



**ILLUSTRIERENDE PRÜFUNGS-AUFGABEN
FÜR DIE SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG**

Teil 2: Lösungsvorschläge

Die Illustrierenden Prüfungsaufgaben (Teil 1: Beispielaufgaben, Teil 2: Lösungsvorschläge, Teil 3: Erläuterungen) dienen der einmaligen exemplarischen Veranschaulichung von Struktur, Anspruch und Niveau der Abiturprüfung auf grundlegendem bzw. erhöhtem Anforderungsniveau im neunjährigen Gymnasium in Bayern.

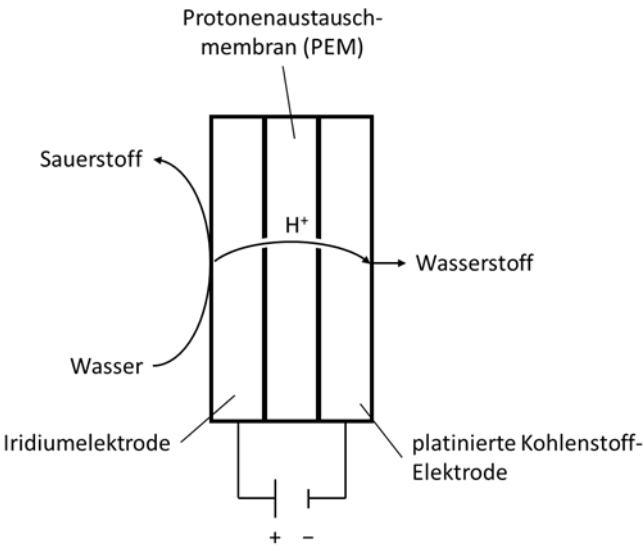
Chemie

grundlegendes Anforderungsniveau

Lösungsvorschläge

Die Lösungsvorschläge lassen sachlichen Gehalt, Art und Niveau der Beantwortung erkennen, ohne den Anspruch zu erheben, die einzig mögliche Lösung zu sein. Nicht genannte, aber gleichwertige Lösungswege und Begründungen sind gleichberechtigt. Angegebene Bewertungseinheiten sind verbindlich.

A1 Wasserstoff zur Energiespeicherung

		BE
1	<p>Skizze der beschriebenen PEM-Elektrolysezelle:</p>  <p>Die Protonenaustauschmembran ermöglicht den Ionenfluss und schließt damit den Stromkreis. Außerdem würde sonst keine Möglichkeit bestehen, dass die Protonen zur Kathode gelangen.</p>	4
2	<p>Bei der photokatalytischen Wasserstoffgewinnung werden an einem geeigneten Trägermaterial, das gleichzeitig Lichtenergie absorbiert und die Wasserspaltung katalysiert, angeregte Elektronen auf Protonen übertragen und so elementarer Wasserstoff erzeugt. Die Elektronenlücke im Material wird durch die Spaltung von Wasser in Protonen und elementarem Sauerstoff gefüllt.</p> <p>Vergleich zwischen Elektrolyse und photokatalytischer Spaltung, z. B.: Der Wirkungsgrad bei der Elektrolyse liegt wesentlich höher als bei der photokatalytischen Spaltung. Sonnenlicht ist im Gegensatz zu elektrischer Energie nicht durchgehend verfügbar. Für den Aufbau einer elektrochemischen Zelle zur Photokatalyse sind deutlich weniger Rohstoffe als für die Elektrolyse nötig.</p> <p>Aufgrund der beiden ersten Nachteile der photokatalytischen Spaltung ist deren Einsetzbarkeit derzeit noch nicht großtechnisch möglich.</p>	2 3 1
3	<p>Geg.: $K_c = 1,1$; $c(\text{H}_2) = 11,6 \text{ mmol/L}$; $c(\text{CO}_2) = 2,7 \text{ mmol/L}$, Ges.: $c(\text{CO})$</p> <p>Aufstellen des Massenwirkungsgesetzes:</p> $K_c = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)}$ <p>Ersetzen der Wasser- durch die Kohlenstoffmonoxid-Konzentration:</p> $K_c = \frac{c(\text{CO})^2}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)}$	1 1

