



Name: _____

Beispielaufgabe Abiturprüfung ab 2025

Chemie, Leistungskurs

Vanillin

Vanillin ist ein in der Lebensmittelindustrie häufig verwendeter Zusatzstoff. Vanillin wird in großem Umfang als Geschmacks- und Geruchsstoff für die Aromatisierung von Schokolade, Süßwaren, Likören und Backwaren eingesetzt, in kleineren Mengen auch in Parfüms. In der Natur kommt Vanillin in den Kapsel Früchten (Vanilleschoten) der tropischen Orchideengattung *Vanilla* vor.

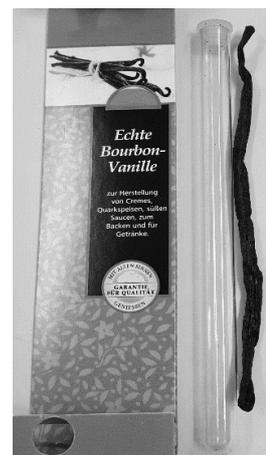


Abb.: Vanilleschote
(Quelle: privat)

Aufgabenstellung:

1. Stellen Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel des Vanillins dar (M 1). Erläutern Sie, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist (M 1). (10 BE¹)
2. Analysieren Sie den Verlauf der Titrationskurve (M 2). Ermitteln Sie den pKs-Wert von Vanillin und erläutern Sie Ihr Vorgehen (M 2). (10 BE)
3. Berechnen Sie die Masse des extrahierten Vanillins (M 3). Beurteilen Sie den Vanillin-gehalt der untersuchten Vanilleschote (M 3). (7 BE)
4. Erläutern Sie unter Angabe von Reaktionstypen die Reaktion von Vanillin und Catechin zu dem angegebenen Zwischenprodukt in Einzelschritten (M 4). (8 BE)
5. Begründen Sie anhand seiner Molekülstruktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes (M 4). (5 BE)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Dokument mit Formeln und relevanten Werten im Fach Chemie
- Taschenrechner (grafikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

¹ Bewertungseinheit(en)



Name: _____

M 1 Vanillin

Vanillin gehört zu den **Hydroxybenzaldehyden**, die als Derivate der Phenole angesehen werden können. Vanillin ist eine stärkere Säure als Phenol, das einen pK_s -Wert von 10,0 besitzt.

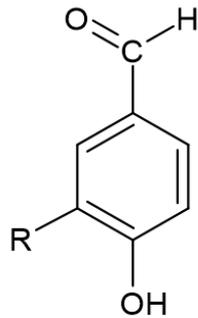


Abbildung 1a: Vanillin

(R: weiterer organischer Substituent, der für die Bearbeitung der Aufgabe keine Rolle spielt)

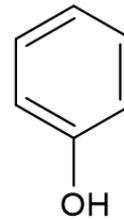


Abbildung 1b: Phenol

M 2 pH-metrische Titration

Experiment:

10,0 mL einer wässrigen Vanillinlösung der Konzentration $c(\text{Vanillin}) = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ wurden vorgelegt und mit Natronlauge, $c(\text{Natronlauge}) = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, pH-metrisch titriert. Es wurde die in Abbildung 2 dargestellte Titrationskurve aufgenommen.

