

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Physik

Aufgabentitel	Zuckergehalt von Weintrauben
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen ♦ Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen ♦ Überlagerung von Wellen ♦ Interferenz am Doppelspalt
Materialien	♦ M 1 Interferenzmuster eines Doppelspalt ♦ M 2 Das Gitter ♦ M 3 Interferenz im Wasser ♦ M 4 Die Brechzahl ♦ M 5 Zuckergehalt von Traubensaft ♦ M 6 Ermittlung der Lage der Maxima 1. Ordnung
Quellenangaben	♦ M 3 in Anlehnung an: internetchemie.info (2021, 25. Mai). <i>Brechungsindex von Wasser</i>. https://www.internetchemie.info/chemie-lexikon/daten/b/brechungsindex%20wasser.php (Zugriff am: 30.12.2024) ♦ M 5 in Anlehnung an: ♦ hobbybrennen.ch. <i>Zucker ↔ Brechungsindex ↔ Alkohol</i>. https://hobbybrennen.ch/Rechner/ZuckerBrechungsindexAlkohol.html (Zugriff am: 30.12.2024) ♦ Vicampo. <i>Oechsle</i>. https://www.vicampo.de/weinlexikon/oechsle-cms-p159 (Zugriff am: 30.12.2024) ♦ FrankenWeinLiebhaber. <i>Qualitätsstufen deutscher Weine</i>. https://www.frankenweinliebhaber.de/deutsche-weine-kaufen/339.Qualitaetsstufen-deutscher-Weine.html (Zugriff am: 30.12.2024)
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: —
Hinweise	

1 Aufgabe

Zuckergehalt von Weintrauben

Zur Bestimmung des richtigen Zeitpunktes der Traubenernte messen Winzerinnen und Winzer den Zuckergehalt des Traubensaftes.

Eine Schülergruppe möchte ein neues Verfahren zur Bestimmung des Zuckergehaltes von Weintrauben testen.

	BE
1 Als Vorversuch (siehe M 1) wird das Schirmbild hinter einem Doppelspalt beobachtet, der an der Innenseite eines zunächst luftgefüllten Glasbeckens befestigt ist. Auf dem Schirm entsteht ein Interferenzmuster. a Erklären Sie die Entstehung der Maxima des Interferenzmusters auf dem Schirm. Auf dem Schirm (M 1) misst die Schülergruppe mithilfe eines Geodreiecks für das Maximum 3. Ordnung eine Entfernung von 3 mm zum Maximum 0. Ordnung. Die Ablesegenauigkeit der Schülergruppe ist auf ganze Millimeter begrenzt. b Bestätigen Sie mithilfe einer Rechnung das Ergebnis der Schülergruppe von $0,7 \mu\text{m}$ für die Wellenlänge des verwendeten Lichts. c Im Datenblatt des Lasers findet man die Angabe 633 nm, was vom Wert der Teilaufgabe b abweicht. Beurteilen Sie, ob ein Fehler im Datenblatt vorliegen muss, falls die Messunsicherheit bei der Bestimmung des Maximums 3. Ordnung bei $\pm 0,5 \text{ mm}$ liegt.	4 4 5
2 Im experimentellen Aufbau von Material 1 wird der Doppelspalt durch ein Gitter mit dem Spaltmittenabstand $g = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ersetzt (siehe M 2). a Begründen Sie, dass nun die Maxima 1. Ordnung auf dem Schirm weiter auseinander liegen als bei Verwendung des Doppelspalts. Nun wird das Becken mit Wasser gefüllt und der Versuch wird wiederholt (siehe M 3a). b Bestimmen Sie mithilfe des Schirmbildes in Material 3b Abbildung 4 die Wellenlänge des Lichtes in Wasser. Bestätigen Sie mithilfe von Material 4, dass in dem Versuch für die ermittelte Brechzahl n von Wasser gilt: $1,2 \leq n \leq 1,4$.	3 4
3 Da Traubensaft für Laserlicht durchlässig ist, will die Schülergruppe den richtigen Zeitpunkt für die Traubenernte mit dem in Material 3 beschriebenen Versuchsaufbau bestimmen. In Material 5 ist der Zusammenhang zwischen Zuckergehalt und Brechzahl (siehe M 4) von Traubensaft beschrieben. a Mithilfe der Schritte in Material 6 ermittelt die Schülergruppe die Lage der Maxima 1. Ordnung für den Beugungsversuch aus Material 3. Im Glasbecken ist hierbei Traubensaft mit 73 Grad Oechsle enthalten. Begründen Sie die Aussagen (i) bis (iv). b Beurteilen Sie, ob die Schülergruppe mit dem Versuch eine verlässliche Empfehlung für den idealen Erntezeitpunkt gewinnen kann. Gehen Sie von der Ablesegenauigkeit aus, die in Teilaufgabe 1c angegeben ist.	6 4

2 Material

Material 1: Versuch zur Erzeugung eines Interferenzmusters mit einem Doppelspalt

Monochromatisches Laserlicht trifft senkrecht auf den im Becken befindlichen Doppelspalt.