	<p>Auflösen und Einsetzen:</p> $c(\text{CO}) = \sqrt{K_c \cdot c(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)}$ $c(\text{CO}) = \sqrt{1,1 \cdot 11,6 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot 2,7 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}} \approx 5,87 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$ <p>Möglichkeit 1: Temperaturerhöhung Die RWGS-Reaktion hat eine positive Reaktionsenthalpie, ist also endotherm. Nach dem Prinzip von Le Chatelier reagiert ein im Gleichgewicht befindliches System auf einen äußeren Zwang immer durch eine Neueinstellung des Gleichgewichts so, dass es dem Zwang ausweicht. Durch eine Temperaturerhöhung wird die endotherme Reaktionsrichtung bevorzugt, wodurch sich mehr Kohlenstoffmonoxid bildet.</p> <p>Möglichkeit 2: z. B.: Erhöhen der Konzentration des eingeleiteten Kohlenstoffdioxids. Nach dem Prinzip von Le Chatelier folgt hier, dass einer Erhöhung der Kohlenstoffdioxid-Konzentration entgegengewirkt wird, indem die Eduktkonzentrationen ab- und die Produktkonzentrationen zunehmen.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
<p>4</p>	<p>Kriterium 1: Wirtschaftlichkeit Die volumetrische Lagerkapazität sollte möglichst groß sein, da andernfalls größere Tanks zur Speicherung gebaut werden müssen und die Materialkosten für den Bau somit höher werden. Eine Nutzung bestehender Infrastruktur spart Kosten.</p> <p>Kriterium 2: Energieeffizienz Bei der Lagerung und Freisetzung des gespeicherten Wasserstoffs sollte möglichst wenig Energie benötigt werden. Damit sind alle Verfahren, bei denen eine Kühlung oder Erhitzen notwendig sind, eher als ungünstig einzuschätzen.</p> <p>Kriterium 3: Sicherheit Eine Lagerung unter hohem Druck birgt das Risiko, dass Behälter bei Beschädigung platzen können und die entstehende Druckwelle für große Schäden sorgt.</p> <p>Schlussfolgerung auf Grundlage der Bewertungskriterien und Gewichtung dieser, z. B.: Eine Lagerung unter Kompression bietet sich nicht an, da ein Sicherheitsrisiko besteht. Die Lagerung als Flüssigwasserstoff verbraucht große Energiemengen, um die Kühlung aufrechtzuerhalten und ist deshalb weder nachhaltig noch wirtschaftlich. Bei der Methanisierung muss nicht so stark gekühlt werden und es kann die bereits bestehende Infrastruktur genutzt werden, womit diese Methode hier wahrscheinlich am besten geeignet ist.</p>	<p>3</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>3</p>
		<p>30</p>

