

Mecklenburg-Vorpommern



Musterabitur ab 2025

Chemie

Grundkurs

Prüfungsaufgaben

Hinweise für den Prüfling

- Aufgabenbearbeitung:** Die Prüfung besteht aus vier Aufgaben zur Auswahl. Bearbeiten Sie drei von vier Aufgaben.
- Geben Sie auf der Reinschrift Ihren Namen sowie die bearbeiteten Aufgaben an und nummerieren Sie die Seiten Ihrer Arbeit fortlaufend.
- Die Lösungen sind in einer sprachlich einwandfreien und mathematisch exakten Form darzustellen. Alle Lösungswege müssen nachvollziehbar sein.
- Alle Prüfungsunterlagen sind vollständig zurückzugeben.
- Bearbeitungszeit:** Die Bearbeitungszeit beträgt einschließlich Auswahlzeit 255 Minuten.
- Bewertung:** Für die Bewertung gilt die Reinschrift.
- Entwürfe können nur dann ergänzend herangezogen werden, wenn sie zusammenhängend konzipiert sind und die Reinschrift etwa drei Viertel des erkennbar angestrebten Gesamtumfanges beträgt.
- Für jede Aufgabe werden zur Benotung maximal 30 Bewertungseinheiten (BE) vergeben.
- Für jede Teilaufgabe werden zur Benotung Bewertungseinheiten vergeben, deren Maximalzahl neben der Aufgabenstellung angegeben wird.
- Grundlage der Bewertung ist § 36 „Korrektur und Bewertung der schriftlichen Prüfung“ der Abiturprüfungsverordnung in der derzeit gültigen Fassung.
- Hilfsmittel:** Ihnen stehen folgende Hilfsmittel zur Verfügung:
- an der Schule zugelassenes Tafelwerk ohne Musterlösungen
 - an der Schule zugelassener Taschenrechner, auch mit CAS
 - Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung in gedruckter oder digitaler Form
 - zweisprachige Wörterbücher in gedruckter oder digitaler Form für Prüflinge mit nichtdeutscher Herkunftssprache (Erstsprache-Deutsch/Deutsch-Erstsprache)

Überblick zu den Aufgaben und Materialien

Aufgabe 1 - Fisch mit Zitrone servieren?	4
M 1 Experiment	
M 2 Fischgeruch	
M 3 Experiment - Beobachtung	
M 4 Zubereitung von Speisefisch	
Aufgabe 2 - Segen und Fluch von Mineraldüngern	5
M 5 Stickstoffverbindungen in Mineraldüngern	
M 6 Experimenteller Nachweis von Salzen in Mineraldüngern	
M 7 M 7a Fischsterben in der Jagst M 7b Säure- und Basenkonstanten	
M 8 Düngemittel und ihre Auswirkungen	
Aufgabe 3 - Wasserstoff – ein Stoff mit Zukunftspotenzial	6
M 9 Grün, türkis, blau oder grau – „Die Farben des Wasserstoffs“	
M 10 Die Brennstoffzelle	
M 11 Elektroauto: Batterie oder Brennstoffzelle?	
Aufgabe 4 - Die Chemie der selbsterhitzenden Getränkebecher	7
M 12 Aufbau und Funktionsweise eines selbsterhitzenden Getränkebechers	
M 13 Experiment zur kalorimetrischen Bestimmung der Lösungsenthalpie	
M 14 Calciumchlorid – ein Salz in selbsterhitzenden Getränkebechern	

1 Fisch mit Zitrone servieren?

30 BE

Jeder Angler weiß, dass frisch gefangener Fisch kaum riecht. Erst wenn der Fisch länger tot ist, entwickelt sich ein unangenehmer, „fischiger“ Geruch. Grund für diesen Geruch sind Amin-Verbindungen, die durch bakterielle Stoffwechselfvorgänge entstehen.

- 1.1 Beschreiben Sie das in Abbildung 1 in M 1 abgebildete Experiment. Leiten Sie aus den experimentellen Ergebnissen Eigenschaften der auf dem toten Fisch entstehenden Amine ab. 10 BE

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung von Methylamin bei der bakteriellen Stoffwechseltätigkeit unter Verwendung von Strukturformeln (M 2).

Ermitteln Sie nach dem Donator-Akzeptor-Prinzip die Reaktionsart

- 1.2 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung von Trimethylamin mit Wasser unter Verwendung von Strukturformeln. 10 BE

Erklären Sie anhand dieser Reaktion das Säure-Base-Konzept nach Brönsted.

Erklären Sie den immer noch vorhandenen Trimethylamin-Geruch der Waschlösung (M 3).

Begründen Sie, ob die Prozesse im Erlenmeyerkolben (M 3, Abbildung 2) auf Stoff- und Teilchenebene als statisch oder dynamisch bezeichnet werden können.

- 1.3 Bewerten Sie alle in M 4 aufgelisteten Kochzutaten hinsichtlich ihrer Eignung, dem Geruch entgegenzuwirken und den Speisefisch damit genießbar zu machen. Begründen Sie Ihre Entscheidungen. 10 BE

2 Segen und Fluch von Mineraldüngern

30 BE

Die ständig wachsende Weltbevölkerung steht vor der Herausforderung, auf der ihr zur Verfügung stehenden Ackeranbaufläche genügend Nahrungsmittel zu produzieren. Deshalb werden dem Boden mithilfe von Mineraldüngern verschiedene Nährstoffe zugeführt, die aber bei falscher Dosierung auch eine Belastung der Umwelt mit sich bringen können.

- 2.1 Ammoniumnitrat ist in den meisten Mineraldüngern enthalten und kann in zwei Schritten hergestellt werden (M 5). 7 BE

Formulieren Sie die beiden Reaktionsgleichungen.

Begründen Sie die Verwendung des Stoffes Ammoniumnitrat als Düngemittel mithilfe Ihrer Kenntnisse über eine ausgewählte Stoffeigenschaft und die zugrundeliegende Struktur.

- 2.2 Neben Ammoniumnitrat bestehen Mineraldünger auch aus den Salzen Calciumcarbonat und Ammoniumsulfat. Stoffproben dieser drei Salze befinden sich in nummerierten Gefäßen (M 6). 12 BE

Ermitteln Sie mithilfe von Nachweisreaktionen, in welchem Gefäß sich welches der drei Salze befindet.

Planen Sie Ihr experimentelles Vorgehen und fordern Sie benötigte Chemikalien schriftlich an.

Führen Sie das Experiment durch und werten Sie Ihre Beobachtungen auch unter Verwendung von Reaktionsgleichungen in Ionenschreibweise aus.

Hinweis: Sollte Ihnen die Planung des Experimentes nicht gelingen, so können Sie gegen den Abzug von drei Bewertungseinheiten eine Hilfekarte erhalten.

