

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2026

Aufgaben für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Das Döbereiner-Feuerzeug – eines der ersten modernen Feuerzeuge
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Chemische Bindung ♦ Elektronenpaarbindung ♦ Chemische Reaktionen ♦ Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen ♦ Reaktionsgeschwindigkeit ♦ Katalyse ♦ Satz von Hess
Materialien	♦ M 1 Döbereiner-Feuerzeug ♦ M 2 Schematische Darstellung der Vorgänge an der Platin-Oberfläche ♦ M 3 Modellexperiment zum Döbereiner-Feuerzeug
Quellenangaben	♦ M 1 ♦ Gesellschaft Deutscher Chemiker (2016, September). GDCH. https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/GDCh/historische_staetten/jena.pdf (Zugriff am: 27.06. 2022) ♦ Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). <i>CRC Handbook of Chemistry and Physics</i> (95. Aufl.). Taylor & Francis. ♦ M 2 ♦ verändert nach Behrendt, F. (1999). Habilitationsschrift: <i>Experimentelle und numerische Beschreibung katalytischer Zünd- und Verbrennungsprozesse</i>. https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/1507/1/habil.pdf (Zugriff am: 24.05.2023)
Hilfsmittel	♦ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat ♦ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag:

1 Aufgabe

Das Döbereiner-Feuerzeug – eines der ersten modernen Feuerzeuge

Die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts wird mit einer Aufbruchsstimmung in den Naturwissenschaften, speziell in der Chemie, verbunden. Dies war auch die Wirkungszeit des im thüringischen Jena lebenden Chemikers Johann Wolfgang Döbereiner, der mit der Untersuchung von Platin den Weg zur Katalyse ebnete.

	BE
1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Wasserstoff. Berechnen Sie die Änderung der Enthalpie für diese Reaktion (M 1). Skizzieren Sie ein beschriftetes Energiediagramm für den Verlauf der Verbrennungsreaktion von Wasserstoff. Begründen Sie anhand diesem die Notwendigkeit eines Funkens zur Entzündung eines Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischs bei Raumtemperatur.	7
2 Berechnen Sie für die Reaktion 1 die Masse an Zink (bei einem Druck von 101,325 kPa und einer Temperatur von 298,15 K), die im Laufe eines Jahres verbraucht wird, um eine Glasglocke mit 150 mL Fassungsvermögen einmal täglich mit Wasserstoff zu befüllen (M 1). Analysieren Sie die Inhaltsstoffe des Döbereiner-Feuerzeugs unter dem Aspekt der Einsatzdauer und Wiederverwendbarkeit des Feuerzeugs (M 1).	7
3 Beschreiben Sie mithilfe von Abbildung 3 die Vorgänge an der Platin-Oberfläche auf der Teilchenebene (M 2). Begründen Sie die Notwendigkeit des Platinschwamms für die Funktionsweise des Döbereiner-Feuerzeugs (M 1).	6
4 Ordnen Sie den in Abbildung 4 gegebenen Kurven A und B die Salzsäuren unterschiedlicher Stoffmengenkonzentrationen begründet zu (M 3). Beurteilen Sie den Einfluss der Stoffmengenkonzentration der Schwefelsäure-Lösung im Döbereiner-Feuerzeug auf die Reaktionsgeschwindigkeit für das Entzünden und Verbrennen des Wasserstoffs (M 3).	6
5 Nennen Sie aus chemischer Sicht und unter dem Aspekt der Handhabbarkeit in der Praxis jeweils zwei Gründe dafür, dass das Döbereiner-Feuerzeug heute nur noch bei Sammlern Anwendung findet (M 1).	4

Quellen (ggf. verändert):

- [1] Gesellschaft Deutscher Chemiker (2016, September). GDCh: https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/GDCh/historische_staetten/jena.pdf (Zugriff am: 27.06. 2022)
- [2] Haynes, W., Lide, D. R. & Bruno, T. J. (2014). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (95. Aufl.). Taylor & Francis.
- [3] Behrendt, F. (1999). Habilitationsschrift: *Experimentelle und numerische Beschreibung katalytischer Zünd- und Verbrennungsprozesse*: <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/1507/1/habil.pdf> (Zugriff am: 24.05.2023)

2 Material

Material 1: Döbereiner-Feuerzeug [1], [2]

Im Jahre 1823 stellte Döbereiner fest, dass feinverteiltes Platin in der Lage ist, ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch bei Raumtemperatur zur Reaktion zu bringen. Mit dieser Entdeckung eröffnete Döbereiner ein neues Forschungsfeld für die Chemie und die Physik - die Katalyse.