A 2 Textilfärbung

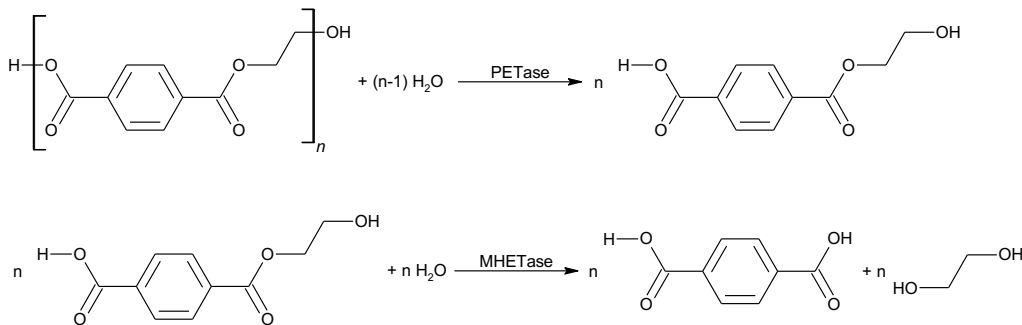
	BE
<p>1 Strahlung wird absorbiert, wenn ihre Energie ausreicht, um ein Elektron aus der höchsten besetzten Energiestufe (HOMO) in die niedrigste unbesetzte Energiestufe (LUMO) anzuregen. Liegt die Wellenlänge der absorbierten Strahlung im sichtbaren Bereich, so ist der Stoff farbig. Zeichnung des Energiestufenschemas:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Das Absorptionsspektrum zeigt Absorptionsmaxima für Indigo bei ca. 610 nm und für Leukoindigo bei ca. 440 nm. Indigo absorbiert damit orange-rotes Licht am stärksten und erscheint damit in der Komplementärfarbe Blau. Leukoindigo absorbiert am stärksten violett-blaues Licht und erscheint damit gelb-orange.</p>	<p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
<p>2 Bestimmung der Oxidationszahlen beider Moleküle:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div> <p>Es handelt sich um eine Redoxreaktion, weil sich die Oxidationszahlen ändern. Indigo-Moleküle sind nicht geladen, während Leukoindigo-Moleküle zweifach negativ geladen sind. \Rightarrow Leukoindigo lässt sich gut in Wasser lösen und gelangt mit dem Lösemittel in die Zwischenräume der Faser. Beim Trocknen wird Leukoindigo wieder zu Indigo oxidiert, das nicht mehr wasserlöslich ist und damit in der Faser verbleibt.</p>	<p>2</p> <p>1</p> <p>4</p>
<p>3 Das Aramid-Molekül weist Amidgruppen auf und wurde über eine Polykondensation hergestellt. Als Monomere benötigt man 1,3-Diaminobenzol und Benzol-1,3,5-tricarbonsäure. Das Aramid zersetzt sich bei Erhitzen, da aufgrund der Elektronenpaarbindungen keine Verschiebung der Moleküle möglich ist. Das Polysulfon wird beim Erhitzen erst weich und schmilzt, bevor es sich zersetzt, da sich die Molekülketten gegeneinander verschieben lassen, wenn die Wechselwirkungen überwunden sind.</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>

4	<p>Säurerot liegt in neutralen Lösungen als Anion vor. Bei Zugabe von Säure wird das Farbstoff-Molekül protoniert und ist damit nicht mehr geladen.</p> <p>Damit sollten die Anziehungskräfte durch positive Ladungen auf der Oberfläche des Adsorptionsmittels im Sauren geringer sein, also weniger Farbstoff gebunden werden.</p> <p>Experiment, z. B.</p> <p>Es werden zwei Versuchsansätze mit identischer Farbstoffkonzentration und gleichen Mengen Adsorptionsmittel hergestellt. Bei einem Ansatz wird ein neutraler, beim anderen ein saurer pH-Wert eingestellt. Nach Durchmischen wird die verbliebene Farbstoffkonzentration in der Lösung ermittelt.</p> <p>Wenn die verbliebene Farbstoffkonzentration im Ansatz mit saurer Lösung höher liegt als im Ansatz mit neutraler Lösung, ist die Hypothese gestützt, anderenfalls ist sie widerlegt.</p>	1 1 2 1
5	<p>Die Kunststoffmembranen bei der Nanofiltration werden aus fossilen Rohstoffen hergestellt und sind demnach nicht besonders nachhaltig. Der Bodensatz aus der Reisweinproduktion ist ein nachwachsender Rohstoff.</p> <p>Allerdings ist die Haltbarkeit der Membran relativ hoch und sie muss, wenn keine Beschädigungen auftreten, lange nicht ausgetauscht werden, während der Reisweinbodensatz aufgrund der begrenzten Adsorptionsfähigkeit entweder in relativ kurzen Abständen ausgetauscht werden muss bzw. in großen Mengen benötigt wird.</p> <p>Die Menge an Abfällen nimmt bei der Adsorption zu, weil nicht nur der Farbstoff, sondern auch das verwendete Adsorptionsmittel entsorgt werden müssen. Bei der Nanofiltration fällt eine Lösung mit relativ hoher Konzentration an Schadstoffen an, womit die Abfallmenge eher niedrig ist.</p> <p>Abschließendes Urteil, z. B.:</p> <p>Die Nanofiltration ist wahrscheinlich nachhaltiger als die Adsorption mittels Pflanzenmaterial.</p>	1 1 2 1
		30