- 2.3 Immer wieder liest und hört man in den Nachrichten vom Fischsterben in Gewässern, ausgelöst durch erhöhte Ammoniakkonzentrationen. 6 BE

Begründen Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen und unter Berücksichtigung von M 7a und M 7b, dass auch bei Überdüngung mit Ammoniumnitrat in Binnengewässern die Gefahr des Fischsterbens besteht.

- 2.4 Verschiedene Stickstoffverbindungen in der Luft und im Wasser belasten die Gesundheit der Menschen, die Qualität des Grundwassers und gefährden Ökosysteme. 5 BE

Interpretieren Sie die Grafik aus Abbildung 4 in M 8 unter dem Gesichtspunkt der Folgen von Überdüngung mit Ammoniumnitrat für die Umwelt.

3 Wasserstoff – ein Stoff mit Zukunftspotenzial

30 BE

Eine der großen Herausforderungen für die Menschheit in den nächsten Jahren wird es sein, die Energieversorgung klimafreundlich zu gestalten.

Die Wasserstofftechnologie kann bei der Energiewende eine zentrale Rolle spielen und dazu beitragen, dass die in der Weltklimakonferenz 2015 abgestimmten Klimaschutzziele auch erreicht werden können.

- 3.1 Wasserstoff kann mithilfe unterschiedlicher Verfahren hergestellt werden. 3 BE
Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die Herstellung von „grünem“, „türkischem“ und „grauem“ Wasserstoff auf den dargestellten Produktionswegen auf (M 9)
- 3.2 Analysieren Sie die Kohlenstoffdioxidfreisetzung bei den verschiedenen Produktionswegen aus Aufgabe 3.1; beachten Sie dabei auch die Herkunft der benötigten Energie für die Prozesse (M 9). 11 BE
Stellen Sie eine Vermutung für die verschiedenen Farbbezeichnungen des Wasserstoffs in den dargestellten Produktionswegen auf (M 9).
- 3.3 Der produzierte Wasserstoff kann z. B. in Brennstoffzellen genutzt werden. 8 BE
Beurteilen Sie den Text (M 10) zur Brennstoffzelle mithilfe der Darstellung. Gehen Sie auf insgesamt drei Aspekte ein und erläutern Sie diese unter fachlichen Gesichtspunkten.
- 3.4 Elektroauto: Batterie oder Brennstoffzelle? 8 BE
Diskutieren Sie diese Frage – unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit – auf der Grundlage von drei relevanten Kriterien aus unterschiedlichen Perspektiven (M 11).

4 Die Chemie der selbsterhitzenden Getränkebecher

30 BE

In Outdoor-Geschäften gibt es ein interessantes Angebot: selbsterhitzende Getränkebecher. Es richtet sich zum Beispiel an Bergwandernde, die eine Rast in der Natur einlegen und dabei gern einen Becher heißen Kaffee trinken möchten. In dieser Aufgabe geht es um die Chemie und Funktionsweise selbsterhitzender Getränkebecher.

- 4.1 Erklären Sie die Funktionsweise eines selbsterhitzenden Getränkebechers. 6 BE
Formulieren Sie für die Dissoziation von Calciumchlorid die Formelgleichung (M 12).
- 4.2 Skizzieren Sie einen geeigneten Versuchsaufbau für die kalorimetrische Ermittlung der Lösungsenthalpie von Calciumchlorid. 12 BE
Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung.
Berechnen Sie die molare Lösungsenthalpie von Calciumchlorid. (M 13)
Erläutern Sie den zugrundeliegenden Reaktionsmechanismus zur Bildung der Urethan-Gruppe (M 11).
Erklären Sie das Aufschäumen des Polyurethans, auch unter Einbeziehung einer entsprechenden Reaktionsgleichung (M 11).
- 4.3 Berechnen Sie die Masse an Calciumchlorid, um eine Temperaturerhöhung um 40°C zu erhalten, wenn 75 g Wasser enthalten sind. Gehen Sie dabei von der Lösungsenthalpie unter Standardbedingungen aus, sie beträgt - 81kJ /mol. 6 BE
Beurteilen Sie Ihr Ergebnis.
- 4.4 Diskutieren Sie die Verwendung von Calciumchlorid in selbsterhitzenden Getränkebechern. 6 BE

Mecklenburg-Vorpommern



Musterabitur ab 2025

Chemie

Grundkurs

Materialbeilage

Überblick zu den Aufgaben und Materialien

Aufgabe 1 - Fisch mit Zitrone servieren?	10
M 1 Experiment	
M 2 Fischgeruch	
M 3 Experiment - Beobachtung	
M 4 Zubereitung von Speisefisch	
Aufgabe 2 - Segen und Fluch von Mineraldüngern	11
M 5 Stickstoffverbindungen in Mineraldüngern	
M 6 Experimenteller Nachweis von Salzen in Mineraldüngern	
M 7 M 7a Fischsterben in der Jagst	
M 7b Säure- und Basenkonstanten	
M 8 Düngemittel und ihre Auswirkungen	
Aufgabe 3 - Wasserstoff – ein Stoff mit Zukunftspotenzial	13
M 9 Grün, türkis, blau oder grau – „Die Farben des Wasserstoffs“	
M 10 Die Brennstoffzelle	
M 11 Elektroauto: Batterie oder Brennstoffzelle?	
Aufgabe 4 - Die Chemie der selbsterhitzenden Getränkebecher	16
M 12 Aufbau und Funktionsweise eines selbsterhitzenden Getränkebechers	
M 13 Experiment zur kalorimetrischen Bestimmung der Lösungsenthalpie	
M 14 Calciumchlorid – ein Salz in selbsterhitzenden Getränkebechern	

Aufgabe 1 Die Chemie der selbsterhitzenden Getränkebecher

M 1 Experiment

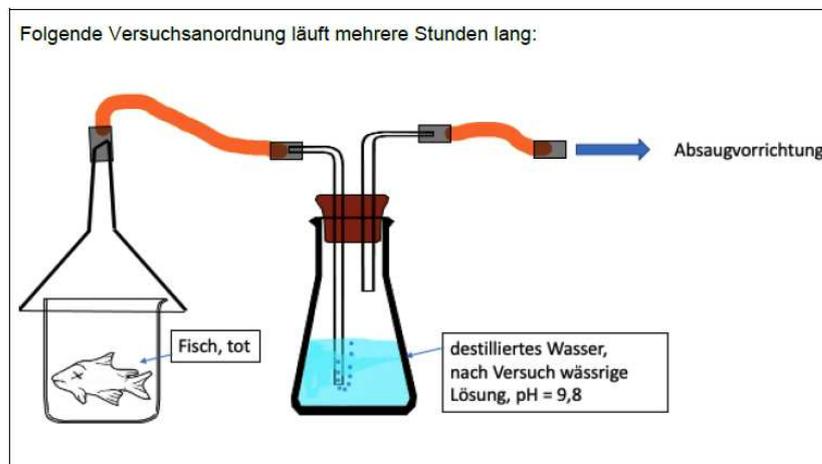


Abbildung 1: Modellhaft dargestellte Versuchsanordnung, IQB

M 2 Fischgeruch

Fische haben einen hohen Proteingehalt. Stirbt ein Fisch, beginnen Bakterien, diese Proteine zu zersetzen. Dabei entstehen Aminverbindungen. Sie sind die Ursache für den typisch „fischigen“ Geruch. Vor allem Trimethylamin ($\text{N}-(\text{CH}_3)_3$) riecht sehr intensiv.

