

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Herstellung eines Klebstoffs aus Alltagschemikalien
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Verbindungen mit funktionellen Gruppen ♦ Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe ♦ inter- und intramolekulare Wechselwirkungen ♦ Natürliche und synthetische Stoffe ♦ Kunststoffe ♦ Arbeitsweisen ♦ Synthesen ♦ Estersynthese ♦ Kunststoffsynthese ♦ Lebenswelt und Gesellschaft ♦ Aktuelle Technologien und chemische Produkte ♦ moderne Werkstoffe
Materialien	♦ M 1 Klebstoffe ♦ M 2 Herstellung eines Klebstoffs aus Citronensäure und Glycerin ♦ M 3 Was ist Glas?
Quellenangaben	♦ Alle Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	♦ Formeldokument mit PSE ♦ Taschenrechner
zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	♦ Herstellung von Kunststoffen (nicht von Klebstoffen)
fachpraktischer Anteil	ja ☒ nein ☐ Zeitzuschlag: 30 Minuten

Hinweise

- ♦ Material- und Durchführungshinweise
- ♦ Ersatzwerte und -beobachtungen
- ♦ Beobachtungsbogen
- ♦ DEGINTU Versuchsbeschreibung und Gefährdungsbeurteilung (pdf)

1 Aufgabe

Herstellung eines Klebstoffs aus Alltagschemikalien

Klebstoffe sind nichtmetallische Werkstoffe, denen in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens und der Industrie eine große Bedeutung zukommt. Sie werden genutzt, um zwei oder mehrere Substrate zu Verbundwerkstoffen zu verbinden. Die Verbindung der Substrate erfolgt durch Haftung auf den zu verklebenden Teilen (Adhäsion) und innere Festigkeit (Kohäsion).

Der im Rahmen dieser Aufgabe herzustellende Klebstoff besteht aus den Ausgangsstoffen Citronensäure und Glycerin. Betrachtet werden sollen sowohl die Eignung als Klebstoff als auch die Umweltverträglichkeit.

	BE
1 Erläutern Sie die Einteilung der Klebstoffe (M 1).	5
2 Leiten Sie aus der fachlich korrekten Bezeichnung für Glycerin die Strukturformel ab (M 2). Erläutern Sie für die Reaktion von Citronensäure und Glycerin den Reaktionstyp. Formulieren Sie für die Synthese des Klebstoffs die Reaktionsgleichung bis zum Dimer.	5
3 Wählen Sie, rechnerisch begründet, eine geeignete Masse Glycerin aus, die im Experiment mit einer von Ihnen gewählten Masse Citronensäure (zwischen 10 und 20 Gramm) reagieren kann. Gehen Sie für die Berechnung davon aus, dass alle funktionellen Gruppen zur Reaktion kommen sollen. Stellen Sie aus dem von Ihnen gewählten Versuchsansatz einen Klebstoff her (M 2). Notieren Sie Ihre Beobachtungen. <i>Hinweis: Sollte Ihnen die Berechnung der einzusetzenden Massen nicht oder nicht vollständig gelingen, können Sie die Werte gegen den Abzug von maximal sechs Bewertungseinheiten bei der Aufsicht führenden Lehrkraft anfordern. Teillösungen können gegebenenfalls gewertet werden.</i> <i>Für den Fall, dass die Versuchsergebnisse in einzelnen Teilen unbrauchbar erscheinen, können Sie gegen den Abzug von zwei Bewertungseinheiten Ergebnisse bei der Aufsicht führenden Lehrkraft anfordern.</i>	10
4 Erläutern Sie, ausgehend von einem möglichen Formelausschnitt des Reaktionsprodukts und der angegebenen Struktur von Glas, die zu beobachtenden Eigenschaften des Klebstoffs. Berücksichtigen Sie dabei auch die bei der Kohäsion und Adhäsion auftretenden inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (M 1, M 2 und M 3).	11
5 Stellen Sie den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Klebstoffs und potentiellen Nutzungsmöglichkeiten im Alltag dar. Bewerten Sie den Einsatz unter Berücksichtigung von mindestens drei verschiedenen Aspekten.	9

2 Material

Material 1

Klebstoffe

Die Einteilung der Klebstoffe kann auf unterschiedliche Art und Weise vorgenommen werden:

Die meisten heute eingesetzten Klebstoffe sind organische Verbindungen, die eine natürliche (Proteine, Kohlenhydrate, Wachse oder Harze) oder eine synthetische organische (meistens polymere Werkstoffe) Basis haben. Klebstoffe auf rein natürlicher Basis (zum Beispiel Bienenwachs oder Baumharz) sind relativ selten, da sie häufig keine ausreichenden Verklebungseigenschaften für die praktische Anwendung besitzen. Viele Klebstoffe enthalten daher sowohl natürliche als auch synthetische Komponenten.

