

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Chemie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Magischer Lippenstift
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	♦ Stoffe, Strukturen, Eigenschaften ♦ Natürliche und synthetische Stoffe ♦ Farbstoffe ♦ Chemische Reaktionen ♦ Protonenübergänge ♦ Säure-Base-Konzept nach Brönsted ♦ Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie ♦ elektrophile Substitution
Materialien	♦ M 1 Magischer Lippenstift ♦ M 2 Experimentelle Untersuchung des magischen Lippenstiftes ♦ M 3 Herstellung des Lippenstiftfarbstoffes Red 27 ♦ M 4 Werbetexte im Internet zum Verkauf magischer Lippenstifte
Quellenangaben	♦ M 4.1: IKOS GmbH. (2020, 12. August). Der denkende Lippenstift. IKOS - Internationale Kosmetik. Verfügbar unter: https://www.ikos.eu/produkt/dekorative-kosmetik/lippen/der-denkende-lippenstift/ (Zugriff am 02.06.2021) ♦ M 4.2: Farblich Anpassbarer Lippenstift: Glowgasm Lips. Charlotte Tilbury. Verfügbar unter: https://www.charlottetilbury.com/de/products/colour-change-lipsticks (Zugriff am 02.06.2021) ♦ M 4.3: MAYANI magischer Lippenstift. The Magic Lipstick. PINK PANDA. Verfügbar unter: https://www.pinkpanda.de/produkt/mayani-magischer-lippenstift-the-magic-lipstick (Zugriff am 02.06.2021) ♦ Alle weiteren Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	-

zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	♦ subtraktive Farbmischung ♦ Struktur von Farbstoffen: Triphenylmethan- oder Xanthenfarbstoffe ♦ pH-abhängige Eigenschaften von Farbstoffen
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: -

1 Aufgabe

Magischer Lippenstift

Seit einiger Zeit gibt es so genannte magische Lippenstifte zu kaufen. „Zaubernd“, „denkend“, „berechnend“, „anpassbar“, „individuell“ sind einige Schlagwörter, mit denen sie beworben werden. Erstaunlich ist der Effekt, wenn ein grünfarbiger magischer Lippenstift aufgetragen wird und sich das Grün auf der Haut zum ultimativen Pink entwickelt. Inwiefern die genannten Schlagwörter gerechtfertigt sind, soll mit dieser Aufgabe untersucht werden.

	BE
1 Nennen Sie die Inhaltsstoffe des magischen Lippenstiftes, die für den grünen Farbeindruck verantwortlich sind (M 1). Erklären Sie die Entstehung des grünen Farbeindrucks beim magischen Lippenstift.	5
2 Werten Sie das Experimentierergebnis unter Verwendung einer Reaktionsgleichung aus (M 2). Erklären Sie den „magischen“ Farbwechsel des Lippenstiftes auf der Haut.	9
3 Stellen Sie eine mesomere Grenzformel für den pinkfarbigen Lippenfarbstoff auf. Erläutern Sie daran die für die Farbeigenschaft verantwortlichen Strukturmerkmale.	6
4 Ordnen Sie die Syntheseschritte A bis F (M 3) zum Reaktionsmechanismus für die Herstellung des Lippenfarbstoffes Red 27. Beschreiben Sie diesen Reaktionsmechanismus. Formulieren Sie dafür die Gesamtreaktionsgleichung.	12
5 Beurteilen Sie drei Aussagen der Werbetexte zum Verkauf von magischen Lippenstiften aus fachlicher Sicht. Analysieren Sie die Intention der Autorin/des Autors.	8

2 Material

Material 1

Magischer Lippenstift

Dekorative Lippenstifte zählen zu den am häufigsten verwendeten Kosmetika. Ihre Grundsubstanz sind Stoffgemische aus Wachsen, wachsartigen Stoffen und zähflüssigem Öl, in dem Pigmente suspendiert werden. Die Stifte sind bei Zimmertemperatur fest, werden aber bei Berührung mit der warmen Haut streichfähig. Unter leichtem Druck wird ein sehr dünner Film vom Stift abgetragen, der auf der Haut haftet. Durch Mischung verschiedenfarbiger Pigmente werden gezielt Farbtöne eingestellt, so dass eine breite Palette an Lippenstiften im Handel existiert. So genannte magische Lippenstifte sollen sich vom herkömmlichen Sortiment abheben. Ein Beispiel sind grüne Lippenstifte, deren Farbe sich nach dem Auftragen ins Rötliche ändert.