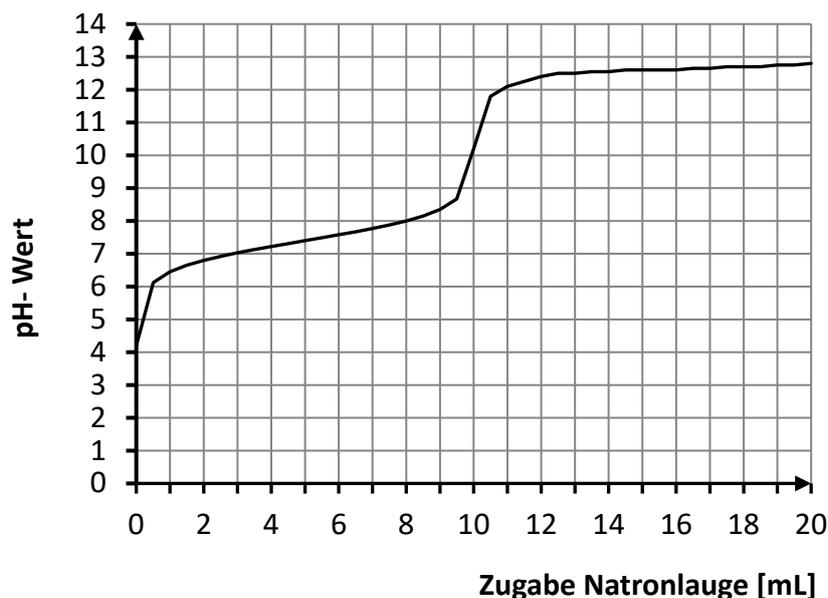


Abbildung 2: Titrationskurve



Name: _____

M 3 Säure-Base-Titration – Indikatormethode

Die Vanillinkonzentration kann im Rahmen einer Säure-Base-Titration ermittelt werden. Bei der Bestimmung des Vanillingehaltes von Vanilleschoten wird vereinfacht davon ausgegangen, dass Vanillin vollständig extrahiert wird und keine weiteren Säuren aus der Vanilleschote extrahiert werden. Je nach Qualität enthalten die Vanilleschoten 0,8 bis 2,9 % Vanillin.

Experiment:

Eine Vanilleschote mit einer Masse von 2,2 g wurde zerkleinert und mit warmem Wasser auf 50,0 mL aufgefüllt, um das Vanillin zu extrahieren. Anschließend wurden 10,0 mL des so gewonnenen Extraktes mit einem geeigneten Indikator versetzt und mit Natronlauge, $c(\text{Natronlauge}) = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, unter magnetischem Rühren bis zum Farbumschlag des Indikators titriert. Es wurden insgesamt 7,0 mL Natronlauge benötigt.

Die molare Masse des Vanillins betrug $M(\text{Vanillin}) = 152,15 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

M 4 Schnelltest für Flavanole

In der analytischen Chemie lässt sich Vanillin für einen Schnelltest zum Nachweis von Flavanolen verwenden. Flavanole sind organische Verbindungen, die in vielen Pflanzen und in Produkten vorkommen können, die aus Pflanzen gewonnen werden (z. B. Weißwein, grüner Tee).

Experiment:

0,5 g Vanillin wurden in 6,0 mL Ethanol gelöst und anschließend mit 3,0 mL konzentrierter Salzsäure versetzt. Anschließend wurde das so hergestellte Reagenz zu etwa der gleichen Menge grünen Tees gegeben, der das Flavanol Catechin enthält. Nach einigen Minuten beobachtete man eine Rotfärbung des Gemisches (Abbildung 3).