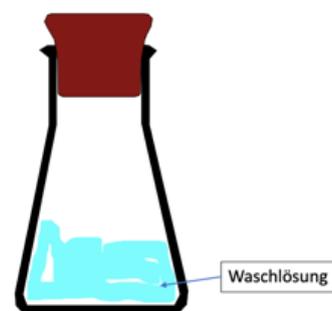
Aber es entstehen auch andere Amine, zum Beispiel Methylamin ($\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_2$). Das Methylamin entsteht neben Kohlenstoffdioxid bei der Zersetzung der Aminosäure Glycin ($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$).

M 3 Experiment - Beobachtung

Bevor ein Koch mit der Zubereitung eines Speisefisches beginnt, wäscht er diesen gewissenhaft mit Wasser. Die intensiv riechende Verbindung Trimethylamin reagiert dabei mit Wasser, wobei eine basische Trimethylammonium-Lösung entsteht.

Trimethylammonium-Salze sind geruchlos. Dennoch riecht die Waschlösung nach wie vor nach Trimethylamin.

Abbildung 2: Erlenmeyerkolben mit aufgefangener Waschlösung, IQB



M 4 Zubereitung von Speisefisch

Da auch ein leichter Trimethylamin-Geruch dem Gast den Appetit verderben kann, bereitet der Koch den Fisch mit weiteren Zutaten zu.

Zur Verfügung stehen in der Restaurantküche folgende Substanzen:

- Essig
- Zitronensaft (vereinfachend angenommen eine Zitronensäure-Lösung)
- Natron (Natriumhydrogencarbonat, $K_B(\text{HCO}_3^-) = 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$)
- Kräuteröl
- Kochsalz

Aufgabe 2 Segen und Fluch von Mineraldüngern

M 5 Stickstoffverbindungen in Mineraldüngern

Stickstoffverbindungen spielen für das Pflanzenwachstum eine große Rolle, da sie zur Bildung von Proteinen und damit zum Zellstoffwechsel und Zellwachstum unentbehrlich sind. Ca. 80 % der Luft sind reiner Stickstoff, welchen die Pflanzen in dieser Form jedoch nicht nutzen können. Stickstoff kann von den Pflanzen nur in Form von Nitrat- oder Ammonium-Ionen aufgenommen werden.

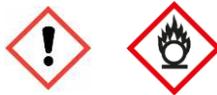
Um anorganischen Dünger herzustellen, nutzt man den Stickstoff aus der Luft. Im ersten Schritt wird dabei Stickstoff in Ammoniak überführt und aus diesem stellt man anschließend durch Reaktion mit Salpetersäure Ammoniumnitrat her.

Ammoniumnitrat ist Hauptbestandteil des Mineraldüngers Kalkammonsalpeter. Die Nitrat-Ionen werden von den Pflanzen leicht in großen Mengen aufgenommen und stehen ihnen direkt zur Verfügung. Die Ammonium-Ionen dagegen können die Pflanzen nur in geringen Mengen aufnehmen, weil diese an Bodenpartikel gebunden werden. Diese Ammonium-Ionen stehen im Bodenwasser mit Ammoniak-Molekülen im chemischen Gleichgewicht.

M 6 Experimenteller Nachweis von Salzen in Mineraldüngern

Chemikalien

- Ammoniumnitrat
- Calciumcarbonat
- Ammoniumsulfat
- Destilliertes Wasser



Geräte

- Reagenzgläser im Reagenzglasständer
- Stopfen
- Tropfpipetten
- Spatel
- Uhrgläser
- Gasentwickler

M 7

M 7a Fischsterben in der Jagst

Ende August 2015 kam es im Landkreis Schwäbisch Hall zu einem Großbrand in einer Mühle.

In Folge der Löscharbeiten gelangte eine große Menge handelsüblicher Mineraldünger

(Ammoniumnitrat) in die Jagst, was ein dramatisches Fischsterben – es wurden ca. 20 t tote Fische geborgen – zur Folge hat.



Abbildung 3: Fischsterben in der Jagst. Hohenloher Tagblatt, Anna Berger, 25.08.2015

M 7b Säure- und Basenkonstanten

$$K_S(\text{NH}_4^+) = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ mol/L}$$

$$K_B(\text{NO}_3^-) = 4,8 \cdot 10^{-16} \text{ mol/L}$$

Quelle: Das große Tafelwerk interaktiv 2.0. 2011, S. 157.

M 8 Düngemittel und ihre Auswirkungen

Verschiedene Stickstoffverbindungen in der Luft und im Wasser belasten die Gesundheit der Menschen sowie die Qualität des Grundwassers und gefährden Ökosysteme. Die Lachgas-Emissionen schaden dem Klima, da das Gas Distickstoffmonoxid um ein Vielfaches schädlicher als Kohlenstoffdioxid ist und außerdem sehr stabil in der Atmosphäre verweilt. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft strebt in der Düngemittelverordnung die Reduzierung der Düngemittelmenge an, um die Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft effektiv einzudämmen.