Das Döbereiner-Feuerzeug besteht aus einem zylinderförmigen Glas, welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. In dem Gefäß hängt eine nach unten offene Glasglocke (je nach Bauart mit unterschiedlichem Fassungsvermögen), in deren Innenraum ein Stück Zink mit einem Draht befestigt ist. Die Glasglocke ist mit einem Hahn verschlossen. Direkt gegenüber diesem befindet sich ein Platinschwamm (feinverteiltes Platin), welcher beim Betrieb des Feuerzeugs als Katalysator wirkt. Wird der Hahn geöffnet, kommt das Zink mit der sauren Lösung in Berührung und es entwickelt sich Wasserstoff (Reaktion 1). Dieser strömt zur Öffnung, kommt in Kontakt mit dem Platinschwamm und reagiert mit dem Sauerstoff aus der Luft (Reaktion 2). Dabei wird der Platinschwamm zum Glühen gebracht und der nachströmende Wasserstoff entzündet sich.

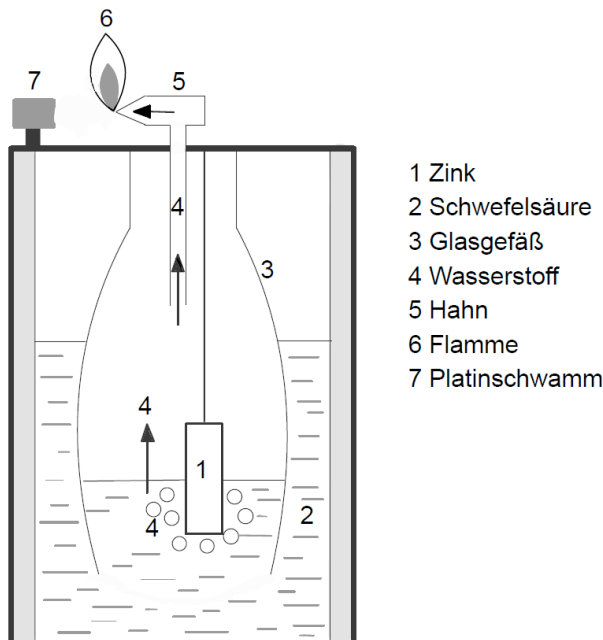


Abb. 1: schematische Darstellung des Döbereiner-Feuerzeugs



Abb. 2: Foto eines originalen Döbereiner-Feuerzeugs

Standardbildungsenthalpie von Wasserdampf (bei $T = 298,15 \text{ K}$ und $p = 101,325 \text{ kPa}$):

$$\Delta_f H^\circ = -241,83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Material 2: Schematische Darstellung der Vorgänge an der Platin-Oberfläche [3]

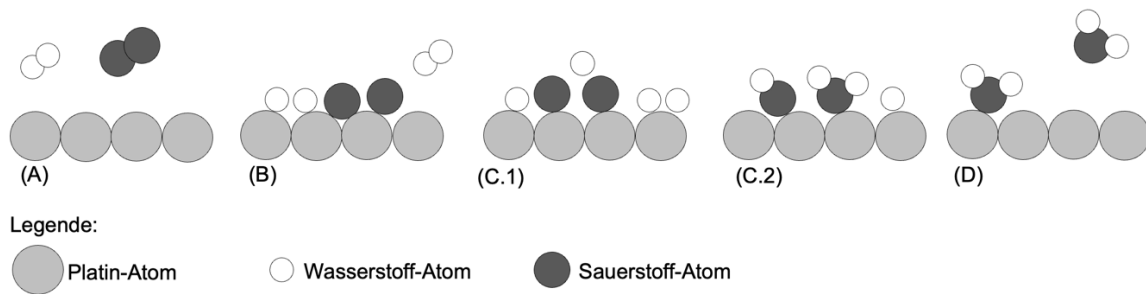


Abb. 3: Vorgänge auf Teilchenebene an der Platin-Oberfläche

Material 3: Modellexperiment zum Döbereiner-Feuerzeug

In einem Modellexperiment wird der Einfluss der Stoffmengenkonzentration einer sauren Lösung auf die Reaktionsgeschwindigkeit untersucht. Dazu wird jeweils die gleiche Masse an Zink mit Salzsäure unterschiedlicher Stoffmengenkonzentrationen ($c_1 = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$, $c_2 = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$) versetzt.