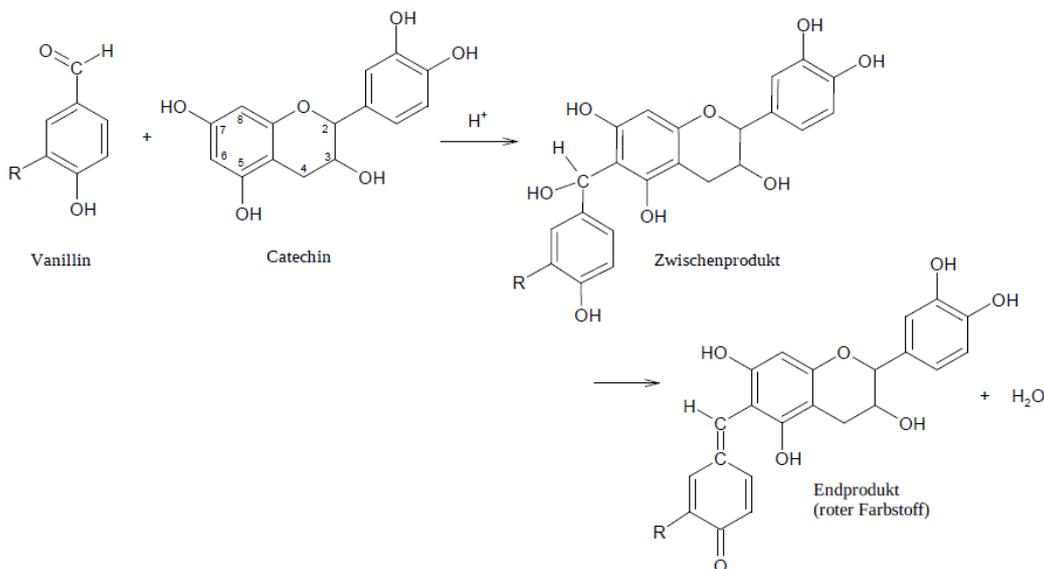


Abbildung 3: Reaktion von Vanillin und Catechin

Unterlagen für die Lehrkraft

Beispielaufgabe Abiturprüfung ab 2025

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer materialgebundenen Aufgabe

2. Aufgabenstellung¹

Vanillin

1. Stellen Sie die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel des Vanillins dar (M 1). Erläutern Sie, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist (M 1). (10 BE²)
2. Analysieren Sie den Verlauf der Titrationskurve (M 2). Ermitteln Sie den pKs-Wert von Vanillin und erläutern Sie Ihr Vorgehen (M 2). (10 BE)
3. Berechnen Sie die Masse des extrahierten Vanillins (M 3). Beurteilen Sie den Vanillin-gehalt der untersuchten Vanilleschote (M 3). (7 BE)
4. Erläutern Sie unter Angabe von Reaktionstypen die Reaktion von Vanillin und Catechin zu dem angegebenen Zwischenprodukt in Einzelschritten (M 4). (8 BE)
5. Begründen Sie anhand seiner Molekülstruktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes (M 4). (5 BE)

3. Materialgrundlage

- Falbe, Jürgen; Regitz, Manfred (Hrsg.): Römpp Chemie Lexikon. 9., erweiterte Auflage. Eintrag Vanille. Stuttgart/New York: Georg-Thieme Verlag 1995
- Kuhse, Björn Bernhard: Wilhelm Haarmann auf den Spuren der Vanille – Forscher, Unternehmer, Pionier der Riechstoffe. 1. Auflage. Holzminden: Jörg Mitzkat 2012
- Ötles, Semih: Methods of Analysis of Food Components and Additives. 2nd edition. Boca Raton (Florida): CRC Press 2012
- <http://www.chemikalienlexikon.de/aroinfo/0541-aro.htm> (Zugriff: 05.04.2023)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

² Bewertungseinheit(en)

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2025

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Säuren, Basen und analytische Verfahren

- Protolysereaktionen
- Analytische Verfahren

Reaktionswege in der organischen Chemie

- Funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen
- Struktur und Reaktivität des aromatischen Systems
- Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen, Molekülgeometrie
- Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie, Mesomerie, Chiralität
- Reaktionsmechanismen: Elektrophile Ersts substitution
- Farbstoffe: Einteilung, Struktur, Eigenschaften und Verwendung

