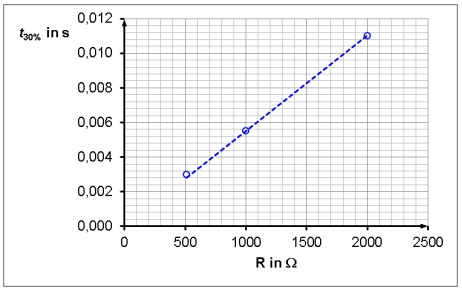
3

Werten Sie die Messwertpaare für R und $t_{30\%}$ aus. Formulieren Sie ein Versuchsergebnis.

Die Lernenden …

S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an.

Die Prüflinge erkennen an den Messwertepaaren für R und $t_{30\%}$ annähernd einen proportionalen Zusammenhang zwischen dem Widerstand R und der Zeit $t_{30\%}$.

Variante 1 (Go!Link mit LoggerLite von Vernier©)	Variante 2 (Datenlogger EasySense VISION)
	

Die Bearbeitung dieser Teilaufgabe fokussiert auf die Anwendung des Auswerteverfahrens.

4

5	*Beurteilen Sie auf der Grundlage von zwei selbstgewählten Kriterien die Vorschläge für die Konstruktion von Rauchmeldern hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile. Geben Sie eine begründete Empfehlung für die Auswahl eines Rauchmelders.* Die Lernenden … B 3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab. *Die Prüflinge wählen z. B. die Kriterien Energiebedarf und Sicherheit zur Beurteilung:* ♦ A: hohe Sicherheit, jedoch auch hoher Energiebedarf ♦ B: weiterhin hohe Sicherheit, geringerer Energiebedarf ♦ C: geringe Sicherheit, da, Rauch erst nach zwei Minuten erkannt wird, geringer Energiebedarf Hinsichtlich des Einsatzes in Wohnung sollte Variante B verwendet werden, da es wichtig ist eine Rauchentwicklung (z. B. durch einen Brand) frühzeitig zu erkennen und der Energiebedarf geringer als bei Variante A ist. Somit kann eine längere Lebensdauer der Batterie sichergestellt werden. *Die Bearbeitung der Aufgabe fokussiert hierbei nicht auf einen umfassenden Bewertungsprozess, sondern nur auf eine alltagsrelevante Entscheidung unter Abwägung von zwei ausgewählten Kriterien, z. B. Sicherheit und Energiebedarf.*			2 2
	Summe	**10**	**16**	**4**
	Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	**33,3**	**53,3**	**13,3**

5 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1			
2			3	
3	7			
4	4, 5, 6			
5				3

6 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster[1] vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

7 Hinweise zum Experiment für die Hand der Lehrkraft

Durch die prüfende Fachlehrkraft müssen den Schülerinnen und Schülern zu Beginn der Prüfung Informationen über die zu verwendenden Geräte und über den Umgang mit dem Messwerterfassungssystem bereitgestellt werden.

Zur Illustration möglicher Experimentieranordnungen werden zwei Varianten vorgestellt.

Die in den beiden Messbeispielen angegebenen Parameter der Bauelemente und Geräte sowie die Einstellungen am Messwerterfassungssystem (z. B. Messrate, Messbereich, Möglichkeit der Triggerung) hängen von der Ausstattung der jeweiligen Schule ab und müssen gegebenenfalls angepasst werden.

Variante 1: Go!Link mit LoggerLite von Vernier©

a) Geräte:

- Kondensator $C = 500\ \mu F$
- Widerstand $R_1 = 47\ \Omega$
- Widerstand $R_2 = 100\ \Omega$
- Widerstand $R_3 = 470\ \Omega$
- Messwerterfassungssystem mit Spannungssensor: Go!Link mit LoggerLite von Vernier© in Verbindung mit einem Laptop im Prüfungsmodus
- Stromversorgungsgerät (Gleichspannung, einstellbar)
- Schalter
- Verbindungskabel in ausreichender Anzahl

[1] Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

b) Versuchsaufbau und –durchführung

Der Versuch wird gemäß Abbildung 5 aufgebaut. In der Software LoggerLite werden im Menü **Data Collection** folgende Parameter eingestellt:

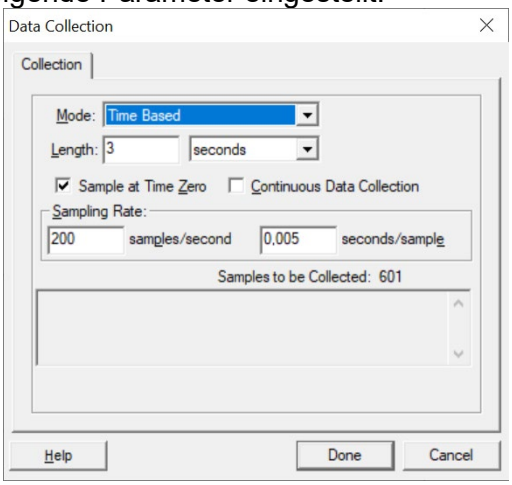


Abb. 6: Einstellung der Parameter in der Software LoggerLite, IQB

Die Entladekurven für die drei Widerstände werden nacheinander aufgenommen. Mit der Schaltfläche **Examine** können jeweils die gesuchten Zeitpunkte sowie ihre Differenz einfach ermittelt werden.