A 3 Polyethylenterephthalat

BE

1



Enzyme beschleunigen den Reaktionsablauf durch Herabsetzen der Aktivierungsenergie und liegen nach der Katalyse unverändert vor.
Enzyme sind substrat- und wirkungsspezifisch.

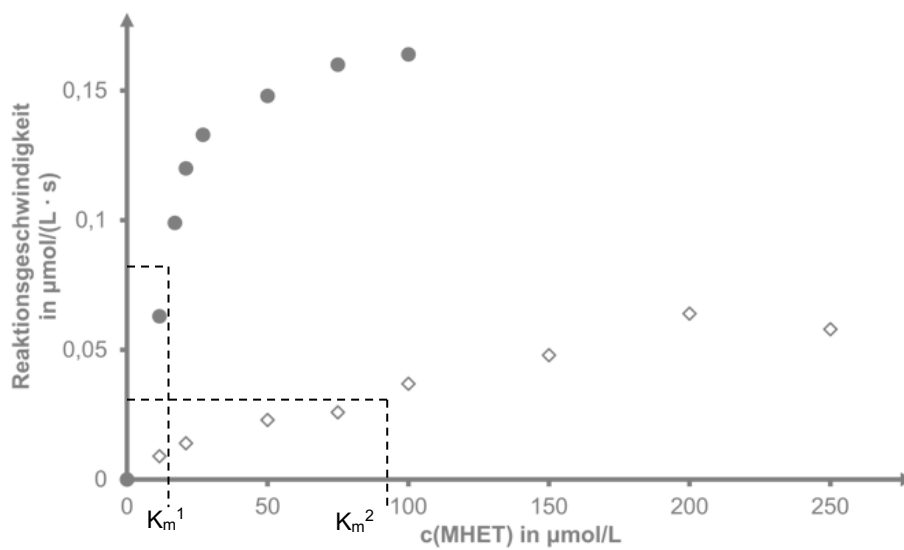
5

1

2

2

Es wird je eine Versuchsreihe für MHETase und die durch Mutation entstandene MHETase durchgeführt. Dabei werden jeweils mehrere Ansätze mit steigenden MHET-Konzentrationen bei identischen Bedingungen und gleichen Enzymkonzentrationen hergestellt. Nach jeweils derselben Zeit wird z. B. eine Messung der Terephthalsäure-Konzentration durchgeführt.



● MHETase aus *Ideonella sakaiensis* ◇ durch Mutation entstandene MHETase

Durch Mutation entstandene MHETase ist weniger gut geeignet, da viel höherer K_m -Wert (K_m^2), d. h. die Affinität zum Substrat ist viel geringer.

4

2

2

3	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Die Aminosäure-Bausteine sind durch Peptidbindungen verknüpft. Im PET-Molekül handelt es sich hingegen um Esterbindungen.</p> <p>Aufgrund der Mesomerie hat die C-N Bindung einen starken Doppelbindungscharakter. Die beteiligten Atome sind planar angeordnet, es besteht keine freie Drehbarkeit.</p> <p>Die C-O-Bindung der Esterbindung hat hingegen Einfachbindungscharakter mit freier Drehbarkeit. Die Esterbindung ist dadurch nicht planar.</p>	3 2 2
4	<p>Hypothese: z. B.: Die durch die Verknüpfung räumlich benachbarten Enzyme spalten PET schneller zu den Endprodukten als frei vorliegende.</p> <p>Ansatz 1 ist ein Kontrollansatz, um die spontane Hydrolyse von PET auszuschließen.</p> <p>Enzym und Substrat können nur nach einem wirksamen Stoß einen Enzym-Substrat-Komplex bilden. Nur in diesem Fall kann das Substrat zu den Produkten umgesetzt werden.</p> <p>Ist die MHETase an die PETase gekoppelt, trifft das Produkt der ersten Reaktion mit höherer Wahrscheinlichkeit direkt auf die MHETase. Es erfolgt eine schnellere Umsetzung zu den Endprodukten (Ansatz 3).</p>	2 1 2 2
		30