2. Medien/Materialien

- entfällt

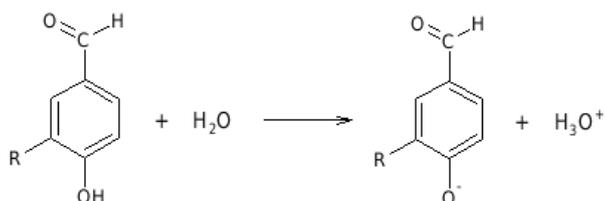
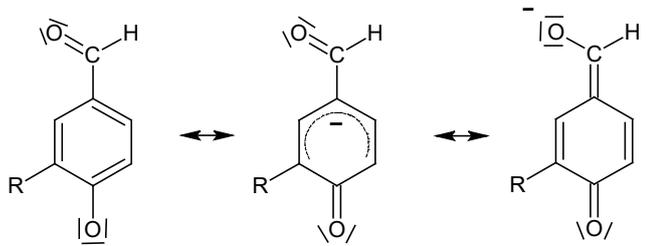
5. Zugelassene Hilfsmittel

- Dokument mit Formeln und relevanten Werten im Fach Chemie
- Taschenrechner (grafikfähiger Taschenrechner / CAS-Taschenrechner)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Prüfungsleistung

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren. Die jeweils maximal zu erreichenden Bewertungseinheiten (BE) sind angegeben.

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	BE max.
	Der Prüfling	
1	<p>stellt die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel des Vanillins dar (M 1):</p> <ul style="list-style-type: none">  unprotolysierte Vanillin-Moleküle: Säure (Protonendonator), protolysiertes Vanillin-Ion: korrespondierende Base Wasser-Moleküle: Base (Protonenakzeptor), Oxonium-Ionen: korrespondierende Säure 	4
	<p>erläutert, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist (M 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Aldehydgruppe in para-Stellung zur Hydroxygruppe im Vanillin-Molekül übt einen –M-Effekt aus, der die Elektronendichte im aromatischen Kern verringert, die Abspaltung eines Protons der Hydroxygruppe ist erleichtert. Das anionische Produkt ist gegenüber dem Phenolat-Ion zudem durch eine zusätzliche mesomere Grenzstruktur stabilisiert. Aufgrund dieser Effekte liegt beim Vanillin eine größere Säurestärke als im Phenol vor. Angabe der Strukturformeln des mesomeriestabilisierten Anions 	6

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	BE
	Der Prüfling	max.
1	<p>analysiert den Verlauf der Titrationskurve (M 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es handelt sich um das Ergebnis der Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base, da die Kurve gleich zu Beginn bei Zugabe von 1 mL Natronlauge zunächst kurz stark ansteigt, dann bis zu einer Zugabe von 9 mL leicht ansteigt, bevor es zu einem großen pH-Sprung kommt. • Der Äquivalenzpunkt der Titration wird nach Zugabe von 10 mL der Natronlauge erreicht. Hier liegt ein pH-Wert von ca. 10,5 vor, der also deutlich im alkalischen Bereich liegt. • Am Äquivalenzpunkt liegt die korrespondierende Base der Säure Vanillin vor; in einer Protolysereaktion mit Wasser bilden sich Vanillin-Moleküle und Hydroxid-Ionen, die zu dem alkalischen pH-Wert führen. 	6
2	<p>ermittelt den pKs-Wert von Vanillin mit Hilfe des pH-Wertes zu Beginn der Titration und erläutert sein Vorgehen (M 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ablesen des Anfangs-pH-Wertes der Vanillin-Lösung (pH ≈ 4,2) und Einsetzen der H_3O^+-Ionen-Konzentration und der Vanillin-Konzentration in die Formel: • $c(H_3O^+) = \sqrt{K_s \cdot c_0(\text{Vanillin})}$ $6,3096 \cdot 10^{-5} \cdot \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = \sqrt{K_s \cdot 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$ • $K_s = 3,9811 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ • pKs = 7,4 	4