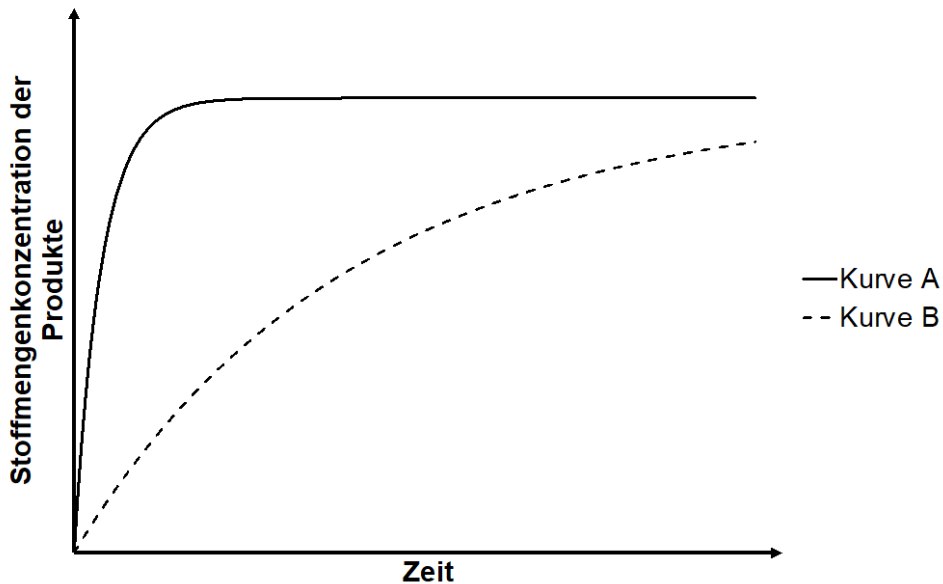
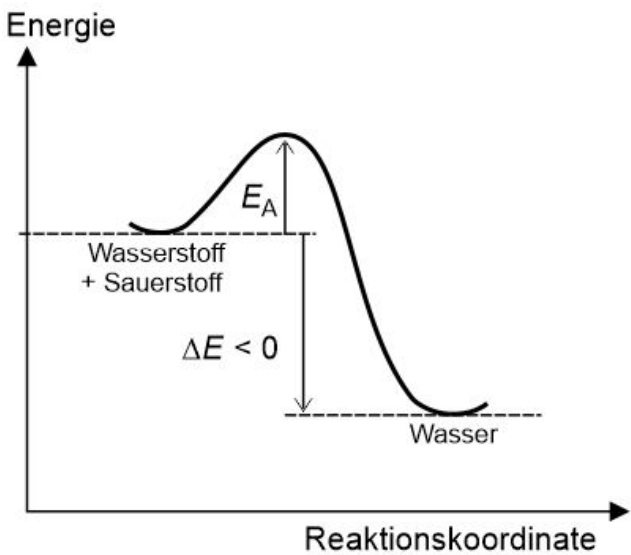


Abb. 4: Stoffmengenkonzentrations-Zeit-Diagramm der Reaktion

3 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	<u>Formulierung der Reaktionsgleichung:</u> ♦ $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1		
	<u>Berechnung der Änderung der Enthalpie:</u> $\Delta H = [2 \text{ mol} \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - [2 \text{ mol} \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2) + 1 \text{ mol} \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2)]$ $\Delta H = 2 \text{ mol} \cdot (-241,83) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -483,66 \text{ kJ}$		2	
	<u>Skizze eines beschrifteten Energiediagramms für den Verlauf der Verbrennungsreaktion:</u> 	2	1	
	<u>Begründung der Notwendigkeit eines Funkens:</u> ♦ Die gegebene Energie bei Raumtemperatur reicht für die Entzündung des Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischs nicht aus, da die Aktivierungsenergie höher ist. Der Funke soll diese Energie aufbringen.	1		
2	<u>Berechnung der Masse an Zink:</u> ♦ zugrunde liegende Reaktionsgleichung: $\text{Zn} + 2\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$			
	$\frac{n(\text{Zn})}{n(\text{H}_2)} = \frac{1}{1}, \text{ d. h. } n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2)$		1	
	$m(\text{Zn}) = n(\text{Zn}) \cdot M(\text{Zn})$ $= n(\text{H}_2) \cdot M(\text{Zn})$		2	