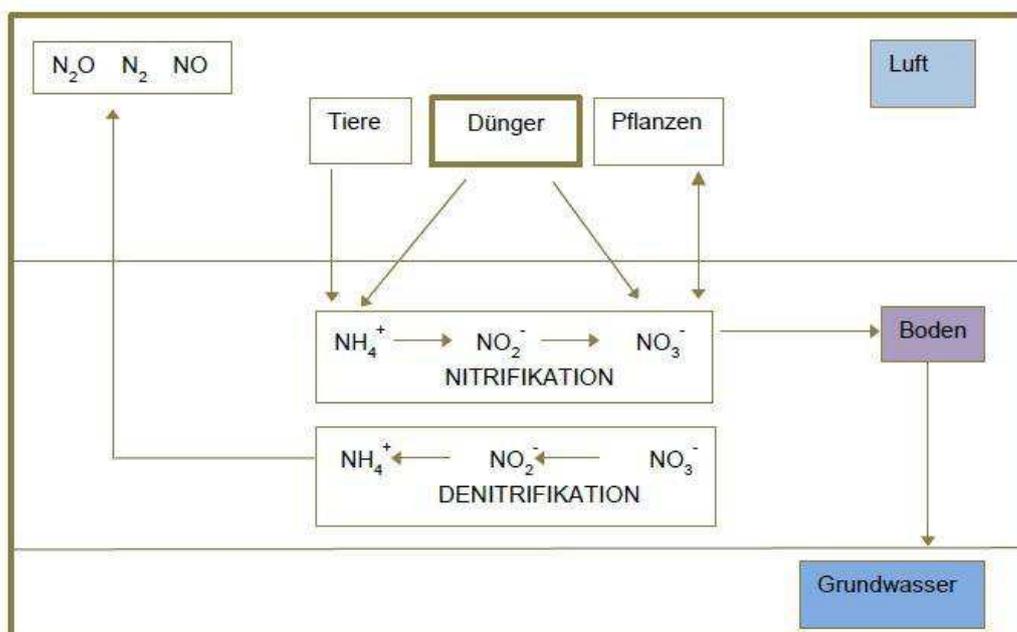


Abbildung 4: Mögliche Wege des Stickstoffs in der Natur, IQB

Aufgabe 3 Wasserstoff – ein Stoff mit Zukunftspotenzial

M 9 Grün, türkis, blau oder grau – „Die Farben des Wasserstoffs“

Je nach Produktionsweg erhält der Wasserstoff unterschiedliche „Farbbezeichnungen“:

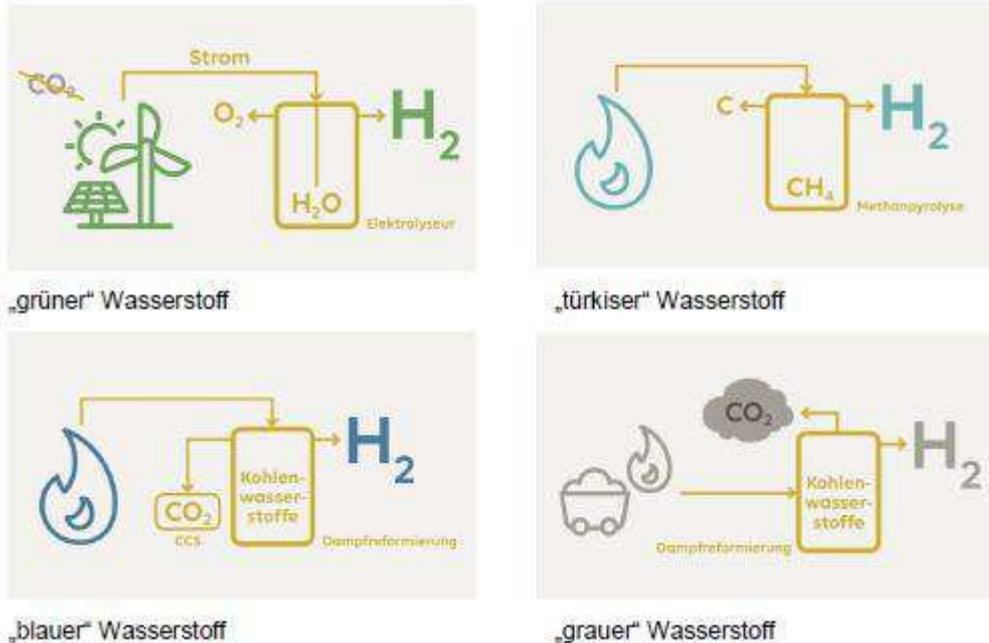


Abbildung 5: Die Farben des Wasserstoffs, EWE AG.

Hinweise



Dampfreformierung ist die endotherme Reaktion eines kohlenstoffhaltigen Brennstoffes (z. B. Methan oder Kohlenstoff) mit Wasserdampf.

Pyrolyse bezeichnet die thermochemische Spaltung von organischen Verbindungen bei hohen Temperaturen in Abwesenheit von Sauerstoff.

CCS (carbon capture and storage) bezeichnet die Einlagerung von Kohlenstoffdioxid in unterirdischen Gesteinen.

M 10 Die Brennstoffzelle

„Die Brennstoffzelle ist eine Wandlertechnik. Sie wandelt chemische Reaktionsenergie in elektrischen Strom und Wärme. Das Prinzip ist relativ simpel: Zwei Elektroden sind durch eine Trennschicht voneinander getrennt, den so genannten Elektrolyten. Auf der einen Seite strömt Wasserstoff ein, auf der anderen Sauerstoff.

Der Wasserstoff wird in seine Bestandteile aufgeteilt: zwei Elektronen und zwei Protonen. Die Protonen gelangen durch den Elektrolyten auf die Sauerstoffseite. Die Elektronen müssen den Umweg über einen Stromkreis nehmen, um zur Sauerstoffseite zu gelangen, wo ein Elektronenmangel herrscht. Aus Protonen, Elektronen und Sauerstoff entsteht dann Wasser.“

Quelle: Rosenberg, Gent & Ziegler, 2021.

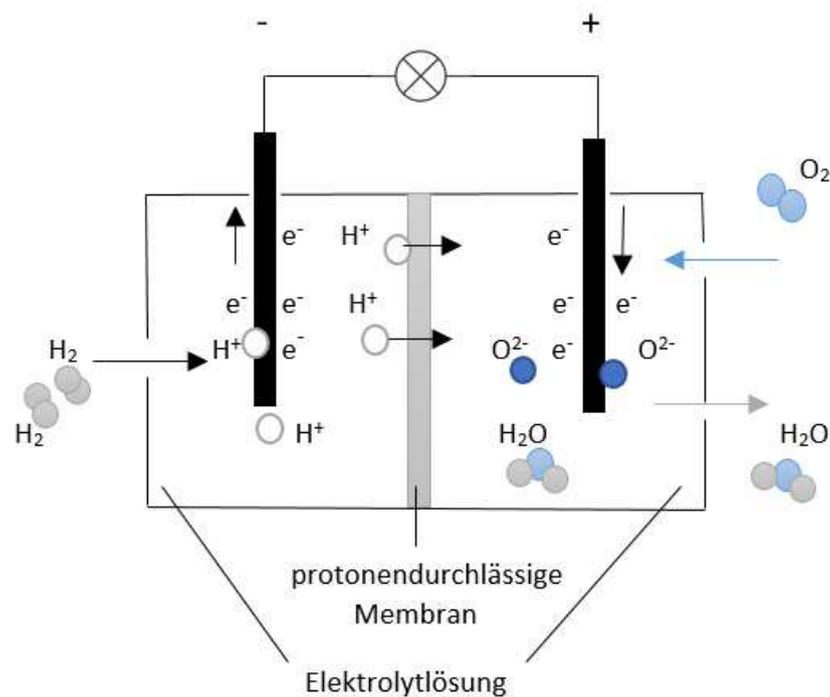


Abbildung 6: Aufbau einer Brennstoffzelle, IQB

M 11 Elektroauto: Batterie oder Brennstoffzelle?