Nachfolgend sind farbrelevante Inhaltsstoffe des magischen grünen Lippenstiftes und Zusatzinformationen aufgeführt.

CI = Colour Index; hinter den Zahlen verbergen sich Farbstoffe.

Tab. 1: Farbrelevante Inhaltsstoffe des magischen Lippenstiftes (Quelle: IQB)

Inhaltsstoff	Bezeichnung	Zusatzinformation
Citric acid	Zitronensäure	dreiprotonige organische Säure
CI 77007	Ultramarinblau	Farbpigment
CI 77492	gelbes Eisenoxid	Farbpigment
CI 45410	Tetrabromtetrachlorfluorescein oder Red 27	pH > 5: rot bis pink
CI 77891	Titandioxid	Weißpigment

Die Haut des Menschen produziert verschiedene Substanzen, die sich wie ein schützender Film auf der Oberfläche verteilen. Der pH-Wert des Oberflächenfilms liegt im schwach sauren Bereich zwischen 5 und 6. Die Haut der Lippen kommt zudem häufig mit Mundspeichel in Kontakt. Der pH-Wert der Speichelflüssigkeit liegt zwischen 6,5 und 7,2.

Material 2

Experimentelle Untersuchung des magischen Lippenstiftes

In einem Experiment wurde der Einfluss des pH-Wertes untersucht. Man gab etwa gleich große Stücke des magischen, grünen Lippenstiftes in verschiedene Flüssigkeiten und schüttelte. Es ergaben sich folgende Beobachtungen.

Tab.2: Farbe bei Lösen in Wasser und Salzsäure

Flüssigkeit	pH-Wert	Farbe der Flüssigkeit
Salzsäure	0	farblos
Wasser	7	pink

Quelle: IQB

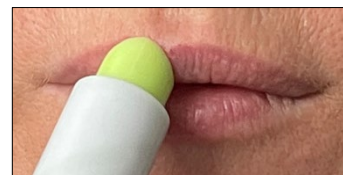


Abb. 1: Auftragen des magischen Lippenstiftes, IQB



Abb. 2: intensive violette Färbung nach dem Auftragen, IQB

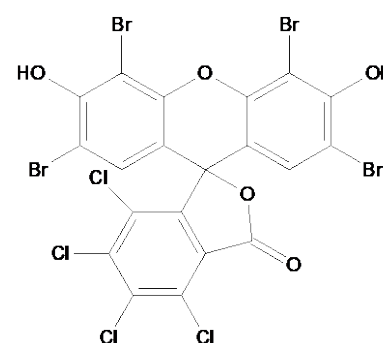


Abb. 3: Molekülstruktur von Tetrabromtetrachlorfluorescein so, wie der Stoff im magischen grünen Lippenstift enthalten ist, IQB

Material 3

Herstellung des Lippenstiftfarbstoffes Red 27

Der Farbstoff Red 27 lässt sich im Labor in einer zweimal nacheinander ablaufenden elektrophilen Substitution herstellen, wobei die Reaktion im sauren Milieu geführt wird. Als Ausgangsstoffe dienen 3,4,5,6-Tetrachlorphthalsäureanhydrid und 1,3-Dibrom-2,4-dihydroxybenzen.