	$m(\text{Zn}) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} \cdot M(\text{Zn})$ $= \frac{0,150\text{L}}{24,466 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} \cdot 65,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,401\text{g}$ Masse von Zink pro Jahr (365 Tage): $m_a(\text{Zn}) = 146,4\text{ g}$ <u>Analyse der Inhaltsstoffe unter dem Aspekt der Einsatzdauer und Wiederverwendbarkeit:</u> ♦ Mit dem Verbrauch an Zink sinkt gleichzeitig die Stoffmengenkonzentration der Schwefelsäure-Lösung und die Bildung von Wasserstoff bleibt nach einer gewissen Einsatzdauer aus. ♦ Beides kann aber wieder nachgefüllt werden und damit ist das Feuerzeug wieder einsatzbereit.	1	1	
3	<u>Beschreibung der Vorgänge an der Platin-Oberfläche auf Teilchenebene:</u> ♦ Wasserstoff- und Sauerstoff-Moleküle diffundieren zur Platin-Oberfläche. ♦ Bindungen in den Wasserstoff- und Sauerstoff-Molekülen werden gelockert und die Atome lagern sich unter Aufspaltung der Elektronenpaarbindungen an der Katalysator-Oberfläche an (Adsorption). ♦ Wasserstoff-Atome lagern sich unter Bildung von Elektronenpaarbindungen an Sauerstoff-Atome und bilden Wasser-Moleküle. ♦ Gebildete Wasser-Moleküle lösen sich (desorbieren) von der Platin-Oberfläche. <u>Begründung der Notwendigkeit des Platinschwamms:</u> ♦ Platin wirkt als Katalysator und setzt die Aktivierungsenergie herab; Wasserstoff und Sauerstoff reagieren dadurch bereits bei Zimmertemperatur. ♦ Dabei wird Energie in Form von Wärme abgegeben und der Platinschwamm beginnt zu glühen. Durch die erhöhte Temperatur steht genügend Aktivierungsenergie für das Entzünden des nachströmenden Wasserstoffs zur Verfügung.	2	2	2
4	<u>Begründete Zuordnung der Kurven:</u> ♦ Die Reaktionsgeschwindigkeit ist unter anderem von der Stoffmengenkonzentration der Edukte abhängig. ♦ Eine höher konzentrierte saure Lösung (c_1) enthält mehr Oxonium-Ionen. ♦ Es kommt zu mehr wirksamen Zusammenstößen und damit zu einer erhöhten Reaktionsgeschwindigkeit. ♦ Kurve A zeigt, dass in derselben Zeiteinheit die Stoffmengenkonzentration an Reaktionsprodukten größer ist als bei B, d. h. bei A ist die Reaktionsgeschwindigkeit höher, demzufolge entspricht Kurve A der Reaktion mit $c_1 = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ und Kurve B der Reaktion mit $c_2 = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$. <u>Beurteilung des Einflusses der Stoffmengenkonzentration der Schwefelsäure-Lösung:</u> ♦ Die Säurekonzentration beeinflusst nur die Geschwindigkeit für die Bildung von Wasserstoff bei der Reaktion von Zink mit Schwefelsäure.	2	2	2

	♦ Sachurteil: Auf die Reaktionsgeschwindigkeit des Zündvorgangs hat die Stoffmengenkonzentration keinen Einfluss.			
5	<u>Nennung von jeweils zwei Gründen für die Anwendung des Feuerzeugs bei Sammlern:</u> ♦ chemische Sicht: ♦ Explosionsgefahr ♦ Verätzungsgefahr (Schwefelsäure) ♦ teures Platin ♦ praktische Sicht: ♦ sperrig im Vergleich zu Zündhölzern bzw. heutigen Feuerzeugen ♦ Bruchgefahr für Glas ♦ Gefahr des Auslaufens; nur aufrecht zu handhaben ♦ Brennstoff nicht direkt verfügbar		2	
			2	
	Summe¹	10	16	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 Standardbezug²

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	8, 16, 17		7, 10	
2	17			
3	6, 8			
4	6, 8	7	8, 10	
5				7, 11

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 Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

² Zu jeder Teilaufgabe sind zu jedem Kompetenzbereich die Nummern der Standards gemäß den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife genannt, die zur Bearbeitung der Aufgabe erforderlich sind.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.