Ein Wasserstoffauto ist auch ein Elektroauto. Der Unterschied liegt im Energiespeicher. Elektroautos sind in der Regel batterieelektrische Fahrzeuge.

Wasserstoffautos müssen an einer Wasserstofftankstelle tanken. Etwa vier bis sechs Autos können innerhalb von einer Stunde an einer Säule betankt werden. Die Kosten für die Errichtung einer Wasserstofftanksäule werden mit 1 Million Euro angegeben. Auch deren Betrieb ist teuer, da Wasserstoff mit Tanklastwagen zu Tankstellen transportiert werden muss. Dabei spielen Sicherheitsprobleme eine große Rolle. Im August 2020 gab es z. B. 134 Wasserstofftankstellen europaweit, 60 % davon befanden sich in Deutschland.

E-Autos könnte man in der Regel zu Hause (z. B. über eine Wall-Box) laden (für eine Reichweite von 100 km benötigt man ca. 1 h Ladezeit). Im öffentlichen Bereich gibt es Ladestationen mit sechs bis acht Ladesäulen. Die Kosten einer Ladestation belaufen sich auf zwar 100 000 Euro, sie benötigen aber kaum eine Wartung.

Eine Tankfüllung eines Wasserstoffautos der oberen Mittelklasse reicht zurzeit für ca. 500 km. Mit einem E-Auto vergleichbarer Klasse wären zurzeit ca. 560 km zu schaffen.

Betrachtet man die Energieeffizienz der beiden Antriebsarten, dann kann man feststellen, dass beim Wasserstoffauto hohe Energieverluste auftreten und nur ca. 20 – 30 % der eingesetzten Energie genutzt werden kann. Die Akkus der E-Autos dagegen speichern Strom direkt und geben ihn direkt wieder ab. Somit können sie ca. 70 – 80 % der eingesetzten Energie nutzen.

Gute Brennstoffzellen haben eine Lebensdauer von bis zu 450 000 km. Allerdings gelten diese als empfindlich. Die neusten sehr stabilen Akkus lassen die Autos bis zu ca. 1,6 Millionen km fahren.

Der Kaufpreis von Wasserstoff- und E-Autos ist in etwa gleich. Allerdings ist die Lebensdauer des Antriebs des Wasserstoffautos geringer. Das hat Auswirkungen auf den Wert des Autos.

Für die Herstellung von Akkus der E-Autos benötigt man u. a. die Metalle Kobalt und Lithium. Die Förderung und Verarbeitung dieser Metalle ist aus verschiedenen Gründen nicht unproblematisch. Deshalb wurde in den zeitgemäßen Akkus der E-Autos der Kobalt-Anteil bereits auf 1/6 reduziert. Die Quote des Recyclings der Akkus liegt bei ungefähr 95 %.

Aufgabe 4 Die Chemie der selbsterhitzenden Getränkebecher

M 12 Aufbau und Funktionsweise eines selbsterhitzenden Getränkebechers

Die Becher bestehen oft aus einer mit Kunststoff ummantelten Blechdose, deren Innenraum in mehrere Kammern gegliedert ist. Dies ermöglicht eine Erwärmung zur gewünschten Zeit. Der Wärmeentwicklung selbst liegt eine chemische Reaktion zugrunde. Ein Salz, Calciumchlorid, und Wasser befinden sich in zwei durch eine dünne Kunststoff-Folie getrennten Kammern im unteren Teil des Bechers

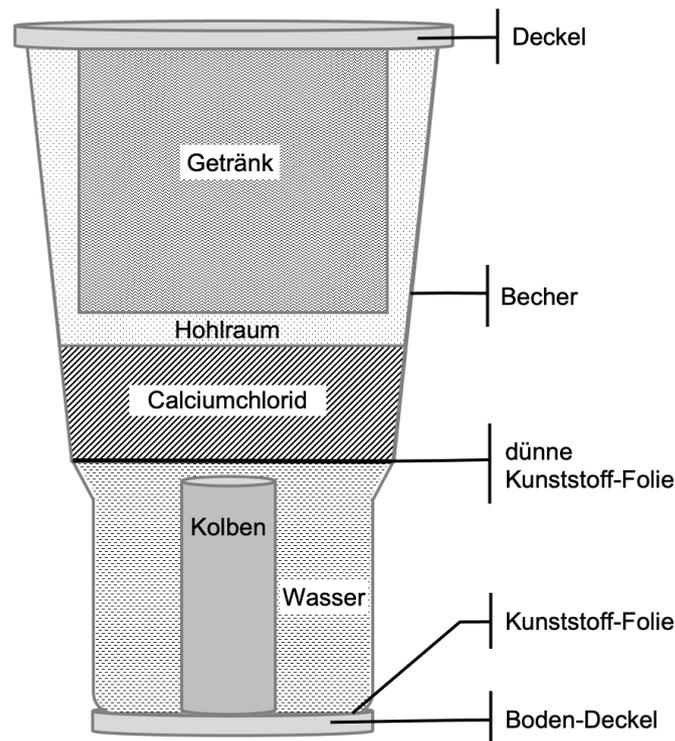


Abbildung 7: Schematischer Aufbau eines Selbsterhitzenden Bechers, IQB

Die Nutzung selbsterhitzender Dosen ist einfach und lässt sich in folgende Worte fassen:

- Dose umdrehen,
- Boden-Deckel öffnen,
- Kunststoff-Folie eindrücken,
- kräftig schütteln,
- 3 Minuten warten,
- Deckel öffnen und genießen!

Hinweise zur Lagerung und zum Gebrauch:

- Lagern Sie die Dose in trockener Umgebung.
- Verhindern Sie direkte Sonneneinstrahlung oder eine Überhitzung von mehr als 60 °C.
- Äußerlich beschädigte Dosen (z. B. durch Risse) nicht mehr verwenden, im Hausmüll entsorgen.