Darüber hinaus werden die Klebstoffe in die zwei folgenden Gruppen unterteilt:

- ◆ Chemisch härtende Klebstoffe bestehen aus zwei Komponenten. Das Polymer entsteht durch eine chemische Reaktion der Bestandteile bei der Härtung.
- ◆ Bei physikalisch abbindenden Klebstoffen liegen die Polymere bereits in der endgültigen Zusammensetzung und Größe vor. Die Polymere werden zum Beispiel in einem Lösungsmittel gelöst oder geschmolzen. Sie verändern sich beim Aushärten nicht.

Die Einteilung in Thermoplaste, Duromere und Elastomere, wie bei den Kunststoffen üblich, gibt dem Nutzer wichtige Hinweise über die Eigenschaften des verwendeten Klebstoffs.

Insgesamt stellt die Herstellung von Klebstoffen auf synthetischer Basis einen wichtigen Bereich der Kunststoffchemie dar.

Material 2

Versuchsanleitung:

Herstellung eines Klebstoffs aus Citronensäure und Glycerin

Geräte

- ◆ Becherglas (50 mL)
- ◆ Becherglas (200 mL)
- ◆ Glasstab
- ◆ Thermometer (200 °C)
- ◆ Pipette (2-mL)
- ◆ Objektträger (oder Glasplatten)
- ◆ Spatel
- ◆ Stoppuhr
- ◆ Heizplatte
- ◆ Stativmaterial
- ◆ Waage

Chemikalien

- ◆ Glycerin (Propan-1,2,3-triol)
- ◆ Citronensäure (wasserfrei)
(2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbonsäure)

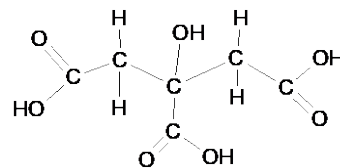


Abb. 1: Strukturformel von Citronensäure, IQB

Durchführung,

- 1) Stellen Sie in dem 50 mL-Becherglas auf der Heizplatte aus Glycerin und Citronensäure einen Klebstoff her. Halten Sie dabei die Temperatur über 10 bis 15 Minuten bei ca. 150 °C. Rühren Sie hin und wieder um.

Setzen Sie die in Aufgabe 3 berechneten Massen ein.

$$M_{\text{Citronensäure}} = 192 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{Glycerin}} = 92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- 2) Verkleben Sie mit dem Produkt die zwei Objektträger.
- 3) Weichen Sie anschließend die Materialien in einem 200 mL-Becherglas mit Wasser ein und nehmen Sie dieses mit an den Arbeitsplatz.

Prüfen Sie den Zusammenhalt und die Konsistenz nach ca. 15 Minuten erneut.