Ausgewählte Syntheseschritte in ungeordneter Reihenfolge:

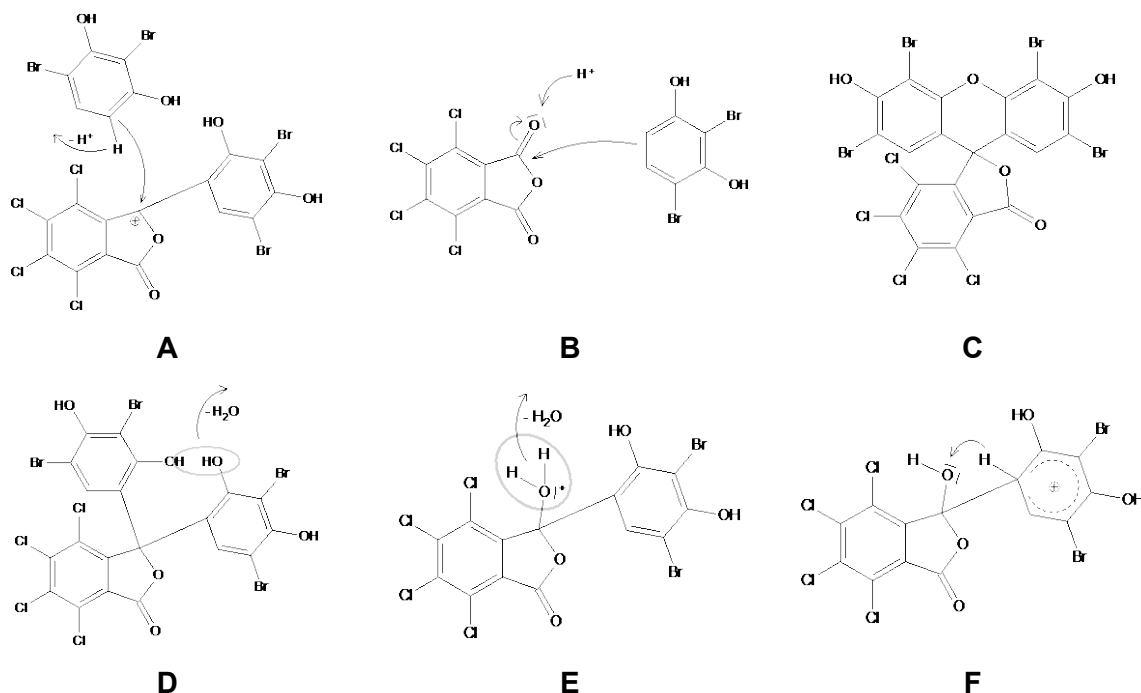


Abb. 3: Ausgewählte Syntheseschritte, IQB

Material 4

Werbetexte im Internet zum Verkauf magischer Lippenstifte

Nr.	Text (Originalzitate)
1	„Der denkende Lippenstift – Speziell pflegende Stoffe reagieren auf den Säuregehalt Ihrer Haut. Die Farben verändern sich von perlmuttrosa bis kirschrot oder apricot.“
2	„Kaufe [...], farblich anpassbare Lippenstifte mit pH-Effekt, die deine Lippen zum Strahlen bringen! Diese magischen, farblich anpassbaren Lippenstifte wirken ähnlich wie ein Stimmungsring für die Lippen und lösen je nach natürlicher Lippenfarbe, Wärme, Feuchtigkeitsgehalt und pH-Wert einen ‚CHEMISCHEN LIPPEN-EFFEKT‘ aus, der dir den perfekten PERSONALISIERTEN FARBTON verleiht!“
3	„Tragen Sie den Lippenstift mit leichten Strichen auf die Lippen auf. Nach ungefähr einer Minute entwickelt sich der richtige Farbton, der vom pH-Wert Ihrer Lippen abhängt. Ein magischer Lippenstift, der anhand des pH-Werts Ihrer Lippen den perfekten Farbton für Sie berechnet!“

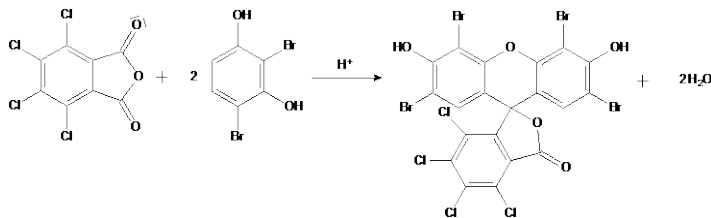
Quellen: 1: IKOS GmbH 2020; 2: Charlotte Tilbury; 3: PINK PANDA.