M 13 Experiment zur kalorimetrischen Bestimmung der Lösungsenthalpie

Geräte/Chemikalien am Lehrertisch:

- isoliertes Gefäß, z. B. Styroporbecher
- Thermometer (0,1 °C Messgenauigkeit)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Messzylinder (100 mL)
- destilliertes Wasser
- Waage
- Filterpapier
- Spatel
- Calciumchlorid 

Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt $c_w = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Tabelle 1: Messwerte:

Masse m von Ammoniumchlorid in g	Volumen V von Wassers in mL	Anfangstemperatur ϑ_A in °C	Endtemperatur ϑ_E in °C
2	100	21,3	23,3

M 14 Calciumchlorid – ein Salz in selbsterhitzenden Getränkebechern

Calciumchlorid kommt rein in Form farbloser Kristalle vor und ist stark hygroskopisch (wasseranziehend). Aufgrund dieser Eigenschaft wird es im Handel als Luftentfeuchter angeboten. Seine industrielle Herstellung ist relativ kostengünstig, da es als Nebenprodukt der Natriumcarbonatherstellung anfällt. Ein Kilogramm Calciumchlorid konnte 2020 zu einem Preis von 4,95 EUR erstanden werden.

Tabelle 2: Daten zu Calciumchlorid. Aylward, G.H.; Findlay, T.J.V. (2014). Datensammlung Chemie in SI-Einheiten. Vierte, bearbeitete und erweiterte Auflage. Weinheim, WILEY-VCH Verlag, S. 32

Name	Formel	Molare Masse M in g/mol
Calciumchlorid	CaCl ₂	111,0

Mecklenburg-Vorpommern

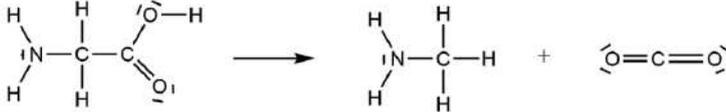
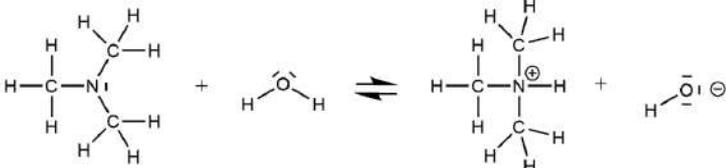


Musterabitur ab 2025

Chemie

Grundkurs

Musterlösung

1	Fisch mit Zitrone servieren?	Komp	AFB	BEs
1.1	<p>Beschreibung des Experiments sachlogisch unter Verwendung der Fachbegriffe, sodass der Aufbau und die Durchführung gut vorstellbar sind.</p> <p>Die gebildeten Amine sind gasförmig, gut wasserlöslich und reagieren mit Wasser basisch.</p>  <p>Reduktion: Verringerung der Oxidationszahl durch Elektronenaufnahme, Elektronenakzeptor. Das zentrale Kohlenstoff-Atom der Aminosäure Glycin wird reduziert: $-I \rightarrow -II$</p> <p>Oxidation: Erhöhung der Oxidationszahl durch Elektronenabgabe, Elektronendonator. Das Kohlenstoff-Atom der Carboxy-Gruppe der Aminosäure Glycin wird oxidiert: $+III \rightarrow +IV$</p> <p>→ Redoxreaktion</p>	S4 S7 S16 K7	I/II	10
1.2	 <p>Protolyse (Protonenübertragung); Trimethylamin-Molekül: freies Elektronenpaar, Protonenakzeptor, Base, Wasser-Molekül: Protonendonator, Säure.</p> <p>Chemisches Gleichgewicht: da ein unvollständiger Stoffumsatz vorliegt, gibt es weiterhin Trimethylamin-Moleküle. Trimethylamin-Moleküle sind sowohl in der Waschlösung als auch in der Gasphase → Geruch wahrnehmbar</p> <p>Erlenmeyerkolben: Geschlossenes System, Entweichen von gasförmigen Trimethylamin nicht möglich, keine Änderung der Stoffkonzentration in der Lösung und der darüber befindlichen Gasphase:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stoffebene: statischer Zustand - Teilchenebene: dynamischer Zustand: Gleichgewichtsreaktion, ständige Hin- und Rückreaktion von Trimethylamin-Molekülen mit Wasser-Molekülen zu Trimethylammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen 	S7 S15 S16 K10	I-III	10
1.3	<p><i>Essigsäure</i> enthält Ethansäure. Durch die Ethansäure wird das Trimethylamin neutralisiert. Es entsteht eine Salzlösung. Der Geruch wird auf ein Minimum reduziert.</p>	S3 E1 B7	I/II	10

	<p>Allerdings verändert Essig den Geschmack und ist damit bei den meisten Rezepten eher nicht geeignet.</p> <p><i>Zitronensaft:</i> Durch die Zitronensäure wird das Trimethylamin neutralisiert. Es entsteht eine Salzlösung. Der Geruch wird bis auf ein Minimum reduziert. Zitrone verleiht einen frischen Geschmack und ist deshalb geeignet.</p> <p><i>Natron:</i> Natriumhydrogencarbonat reagiert in wässriger Lösung basisch (vgl. K_B-Wert). Methylamin reagiert in wässriger Lösung ebenfalls basisch. Wird zu einer wässrigen Lösung Trimethylamin, so wie sie auf dem Fisch vorkommt, eine weitere Base gegeben, verschiebt sich nach dem Prinzip von Le Chatelier das Gleichgewicht auf die Seite der Edukte, da die Konzentration eines Produkts (hier der Hydroxid-Ionen) erhöht wird. Es wird sich noch mehr Trimethylamin bilden und der Fischgeruch intensiver werden.</p> <p><i>Kräuteröl:</i> Hier findet nur ein Überdecken des Geruches durch die Aromen der Kräuter statt. Das Öl reagiert nicht als Säure oder Base. Der Fischgeruch ist nach wie vor wahrnehmbar.</p> <p><i>Kochsalz</i> reagiert nicht in einer Säure-Base-Reaktion, da es aus Ionen besteht, die hier keine weitere Reaktion eingehen. Damit hat es keinen Einfluss auf den Geruch. Außerdem beeinflusst Kochsalz den Geschmack stark und macht den Speisefisch bei einer zu hohen Zugabe ungenießbar.</p>			
	9 BE in AFB I, 15 BE in AFB II, 6 BE in AFB III	Summe:		30