A 4 Einflüsse von Kohlenwasserstoffen auf die Atmosphäre

		BE
1	<p>Beobachtung: Entfärbung des Bromwassers bei Einleiten von Isopren, keine Veränderung bei Methan; im Isopren-Molekül sind C=C-Doppelbindungen vorhanden, an die Brom-Moleküle addiert werden. Die Reaktion sorgt für eine Abnahme der Bromkonzentration und führt damit zur Entfärbung.</p> <p>Mechanismus am Beispiel einer C=C-Doppelbindung:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><i>Hinweise zur Bepunktung: Pfeile für die Elektronenverschiebung</i> <i>Beschriftung: Bildung des Pi-Komplexes (1), elektrophiler Angriff (2), nucleophiler Rückseitenangriff (3), Formeln für Zwischenprodukte und Produkt (4)</i></p>	1 2 2 2 3
2	<p>Reaktionsgleichung für Methan: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Reaktionsgleichung für Propan: $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Anwendung des Satzes von Hess</p> <p>Berechnen der Werte:</p> $\Delta_f H^\circ(\text{Methan}) = [n(\text{CO}_2) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [n(\text{CH}_4) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CH}_4) + n(\text{O}_2) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2)]$ $= [1 \text{ mol} \cdot (-393,5 \text{ kJ/mol}) + 2 \text{ mol} \cdot (-241,8 \text{ kJ/mol})] - [1 \text{ mol} \cdot (-74,8 \text{ kJ/mol}) + 2 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol}] = -802,3 \text{ kJ}$ $\Delta_f H^\circ(\text{Propan}) = [n(\text{CO}_2) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [n(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{C}_3\text{H}_8) + n(\text{O}_2) \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2)]$ $= [3 \text{ mol} \cdot (-393,5 \text{ kJ/mol}) + 4 \text{ mol} \cdot (-241,8 \text{ kJ/mol})] - [1 \text{ mol} \cdot (-103,9 \text{ kJ/mol}) + (5 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol})] = -2043,8 \text{ kJ}$ <p>Die molare Masse von Methan ist kleiner als die von Propan. Demnach ist bei gleicher Masse die Stoffmenge von Methan größer als die von Propan, womit der Brennwert pro Masse bei Methan größer ist.</p>	1 1 2 1 1 3
3	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Modellvorstellung: Atomradien sowie Bindungswinkel ableitbar; Valenzstrichformel: keine Aussage über räumlichen Bau</p>	5 2

4	<p>Ca. von 1980 bis 1988: Anstieg der Emissionen von Trichlorfluormethan, da es weltweit ohne Verbot genutzt wurde.</p> <p>Von 1987 bis 2007 kontinuierliches Absinken der Emissionen, da immer mehr Länder dem Montreal-Protokoll nachkamen und Herstellung und Nutzung des Stoffes verboten, z. B. Bundesrepublik Deutschland seit 1991.</p> <p>Von 2007 bis 2018 stiegen die Emissionen trotz nahezu flächendeckendem Verbot seit 2009 wieder an. Hypothese z. B.: Illegale Produktion und Nutzung von Trichlorfluormethan.</p> <p>Von 2018 bis 2020 sanken die Emissionen wieder. Hypothese z. B.: nachhaltigeres Durchsetzen des Verbots.</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
		30