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>Nennen Sie die Inhaltsstoffe des magischen Lippenstiftes, die für den grünen Farbeindruck verantwortlich sind (M 1).</i> <i>Erklären Sie die Entstehung des grünen Farbeindruckes beim magischen Lippenstift.</i> Die Lernenden ... S 2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis [...] von Gesetzmäßigkeiten ab. ♦ Für das Grün des Lippenstiftes sind die Pigmente Ultramarinblau und gelbes Eisenoxid verantwortlich. ♦ Diese Farbpigmente absorbieren vom auftreffenden weißen Licht bestimmte Wellenlängen. Nicht absorbierte Wellenlängen werden reflektiert und als Blau bzw. Gelb wahrgenommen. ♦ Durch subtraktive Farbmischung von Blau und Gelb entsteht der grüne Farbeindruck.	1 3 1		
2	<i>Werten Sie das Experimentierergebnis unter Mitverwendung einer Reaktionsgleichung aus (M 2).</i> <i>Erklären Sie den „magischen“ Farbwechsel des Lippenstiftes auf der Haut.</i> Die Lernenden ... S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen; E 7 wählen (ein) geeignetes [...] Denkmodell (hier: Säure-Base-Theorie nach Brönsted) aus und nutzen (es), um chemische Fragestellungen zu bearbeiten; ♦ Der pH-Wert beeinflusst die Struktur und somit die Farbeigenschaft von Red 27. ♦ Im sauren Milieu liegt Red 27 in der Leukoform vor. Mit steigendem pH-Wert sinkt die Konzentration von Oxonium-Ionen, die Konzentration von Hydroxid-Ionen nimmt zu. Bei einem pH-Wert von 7 (Wasser) herrscht eine zehnmillionenfach höhere Konzentration an Hydroxid-Ionen als bei einem pH-Wert von 0 (Salzsäure). Red 27-Moleküle reagieren als Brönsted-Säure mit Hydroxid-Ionen.		1 2	

7

	ziehendem Effekt bewirken Mesomerie (Push-Pull-Effekt) für geringe Anregungsenergie.	1	2	
4	Ordnen Sie die Syntheseschritte A bis F (M 3) zum Reaktionsmechanismus für die Herstellung des Lippenfarbstoffes Red 27. Beschreiben Sie diesen Reaktionsmechanismus. Formulieren Sie dafür die Gesamtreaktionsgleichung. Die Lernenden ... S 14 beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen; S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen; K 7 nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander; K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt. ♦ Richtige Reihenfolge der Formeln: B – F – E – A – D – C Im Folgenden entfallen auf die kommunikative Kompetenz, Fachbegriffe und Fachsprache korrekt zu verwenden, 2 BE im AFB I. ♦ Zweimal nacheinander ablaufender Reaktionsmechanismus SE: ♦ Aktivierung des 3,4,5,6-Tetrachlorphthalsäureanhydrids durch Protonierung der Carbonylgruppe → elektrophiler Angriff des Carbenium-Ions und Bildung des π-Komplexes mit dem aromatischen System von 1,3-Dibrom-2,4-dihydroxybenzen (B); ♦ Ausbildung des σ-Komplexes unter Auflösung des aromatischen Charakters (F); ♦ Rearomatisierung durch heterolytische Spaltung des Wasserstoff-Atoms und anschließende Dehydratisierung durch Protonenumlagerung (E); ♦ Bildung eines Carbenium-Ions, welches ein zweites 1,3-Dibrom-2,4-dihydroxybenzen-Molekül elektrophil angreift (A); ♦ der bereits beschriebene Ablauf der Bildung des π-Komplexes, σ-Komplexes und Abspaltung eines Protons wiederholt sich (D); ♦ durch Dehydratisierung bildet sich die Sauerstoffbrücke (Etherbrücke) zwischen rearomatisierten Phenylringen (C). ♦ Gesamtreaktionsgleichung, z. B. 	6	2	2
5	Beurteilen Sie drei Aussagen der Werbetexte zum Verkauf von magischen Lippenstiften aus fachlicher Sicht. Analysieren Sie die Intention der Autorin/des Autors.			