Der Abstand a zwischen Doppelspalt und Schirm beträgt 14 cm.

Der Spaltmittenabstand g beträgt 0,10 mm.

Die Beugungswinkel α_k ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$) zu den beobachteten Maxima k -ter Ordnung können als klein betrachtet werden.

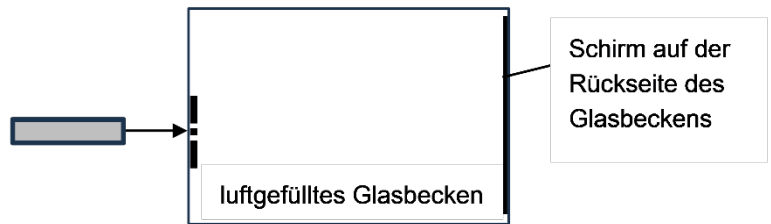


Abb. 1: Glasbecken mit Doppelspalt und Schirm (von oben betrachtet)

Material 2: Das Gitter

Ein Gitter ist vereinfacht gesagt eine Aneinanderreihung vieler Doppelspalte, wobei der Abstand der Spaltmitten jeweils g beträgt. Für die Lage der Maxima im Interferenzmuster hinter dem Gitter gilt dieselbe Formel wie beim Doppelspalt:

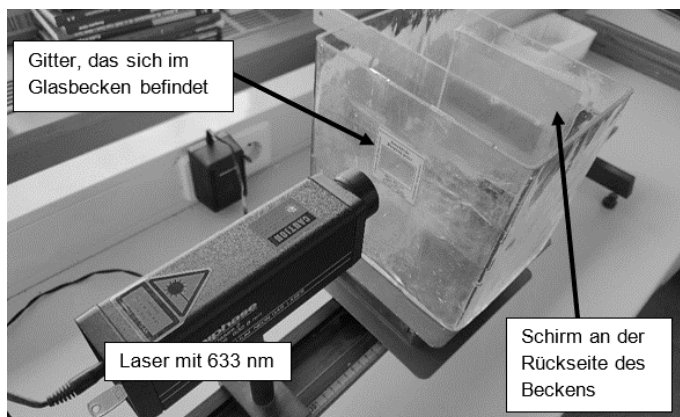
$$\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{g} \quad \text{mit } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$



Abb. 2: Anordnung der Spalte beim Gitter

Material 3: Interferenz in Wasser

a) Beugung in Wasser



Das Gitter besitzt den Spaltmittenabstand $g = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Der Abstand a zwischen Gitter und Schirm beträgt 14 cm.

Abb. 3: Versuchsaufbau mit Gitter im wassergefüllten Becken

b) Versuchsergebnis

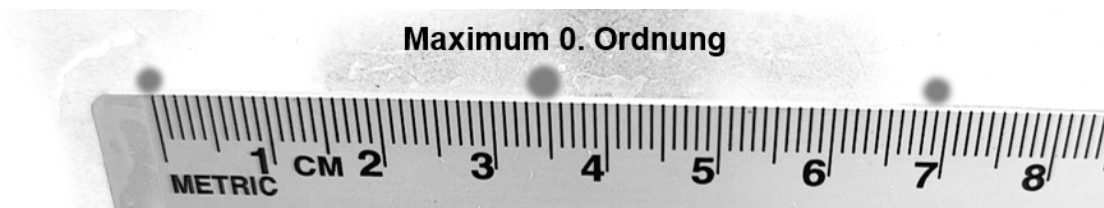


Abb. 4: zur Bestimmung der Lage der Maxima 1. Ordnung

Material 4: Die Brechzahl

Licht einer bestimmten Frequenz hat in verschiedenen Stoffen verschiedene Wellenlängen.