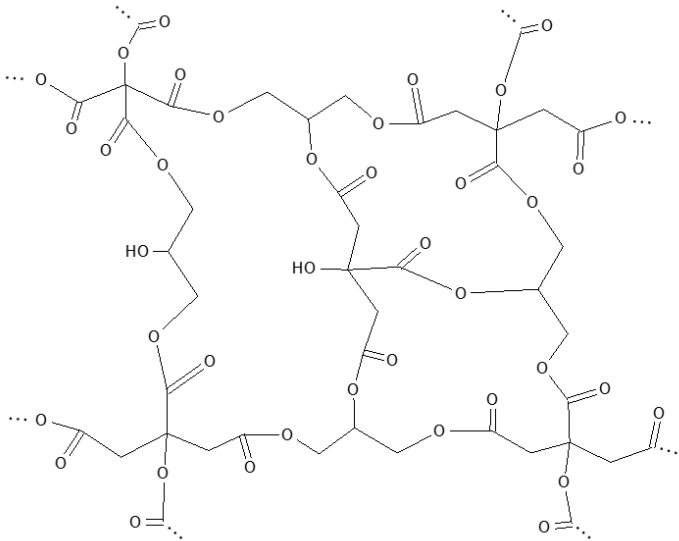
3 Erwartungshorizont

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	<i>Erläutern Sie die Einteilung der Klebstoffe (M 1).</i> Die Lernenden ... S 1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an; E 1 leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab; K 2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen [...] zu chemischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen [...]; K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt. Erläuterung der Einteilung der Klebstoffe: ♦ Einteilung auf der Basis des Vorkommens bzw. der Herstellung: natürlich vorkommende Klebstoffe bzw. synthetische Klebstoffe; ♦ Einteilung unter Bezug auf die Vorgänge bei der Verarbeitung: chemische Reaktion bei der Härtung des Klebstoffs gegenüber physikalisch abbindenden Klebstoffen, bei denen ein Lösungsmittel verdampft oder der Klebstoff geschmolzen und bei der Abkühlung wieder fest wird; ♦ Einteilung auf Basis der Struktur: ♦ Klebstoffe aus unverzweigten Makromolekülen (Thermoplaste), ♦ Klebstoffe aus mehr oder weniger stark verzweigten bzw. vernetzten Makromolekülen (Duromere), ♦ Klebstoffe aus weitmaschig vernetzten Makromolekülen (Elastomere).	1		
2	<i>Leiten Sie aus der fachlich korrekten Bezeichnung für Glycerin die Strukturformel ab (M 2).</i> <i>Erläutern Sie für die Reaktion von Citronensäure und Glycerin den Reaktionstyp.</i> <i>Formulieren Sie für die Synthese des Klebstoffs die Reaktionsgleichung bis zum Dimer (Strukturformeln).</i> Die Lernenden ... S 4 bestimmen Reaktionstypen; S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen; K 7 nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander.			

	♦ Strukturformel von Glycerin: $ \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \\ & & & & \\ \text{HO}-\text{C} & - & \text{C} & - & \text{C}-\text{OH} \\ & & & & \\ \text{H} & & \text{OH} & & \text{H} \end{array} $ ♦ Erläuterung des Reaktionstyps: Bei der Reaktion handelt es sich um die Herstellung eines (Poly-)Esters; es reagieren Carboxy-Gruppen und Hydroxy-Gruppen unter Wasserabspaltung (Kondensationsreaktion). ♦ Formulierung der zugrundeliegenden Reaktionsgleichung: $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}'-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{R}' \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}_2\text{O} $	1		
3	Wählen Sie, rechnerisch begründet, eine geeignete Masse Glycerin aus, die im Experiment mit einer von Ihnen gewählten Masse Citronensäure (zwischen 10 und 20 Gramm) reagieren kann. Gehen Sie für die Berechnung davon aus, dass alle funktionellen Gruppen zur Reaktion kommen sollen. Stellen Sie aus dem von Ihnen gewählten Versuchsansatz einen Klebstoff her (M 2). Notieren Sie Ihre Beobachtungen. Die Lernenden ... S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an; E 3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf; E 5 führen [...] experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus. ♦ Begründung und Berechnung der eingesetzten Stoffmenge Glycerin: ♦ Citronensäure-Moleküle enthalten drei Carboxy-Gruppen und eine Hydroxy-Gruppe. Glycerin-Moleküle besitzen drei Hydroxy-Gruppen. Wenn alle funktionellen Gruppen reagieren sollen, ist das bei einem Verhältnis von 1 : 1 zu erwarten (Anzahl der Carboxy-Gruppen : Anzahl der Hydroxy-Gruppen). ♦ Daraus ergibt sich die theoretisch größtmögliche Vernetzung bei einem Verhältnis von Citronensäure zu Glycerin von 3 Mol zu 2 Mol. ♦ Die entsprechenden Massenanteile ergeben sich aus: $ \frac{n(\text{Citronensäure}) \cdot M(\text{Citronensäure})}{n(\text{Glycerin}) \cdot M(\text{Glycerin})} = \frac{m(\text{Citronensäure})}{m(\text{Glycerin})} = \frac{576 \text{ g}}{184 \text{ g}} = \frac{3,13}{1} ; \text{ gerundet } 3 : 1 $	1	2	