2	Segen und Fluch von Mineraldüngern	Komp	AFB	BEs
2.1	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{NO}_3$ <p>Ausgewählte Stoffeigenschaft, z. B.: Wasserlöslichkeit ist die Voraussetzung für die Verwendung des Salzes Ammoniumnitrat in Düngemitteln.</p> <p>Erklärung dieser Stoffeigenschaft anhand der Struktur, z. B. aufgrund starker elektrostatischer Wechselwirkungen zwischen den Dipol-Molekülen des Wassers und den Ionen des Ammoniumnitrats.</p>	S2 S16 K10	I/ II	7
2.2	<p>Planung verschiedener Nachweisreaktionen, Durchführung, Protokollieren der Ergebnisse</p> <p><i>Planung</i> des Vorgehens, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifizierung der Ammonium-Ionen im Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat mit Natriumhydroxid-Lösung und Universalindikatorpapier - Identifizierung der Sulfat-Ionen in der Ammoniumsulfat-Lösung mit verdünnter Salzsäure und Bariumchlorid-Lösung - Identifizierung der Carbonat-Ionen im festen Calciumcarbonat mit verdünnter Salzsäure und Bariumhydroxid-Lösung <p><i>Durchführung</i> (s. Materialliste und Durchführungshinweise, Beobachtungsbogen)</p> <p><i>Beobachtungen</i> entsprechend der Planung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gefäße 1 und 3: Geruch nach Ammoniak, Blaufärbung des Universalindikatorpapiers - Gefäß 2: Gasentwicklung, Trübung - Gefäß 3: fein kristalliner Niederschlag <p><i>Auswertung</i>, z. B. Schlussfolgerung:</p> <p>Aufgrund der Beobachtungen werden den Gefäßen 1, 2 und 3 folgende Salze zugeordnet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gefäß 1: NH_4NO_3 - Gefäß 2: CaCO_3 - Gefäß 3: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ <p>Ammonium-Ionen:</p> $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ <p>Carbonat-Ionen:</p>	S16 E4 E5	I-III	12

	$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>Sulfat-Ionen:</p> $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4$			
2.3	<p>z. B. Überschüssiges Ammoniumnitrat löst sich im Binnengewässer auf: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$</p> <p>Ammonium-Ionen unterliegen der Protolyse:</p> $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ <p>Protolyse der Nitrat-Ionen kann vernachlässigt werden, da $K_B = 4,8 \cdot 10^{-16} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ zu gering ist.</p> <p>Schlussfolgerung:</p> <p>Es entsteht giftiges Ammoniak, das für das Fischsterben u. a. verantwortlich gemacht werden kann.</p>	S16 K10	II/ III	6
2.4.	<p>z. B.: Die Überdüngung führt zu einem erhöhten Gehalt an Ammonium- und Nitrat-Ionen.</p> <p>Die Nitrat-Ionen reichern sich im Boden (auch durch Nitrifikation aus Ammonium-Ionen) an. Überschüssige Nitrat-Ionen können durch Denitrifikation in Ammonium-Ionen umgewandelt werden, die wiederum zum klimaschädlichen Gas Distickstoffmonoxid reagieren. Gleichzeitig werden Nitrat-Ionen auch aus dem Boden ausgewaschen und reichern sich im Grundwasser an.</p>	K2 B10	II	5
	7 BE in AFB I, 18 BE in AFB II, 5 BE in AFB III	Summe:		30

3	Wasserstoff – ein Stoff mit Zukunftspotenzial	Komp	AFB	BEs
3.1	Reaktionsgleichungen: - „grüner“ Produktionsweg: $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ - „türkiser“ Produktionsweg: $\text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{C} + 2\text{H}_2$ - „grauer“ Produktionsweg: $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ oder $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$	S16 K7	I	3
3.2	Der Prüfling muss analysieren, ob beim Produktionsweg und bei der Bereitstellung der benötigten Energie für die Prozesse Kohlenstoffdioxid entsteht und muss erkennen, dass durch Speicherung von Kohlenstoffdioxid die Atmosphäre nicht belastet wird und dabei z. B. Folgendes schlussfolgern: - Bei der Herstellung des grünen Wasserstoffes durch Elektrolyse wird mit Hilfe erneuerbarer Energien kein Kohlenstoffdioxid produziert. - Bei der Herstellung des türkisen Wasserstoffs wird Energie benötigt. Die Frage ist hierbei, woher die Energie kommt, die dabei benötigt wird. - Bei der Herstellung des grauen Wasserstoffs entsteht Kohlenstoffdioxid. Dieses wird in die Atmosphäre freigesetzt. Auch hier stellt sich die Frage, woher die benötigte Energie kommt. - Wird das Kohlenstoffdioxid, welches bei der Herstellung des grauen Wasserstoffs entsteht, in Erdlagern gespeichert (blauer Wasserstoff), nimmt es keinen Einfluss auf die Atmosphäre. Vermutungen für die Farbbezeichnungen, z. B.: - Grün soll „ökologisch unbedenklich“ assoziieren. - Türkis und blau sollte mit „Sauberkeit/Klarheit“ assoziiert werden. - Grau assoziiert „Umweltbelastung“, etwas „Altes“. Die Assoziationen spiegeln dabei die Umweltbelastung durch die Verfahren wieder.	K8 B4 B6 B10	I-III	11
3.3	Der Prüfling soll drei Aspekte im Text durch den Vergleich mit der Abbildung finden und jeweils fachlich korrekt erläutern (pro Aspekt mit Erläuterung 2 BE), z. B.: <i>Wandlertechnik:</i> - <i>Wandler-</i> : es findet die Oxidation von Wasserstoff statt, die exotherm verläuft. Die chemische Energie wird in elektrische Energie umgewandelt. - <i>-technik</i> : im Sinne von galvanischem Element, welches in der Technik eingesetzt wird.	K4 K9 K10 B2	II/ III	8

	<p><i>Prinzip:</i> Die Trennschicht ist eine protonendurchlässige Membran und nicht der Elektrolyt. Die Membran trennt den Anoden- mit dem Kathodenraum. Beide enthalten jeweils eine Elektrode und die Elektrolytlösung.</p> <p><i>Wasserstoff wird in seine Bestandteile aufgeteilt.</i> Aussage ist fachlich falsch, weil Wasserstoffmoleküle Elektronen abgeben, wobei Wasserstoff-Ionen (Protonen, H⁺) entstehen. Diese Teilreaktion läuft am Minuspol ab: $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$</p> <p><i>Sauerstoffseite:</i> Protonen strömen durch den Elektrolyten und die Membran zum Pluspol. Die Bildung des Wassers erfolgt nicht aus Protonen, Elektronen und Sauerstoff, sondern: Sauerstoffmoleküle nehmen Elektronen auf und bilden Oxid-Ionen (O²⁻). Anschließend reagieren Wasserstoff- und Oxid-Ionen zu Wassermolekülen:</p> <p>Teilreaktion am Pluspol: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-}$.</p> <p>Folgereaktion: $4\text{H}^+ + 2\text{O}^{2-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>Der Prüfling formuliert sein eigenes Urteil zum Inhalt der Quelle:</p> <p>Bei einer populärwissenschaftlichen Darstellung können korrekte fachliche Inhalte verloren gehen. z. B.: Planet Wissen ist eine Informations- und Bildungssendung, die den Zuschauern Informationen zu unterschiedlichen Lebensbereichen liefern will.</p>			
3.4.	<p>Der Prüfling soll drei verschiedene Kriterien aus unterschiedlichen Perspektiven gegenüberstellen, wobei es möglich ist, dass die Kriterien mehreren Perspektiven zugeordnet werden können. Der Operator „diskutieren“ schließt dabei ein persönliches Fazit ein. Die Perspektiven sollen in ökologisch, ökonomisch und sozial unterschieden werden.</p> <p>Brennstoffzellenauto (FCEV):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ökologische Perspektive: <ul style="list-style-type: none"> - Umweltbelastung: „saubere Energie“ - Energiebilanz: hohe Energieverluste - ökonomische Perspektive: <ul style="list-style-type: none"> - Energiekosten: hohe Energieverluste, reduzierter Wirkungsgrad - Kosten des Netzauf- und -ausbaus: Wasserstofftanksäule ca. 1 Mio. EUR - Reichweite/Tankfüllung: ähnlich BEV - Kaufpreis: ähnlich FCEV - soziale Perspektive: <ul style="list-style-type: none"> - Sicherheit: Sicherheitsprobleme beim Transport von Wasserstoff in Tanklastwagen 	K8 B5 B13	II/ III	8