Die Lernenden ... K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache; B 2 beurteilen die Inhalte verwendeter Quellen [...] (z. B. anhand der fachlichen Richtigkeit) [...]; B 4 analysieren [...] die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors; Nur drei Aussagen sollen beurteilt werden; Auswahl, z. B. ♦ Text 1: „denkender“ Lippenstift – fachlich Nonsense, aber als Metapher zu Werbezwecken im Hinblick auf Farbänderung nachvollziehbar; ♦ Text 1: „<u>Pflegende Stoffe</u> reagieren auf Säuregehalt“ – nichtzutreffend, da ein Farbstoff, also ein nichtpflegender Stoff reagiert; ♦ Text 1: „<u>Pflegende Stoffe</u> reagieren auf <u>Säuregehalt</u>“ – irreführend, da Reaktion mit einer Säure impliziert wird; das Gegenteil ist der Fall, die Reaktion verläuft mit Hydroxid-Ionen; ♦ Text 2: „mit pH-Effekt“ – gemeint ist der Einfluss des pH-Wertes der Haut auf bestimmte Inhaltsstoffe; ♦ Text 2: „lösen je nach natürlicher Lippenfarbe, Wärme, Feuchtigkeitsgehalt und pH-Wert einen ‚CHEMISCHEN LIPPEN-EFFEKT‘ aus, der dir den perfekten PERSONALISIERTEN FARBTON verleiht“ → ursprünglich vorhandene Lippenfarbe beeinflusst als Untergrund den Gesamtfarbeindruck → Wärme beeinflusst Säure-Base-Reaktionen nach dem Prinzip von Le Chatelier und damit die Farbstoffzusammensetzung im Gemisch → Feuchtigkeitsgehalt ist ebenfalls ein Einflussfaktor, weil farbige Inhaltsstoffe mehr oder weniger gut wasserlöslich sind und Wasser als Ampholyt Einfluss auf Säure-Base-Reaktionen nimmt, womit die Farbeigenschaft beeinflusst wird → pH-Wert hat einen Einfluss auf die Farbigkeit, so dass in der Summe ein ganz bestimmter Farbeindruck entsteht; dieser hat aber nichts mit der Persönlichkeitsstruktur oder dem Charakter der Person zu tun; ♦ Text 3: „Ein magischer Lippenstift, der anhand des pH-Werts Ihrer Lippen den perfekten Farbton für Sie berechnet!“ → Farbe wird anhand des pH-Wertes eingestellt (zutreffend) → allerdings „berechnet“ der Farbstoff dies nicht. ♦ Analyse der Intention: Autorin/Autor stellt die chemischen Ursachen zumeist im richtigen Zusammenhang zur pH-Abhängigkeit dar; dabei werden fachlich zwar inakzeptable Formulierungen gewählt, die allerdings das Funktionieren des magischen Lippenstiftes in überzeugend bildhafter Sprache einer breiten potenziellen Kundschaft ohne erforderliche chemische Kenntnisse anbieten soll; zudem wird durch die Verwendung von chemischen Fachbegriffen auf wissenschaftliche Überzeugungskraft gesetzt.			
Summe	13	22	5
Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	32,5	55	12,5

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	2			
2	16	7		
3	13		7, 9	
4	14, 16		7, 9	
5			6	2, 4

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.