	- Die Masse des Glycerins beträgt ungefähr ein Drittel der Masse der Citronensäure: Ansatz für den Klebstoff z. B. 12 g Citronensäure + 4 g Glycerin - Durchführung des Experiments - Formulierung der Beobachtungen: - während des Erhitzens bildet sich eine klare, farblose Flüssigkeit, - die Flüssigkeit wird zähflüssig, - die Objektträger kleben fest zusammen, - in wässriger Lösung wird das Gemisch dünnflüssiger. <i>Hinweise in der Aufgabenstellung</i> - Sollte Ihnen die Berechnung der einzusetzenden Massen nicht oder nicht vollständig gelingen, können Sie die Werte gegen den Abzug von maximal sechs Bewertungseinheiten bei der Aufsicht führenden Lehrkraft anfordern. - Für den Fall, dass die Versuchsergebnisse in einzelnen Teilen unbrauchbar erscheinen, können Sie gegen den Abzug von zwei Bewertungseinheiten Ergebnisse bei der Aufsicht führenden Lehrkraft anfordern. <i>Hinweise für die Lehrkraft</i> - Teillösungen der Berechnung der Massen können gegebenenfalls gewertet werden. - Begründet und fachlich schlüssig argumentiert wären auch auf der Basis der berechneten Stoffportionen andere eingesetzte Massen möglich (z. B. höherer Anteil des Alkanols aufgrund der schlechten Homogenisierbarkeit des Gemischs bei zu hohem Citronensäure-Anteil oder geringerer Vernetzung aufgrund möglicher sterischer Behinderung). - Berechnungen auf der Basis eines nicht korrekt bestimmten Stoffmengenverhältnisses werden als Folgefehler gewertet.	2	1	
4	Erläutern Sie, ausgehend von einem möglichen Formelausschnitt des Reaktionsprodukts und der angegebenen Struktur von Glas, die zu beobachtenden Eigenschaften des Klebstoffs. Berücksichtigen Sie dabei auch die bei der Kohäsion und Adhäsion auftretenden inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (M1, M 2, M 3). Die Lernenden ... S 11 erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen; K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt; K 10 erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig.			

	♦ Beispiel eines möglichen Formelausschnitts für den Klebstoff aus Glycerin und Citronensäure:  <i>Hinweis: Vereinfachte Darstellungen sind möglich</i> ♦ Erläuterung der Eigenschaften des hergestellten Klebstoffs: ♦ Bei den Reaktionen entstehen mehr oder weniger verzweigte Polyester. Sie gehören zu den Duromeren. ♦ Durch die Vernetzung (Elektronenpaarbindungen zwischen den Monomeren) entsteht die innere Festigkeit des Klebstoffs (Kohäsion). ♦ Die Wechselwirkungen mit den zu verbindenden Teilen (Adhäsion), hier Glas (Siliciumdioxid-Netzwerk mit eingelagerten Natrium- und Calcium-Ionen), werden durch Ausbildung von Wasserstoffbrücken bzw. Wechselwirkungen zwischen permanenten Dipolen oder Ionen-Dipol-Wechselwirkungen gewährleistet. ♦ In Anwesenheit von Wasser treten die Wassermoleküle mit den Polymer-Molekülen in Wechselwirkung und setzen die Kohäsionskräfte herab. Dadurch verschlechtern sich die Klebeeigenschaften und der Klebstoff wird dünnflüssiger. <i>Hinweis: Möglich wäre hier auch die Argumentation, dass bei einem Überschuss an Wasser teilweise die Esterhydrolyse abläuft, bei der die Polykondensate wieder zu den Edukten reagieren.</i>		3	
5	Stellen Sie den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Klebstoffs und potentiellen Nutzungsmöglichkeiten im Alltag dar. Bewerten Sie den Einsatz unter Berücksichtigung von drei verschiedenen Aspekten. Die Lernenden ... B 7 treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen; B 13 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse sowie des eigenen Handelns		2 1 2 3	

	im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, [...] und sozialer Perspektive. ♦ Darstellung und Bewertung der Nutzung des Klebstoffs: ♦ Eigenschaften/Eignung: Der Klebstoff eignet sich zum Verkleben von Oberflächen mit polarer Struktur, z. B. Cellulose/Papier. Dauerhafte Festigkeit ist nicht gegeben. ♦ Nutzung: Klebstoffreste können von der Haut und anderen Materialien mit Wasser abgewaschen werden. Gut geeignet wäre der Klebstoff für Produkte, die wieder abgelöst werden sollen (z. B. Etiketten). ♦ Umweltfreundlichkeit: Der Klebstoff ist umweltfreundlich, da die Edukte teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden können und keine oder nur geringe Gefahren von diesen ausgehen.		1	2
			1	2
			1	2
	Summe	9	23	8
	Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	22,5	57,5	20