Das Verhältnis der Wellenlänge des Lichtes in Luft zu der Wellenlänge des Lichtes im Stoff nennt man die Brechzahl n des Stoffes:

$$n = \frac{\lambda_{\text{Luft}}}{\lambda_{\text{Stoff}}}$$

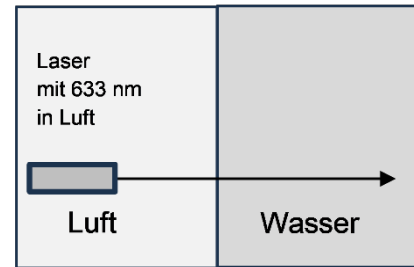


Abb. 5: Übergang von Licht an der Grenzfläche von Luft zu Wasser

Material 5: Zuckergehalt von Traubensaft

Die Traubenernte zur Produktion von Wein kann beginnen, wenn sich in den Weintrauben genügend Zucker befindet. Der Zuckergehalt wird in der Einheit „Grad Oechsle“ angegeben. Um einen maximalen Preis für den hergestellten Wein zu erzielen, muss hierfür der ideale Zeitpunkt der Traubenernte gefunden werden. Hierfür muss unter anderem der Zuckergehalt der Weintrauben auf wenige Grad Oechsle genau bestimmt werden können (siehe Tab. 1).

Nimmt der Zuckergehalt (und damit der Oechsle-Grad) des Traubensaftes zu, so steigt auch seine Brechzahl (vgl. M 4) mit der Zuckerkonzentration an (siehe Abb. 6).

	Qualitätsstufe Wein	Grad Oechsle
Niedrige Qualitätsstufe  Hohe Qualitätsstufe	Tafelwein:	ab 44
	Landwein:	ab 47
	Qualitätswein:	ab 55
	Prädikatswein:	ab 73

Tab. 1: Definition der Qualitätsstufen des produzierten Weins in dem Weinanbaugebiet

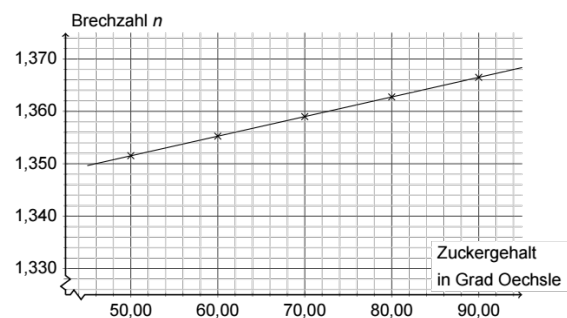


Abb. 6: Brechzahl in Abhängigkeit vom Zuckergehalt

Material 6: Ermittlung der Lage der Maxima 1. Ordnung

(i) Aus 73 Grad Oechsle folgt $n = 1,360$.

(ii) Somit ist $\lambda_{\text{Traubensaft}} = 465 \text{ nm}$.

(iii) Mit $\sin \alpha_1 = \frac{465 \text{ nm}}{2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$ folgt $\alpha_1 = 13,4^\circ$.

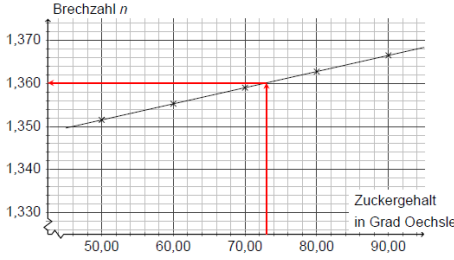
(iv) Auf dem Schirm liegen die Maxima 1. Ordnung somit ca. 6,7 cm entfernt voneinander.