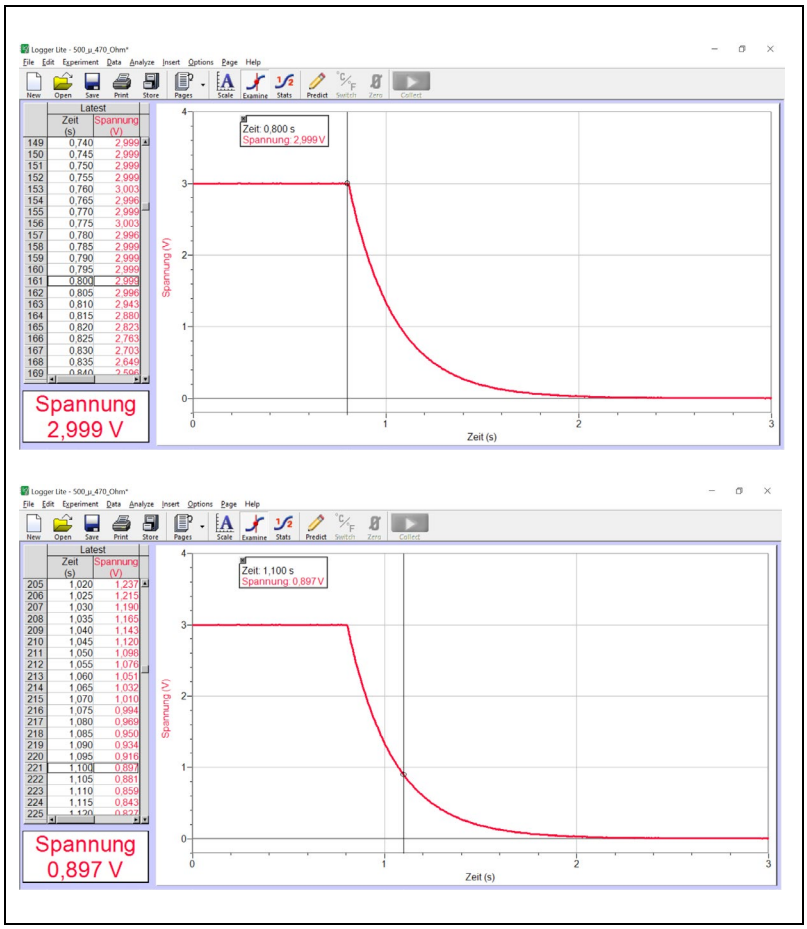


Abb. 7: Bestimmung der Zeit $t_{30\%}$ am Beispiel des 470 Ω - Widerstandes: Für $U(t_{30\%}) = 0{,}3 \cdot 2{,}999\,V \approx 0{,}90\,V$ ergibt sich $t_{30\%} = 0{,}3\,s$, IQB

Variante 2: Datenlogger EasySense VISION

a) Geräte:

- Kondensator $C = 4\ \mu F$
- Widerstand $R_1 = 510\ \Omega$
- Widerstand $R_2 = 1000\ \Omega$
- Widerstand $R_3 = 2000\ \Omega$
- Messwerterfassungssystem mit Spannungssensor (EasySense VISION, Cornelsen Experimenta)
- Stromversorgungsgerät (Gleichspannung, einstellbar)
- Schalter
- Verbindungskabel in ausreichender Anzahl

b) Versuchsaufbau und -durchführung

Der Versuch wird gemäß dem Schaltplan in Abbildung 5 aufgebaut. Die Abbildungen 8 und 9 zeigen den praktischen Versuchsaufbau und ein Messergebnis.

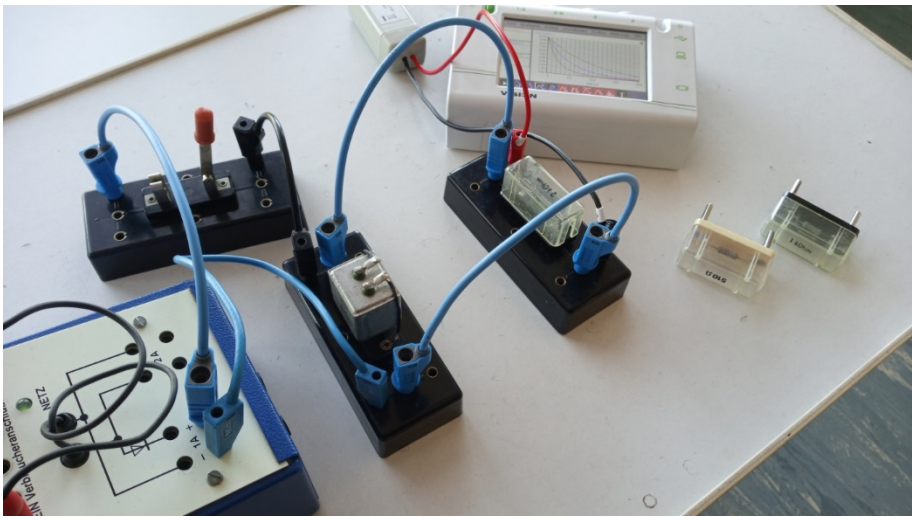


Abb. 8: Möglicher Versuchsaufbau nach Variante 2, IQB

Am Messwerterfassungssystem werden folgende Parameter eingestellt:

- Modus Grafik
- Messzeit 20 ms
- Der Trigger wird derart aktiviert, dass die Messung erst beginnt, wenn der Schalter geöffnet wird und die Spannung den Schwellenwert 10 V unterschreitet.

Abb. 9: Messbeispiel für die Variante 2, IQB