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1	1	2, 9	
2	4, 16		7	
3	17	3, 5		
4	11		9, 10	
5				7, 13

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 Bewertungsraster¹ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

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

6 Material und Durchführungshinweise

Material

Geräte

- | | |
|-----------------------------------|------------------|
| ◆ Becherglas (50 mL) | ◆ Spatel |
| ◆ Becherglas (200 mL) | ◆ Stoppuhr |
| ◆ Glasstab | ◆ Heizplatte |
| ◆ Thermometer (200 °C) | ◆ Stativmaterial |
| ◆ Pipette (2-mL) | ◆ Waage |
| ◆ Objektträger (oder Glasplatten) | |

Chemikalien

- ◆ Glycerin (Propan-1,2,3-triol)
- ◆ Citronensäure (wasserfrei)
(2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbonsäure)



Durchführungshinweise

- ◆ Die Prüflinge stellen entsprechend ihrer Berechnungen ein Gemisch im Becherglas her und erhitzen dieses 10 bis 15 Minuten auf der Heizplatte.
- ◆ Sie notieren ihre Beobachtungen.
- ◆ Sie verkleben die Objektträger mit dem Versuchsprodukt.
- ◆ Der Rest des Produkts erkaltet bis zur Zähflüssigkeit im Becherglas.
- ◆ Nach Abschluss werden die Geräte in Wasser gegeben (Becherglas 200 mL).

Hinweis

Es ist darauf zu achten, dass die Prüflinge spätestens 90 Minuten vor der Abgabe mit der Durchführung des Experiments beginnen!

7 Ersatzwerte und -beobachtungen

Ersatzwert: Berechnete Masse des eingesetzten Glycerins (Abzug: maximal 6 BE)

- ◆ Ansatz für den Klebstoff
z. B. 12 g Citronensäure + 4 g Glycerin

*Sollte die Berechnung der einzusetzenden Massen nicht oder nicht vollständig gelingen, können die Werte gegen den Abzug von **maximal sechs** Bewertungseinheiten angefordert werden.*

Teillösungen können gegebenenfalls gewertet werden.

Ersatzbeobachtungen nach Misslingen des Versuchs (Abzug: maximal 2 BE)

Beobachtungen

- ◆ Während des Erhitzens bilden sich klare, farblose Flüssigkeiten.
- ◆ Die Flüssigkeiten werden zähflüssig.
- ◆ Die Objektträger kleben fest zusammen.
- ◆ In wässriger Lösung wird das Gemisch dünnflüssiger.

8 Beobachtungsbogen

Protokoll zur Erfassung der Versuchsdurchführung des Prüflings

Prüfling		
Datum, Raum		
Uhrzeit	Versuchsbeginn:	Versuchsende:
Fach, Kurs	Fach:	Kurs:
Prüfer*in	Frau/Herr	
Betreuende Lehrkraft	Frau/Herr	

Experiment	„Herstellung eines Klebstoffs aus Citronensäure und Glycerin“, Teilaufgabe 3
Vorbereitung des Experimentes (maximal 6 BE)	◆ Begründung und Berechnung der eingesetzten Stoffmenge Glycerin ◆ gegebenenfalls Anfordern der hinterlegten Werte vom Prüfling selbständig ermittelt ☐ vom Prüfling angefordert ☐
Durchführung des Experimentes (2 BE)	Kriterien sind: ◆ zielgerichtetes, selbstständiges Vorgehen ◆ korrektes Experimentieren ◆ Beachtung von Sicherheitsbestimmungen
Beobachtungen/ Ergebnisse (2 BE)	vom Prüfling selbständig ermittelt ☐ vom Prüfling angefordert ☐

Datum, Unterschrift der betreuenden Lehrkraft

Aufgrund des Protokolls der Versuchsdurchführung erhält der Prüfling:

Anzahl der BE (max. 8)