3 Erwartungshorizont

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

Werden im Erwartungshorizont in Rechnungen Werte verwendet, die Resultat einer vorangegangenen Berechnung sind, so gehen sie in Taschenrechner-Genauigkeit in die jeweilige Berechnung ein, sind aber mit einer sinnvollen Genauigkeit angegeben.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	a Licht wird an den beiden Spalten gebeugt. Von jedem Spalt breitet sich eine kreisförmige Welle aus. Diese Wellen überlagern sich anschließend ungestört. Betrachtet man einen Punkt auf dem Schirm, so kann man den Unterschied der Laufwege der beiden, von den Spalten ausgehenden, Wellen bestimmen: den Gangunterschied Δs. Ist der Gangunterschied Null oder ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge, so überlagern sich beide Wellen konstruktiv. Dies nimmt man als helle Punkte auf dem Schirm wahr. b Da die Beugungswinkel sehr klein sind, gilt: $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ Somit gilt in guter Näherung: $\frac{k \cdot \lambda}{g} = \frac{d_k}{a}$ Somit ergibt sich rechnerisch: $\lambda = \frac{d_k \cdot g}{a \cdot k} = \frac{3 \text{ mm} \cdot 0,10 \text{ mm}}{14 \text{ cm} \cdot 3} = 0,7 \text{ } \mu\text{m}$. <i>$d_k$: Abstand Maximum k. Ordnung zum Maximum 0. Ordnung. Eine Berechnung über den Beugungswinkel ist ebenso möglich.</i> c Aufgrund der vorliegenden Messunsicherheit kann der Wert des Maximums 3. Ordnung zwischen 2,5 mm und 3,5 mm liegen. Mit diesen Werten würde man folgende Wellenlängen berechnen: $\lambda_1 = \frac{d_k \cdot g}{a \cdot k} = \frac{2,5 \text{ mm} \cdot 0,10 \text{ mm}}{14 \text{ cm} \cdot 3} = 595 \text{ nm}$ $\lambda_2 = \frac{d_k \cdot g}{a \cdot k} = \frac{3,5 \text{ mm} \cdot 0,10 \text{ mm}}{14 \text{ cm} \cdot 3} = 833 \text{ nm}$ Da 633 nm im Intervall $[6,0 \cdot 10^{-7} \text{ m}; 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}]$ liegt, muss kein Fehler im Datenblatt vorliegen.	4	4	5
2	a Für Doppelspalt und Gitter gilt für die Maxima k. Ordnung dieselbe Formel: $\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{g}$ mit $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ Da g bei dem Gitter deutlich kleiner ist als der Spaltmittenabstand beim Doppelspalt, ist der Bruch $\frac{\lambda}{g}$ ($k = 1$) – und somit auch der Beugungswinkel zum Maximum 1. Ordnung – beim Gitter größer als beim Doppelspalt. Folglich liegen die Maxima 1. Ordnung weiter auseinander. <i>Eine explizite Berechnung des Abstandes der Maxima 1. Ordnung ist möglich.</i>	3		

	b Abbildung 4 entnimmt man $d_1 = \frac{6,9 \text{ cm}}{2} = 3,45 \text{ cm}$ Somit folgt: $\tan \alpha_1 = \frac{d_1}{a} = \frac{0,0345 \text{ m}}{0,14 \text{ m}} \Rightarrow \alpha_1 = 13,8^\circ$ $\sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{g} \Rightarrow \lambda_{\text{Wasser}} = \sin(13,8^\circ) \cdot 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 479 \text{ nm},$ $n = \frac{\lambda_{\text{Luft}}}{\lambda_{\text{Stoff}}} = \frac{633 \text{ nm}}{479 \text{ nm}} = 1,3$ Somit liegt dieser Wert im angegebenen Intervall.			
3	a Zu (i): Für 73 Grad Oechsle bestimmt man die Brechzahl $n = 1,360$ (siehe Diagramm rechts).  Zu (ii): Man berechnet zuerst die Wellenlänge des Laserlichts in dem Traubensaft. Aus $n = \frac{\lambda_{\text{Luft}}}{\lambda_{\text{Stoff}}}$ folgt: $\lambda_{\text{Traubensaft}} = \frac{633 \text{ nm}}{1,360} = 465 \text{ nm}.$ Zu (iii): Die Beziehung für das Maximum 1. Ordnung an einem Gitter lautet $\sin \alpha_1 = \frac{1 \cdot \lambda}{g}$. Mit dem Spaltmittenabstand $g = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ folgt die genannte Beziehung. Es wird also berechnet, dass das Maximum 1. Ordnung im Traubensaft unter einem Winkel von $13,4^\circ$ auftritt. Zu (iv): Der Abstand der Maxima 1. Ordnung auf dem 14 cm entfernten Schirm berechnet sich zu: $2 \cdot d_1 = 2 \cdot \tan(13,4^\circ) \cdot 0,14 \text{ m} = 6,7 \text{ cm}.$ b Wie man aus dem Ergebnis von Teilaufgabe a schließen kann, bewirkt eine Änderung von 73 Grad Oechsle nur eine Änderung des Abstandes der Maxima 1. Ordnung von etwa 2 mm im Vergleich zu Wasser. Im Rahmen der Ablesegenauigkeit von 1 mm kann man folglich nur einen sehr ungenauen Oechsle-Wert bestimmen. Für den idealen Zeitpunkt benötigt man eine Unterscheidung von wenigen Grad Oechsle. Nur so lässt sich die angestrebte Qualität erzielen. Mit dem in Material 3 beschriebenen Beugungsversuch ist solch eine Unterscheidung sicher nicht denkbar. Man sollte sich nicht auf die doch sehr ungenaue Auswertungsmethode der Schülergruppe verlassen.	1	1	2
		2		4
	Summe¹	11	15	4

¹ Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1 a	1			
b	3			
c		7		
2 a	3			
b	3			
3 a			3	
b		7	3	

5 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 Bewertungsraster² vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

² Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.