	<ul style="list-style-type: none"> - Kosten für den Steuerzahler durch staatliche Subventionen: hohe Kosten durch Ausbau des Tankstellennetzes <p>Batterieelektrisches Auto (BEV):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ökologische Perspektive: <ul style="list-style-type: none"> - Umweltbelastung: Belastung durch Verwendung von Kobalt im Akku - Energiebilanz: Energiespeicherung und direkte Abgabe - ökonomische Perspektive: <ul style="list-style-type: none"> - Energiekosten: guter Wirkungsgrad, aktuelle Akkus haben eine lange Lebensdauer - Kosten des Netzauf- und -ausbaus: Ladesäule ca. 100 000 EUR - Reichweite/Tankfüllung: ähnlich FCEV - Kaufpreis: ähnlich BEV, aber geringere Laufleistung - soziale Perspektive: <ul style="list-style-type: none"> - Sicherheit: keine Sicherheitsprobleme beim Aufladen - Kosten für den Steuerzahler durch staatliche Subventionen: öffentliche Ladestationen bereits vorhanden, Ladestationen sind im Prinzip wartungsfrei <p>Der Prüfling formuliert ein persönliches Fazit, z. B.:</p> <p>Damit das brennstoffzellenbetriebene Auto in Zukunft eine wertvolle Ergänzung auf dem Weg zur Elektromobilität sein kann, müssen noch einige Voraussetzungen, wie z. B. ein dichteres Tankstellennetz, erfüllt werden.</p>			
	6 BE in AFB I, 18 BE in AFB II, 6 BE in AFB III	Summe:		30

4	Die Chemie der selbsterhitzenden Getränkebecher	Kompetenzen	AFB	BEs
4.1	<p>Erklärung der Funktionsweise orientiert sich an der Abbildung in M 12 und wird durch chemische Sachverhalte, z. B. exothermer Lösevorgang, Wärmeaustausch etc. sachlogisch ergänzt.</p> <p>Dissoziation von Calciumchlorid: $\text{CaCl}_{2(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^{-}_{(aq)}$</p>	S3 S16 K6	I	5
4.2	<p>Geeignete Skizze zur übersichtlichen Darstellung der Durchführung einer kalorimetrischen Untersuchung, die den Unterrichtsvoraussetzungen entspricht.</p> <p>Durchführung der kalorimetrischen Untersuchung</p> <p>Übersichtliche Darstellung der Messwerte, z. B.</p> <p>$m(\text{CaCl}_2) = 2\text{g}$ $V(\text{H}_2\text{O}) = 100\text{mL} \rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 0,1\text{kg}$ $\vartheta_A = 21,3^\circ\text{C}$ $\vartheta_E = 23,3^\circ\text{C}$</p> <p>Berechnung der molaren Lösungsenthalpie mit Hilfe der Kalorimetergleichung, z. B.:</p> $\Delta_r H = - \frac{c_w(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T}{n}$ $= - \frac{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 0,1\text{kg} \cdot 2\text{K}}{0,018\text{mol}}$ $= -46,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	S17 E4 K7	I/ II	13
4.3	<p>Es soll ein eigenständiger Lösungsweg entwickelt werden, wobei die Kalorimetergleichung nach neuen Kriterien umgeformt werden muss, z. B.</p> $\Delta_r H = -81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ <p>$V(\text{H}_2\text{O}) = 75\text{mL} \rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 0,075\text{kg}$ $\Delta T = 40\text{K}$</p> $\Delta_r H = - \frac{c_w(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T \cdot M(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCl}_2)}$ <p>Gleichung nach $m(\text{CaCl}_2)$ umformen:</p> $m(\text{CaCl}_2) = - \frac{c_w(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T \cdot M(\text{CaCl}_2)}{\Delta_r H}$ $= - \frac{4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 0,075\text{kg} \cdot 40\text{K} \cdot 111 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}$ $= 17,2\text{g}$	S17 E10 K10	II/ III	6

	<p>Die Beurteilung des Ergebnisses stellt erhöhte Anforderungen an das Problemlösevermögen der Prüflinge und soll fachgerecht erfolgen, indem Aussagen auf chemische Sachverhalte zurückgeführt werden, die einer schlüssigen Argumentation folgen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sehr wahrscheinlich reichen die berechneten 17,2 g Calciumchlorid nicht aus, um das Getränk im Inneren des Bechers auf 60 °C zu erwärmen. - Weil der Wärmeaustausch allseitig stattfindet, geht viel Wärme an die Umgebung der Außenhülle des Bechers „verloren“. - Es ist keine eindeutige Aussage zu der Fragestellung möglich, weil das eingefüllte „Suppen-/Getränke“-Volumen nicht bekannt ist. Es gilt: Je höher das Volumen des Doseninhalts ist, desto mehr Wärmeenergie muss aufgebracht werden. Es ist daher keine Aussage über die notwendige Masse an Calciumchlorid möglich, wenn das durch Wärmeaustausch zu erhitzende Volumen unbekannt ist. 			
4.4.	<p>Es werden aus fachlicher Sicht Pro- und Contra-Argumente angeführt und ein abschließendes Fazit gezogen.</p> <p>Dabei werden auf der Seite der Pro-Argumente die grundsätzliche Eignung zum Erwärmen aufgrund des exothermen Löseprozesses sowie der niedrige Preis genannt (3 BE).</p> <p>Der relativ bedenkenlose Einsatz im Alltag kann aber wegen eventuell unsachgemäßer Behandlung hinterfragt werden (2 BE).</p> <p>Auf ein entsprechendes persönliches Fazit entfällt eine BE.</p>	B6 B11	II	6
	9 BE in AFB I, 15 BE in AFB II, 6 BE in AFB III	Summe:		30