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	BE
	Der Prüfling	max.
1	<p>berechnet die Masse des extrahierten Vanillins (M 3):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berechnung der Stoffmenge an verbrauchter Natronlauge: $n(\text{OH}^-) = c(\text{Natronlauge}) \cdot V(\text{Natronlauge})$ $n(\text{OH}^-) = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,0070 \text{ L} = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ • Berechnung der Stoffmenge an Vanillin in der titrierten Probe: • $n(\text{Vanillin}) = n(\text{OH}^-) = 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ • Berechnung der gesamten Stoffmenge des aus der Vanilleschote extrahierten Vanillins: • $n(\text{Vanillin}) = 5 \cdot 7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ • Berechnung der Masse an extrahiertem Vanillin: $m(\text{Vanillin}) = n(\text{Vanillin}) \cdot M(\text{Vanillin})$ $m(\text{Vanillin}) = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 152,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \approx 0,053 \text{ g}$ 	6
2	<p>beurteilt den Vanillingehalt der untersuchten Vanilleschote (M 3):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei einer Vanilleschote von 2,2 g beträgt der Vanillingehalt mit 0,053 g ca. 2,4 % und liegt damit im oberen Bereich der normalerweise vorkommenden Vanillinmengen. 	1

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	BE
	Der Prüfling	max.
1	<p>erläutert unter Angabe von Reaktionstypen die Reaktion von Vanillin und Catechin zu dem angegebenen Zwischenprodukt in Einzelschritten (M 4):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktion von Vanillin und Salzsäure: Protonierung der Aldehydgruppe, Bildung eines Elektrophils; • Angriff des Elektrophils am Catechin: Bildung eines π- und eines mesomeriestabilisierten σ-Komplexes, Abspaltung eines Protons und Rearomatisierung (Bildung des Zwischenproduktes); • Reaktionstyp: Elektrophile Substitution; • Angabe entsprechender Strukturformeln des π- und des mesomeriestabilisierten σ-Komplexes. 	8

Teilaufgabe 5

	Anforderungen	BE
	Der Prüfling	max.
1	<p>begründet anhand seiner Molekülstruktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes (M 4):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Farbigkeit kommt durch Absorption von Licht aus dem sichtbaren Bereich des Lichtspektrums zustande. Die nicht absorbierten Strahlungsanteile werden als Komplementärfarbe wahrgenommen. • Strukturelle Voraussetzung für die Absorption aus dem sichtbaren Bereich des Lichtspektrums ist ein ausgedehntes System konjugierter Doppelbindungen (Chromophor), in dem die π-Elektronen delokalisiert sind (Mesomerie). • Die π-Elektronen werden durch Absorption in angeregte Zustände überführt. • Der rote Farbstoff besitzt ein solches, ausgedehntes System konjugierter Doppelbindungen, das sich über zwei Ringsysteme erstreckt, die über ein Kohlenstoff-Atom verbunden sind. • Mit den Hydroxygruppen als Donatorgruppen und der Oxogruppe als Akzeptorgruppe wird das konjugierte π-Elektronensystem vergrößert und die zur Absorption notwendige Energie des sichtbaren Lichtes verringert. 	5

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsleistung

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe		Anforderungen	Lösungsqualität ³			
			BE max.	EK	ZK	DK
1	1	stellt die Säure-Base-Theorie ...	4			
	2	erläutert, warum Vanillin ...	6			
2	1	analysiert den Verlauf ...	6			
	2	ermittelt den pKs-Wert ...	4			
3	1	berechnet die Masse ...	6			
	2	beurteilt den Vanillingehalt ...	1			
4	1	erläutert unter Angabe ...	8			
5	1	begründet anhand ...	5			
		Summe der BE der Teilaufgaben	40			

8. Festlegung der Gesamtnote der Prüfungsleistung (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	BE max.	EK	ZK	DK
Übertrag der Summe der BE aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	40			
Übertrag der Summe der BE aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	40			
Übertrag der Summe der BE aus der dritten bearbeiteten Aufgabe	40			
Gesamtzahl der BE der Prüfungsleistung	120			

aus der Gesamtzahl der BE der Prüfungsleistung resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

³ BE = Bewertungseinheiten; EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Berechnung der Endnote nach Anlage 4 der Abiturverfügung auf der Grundlage von § 34 APO-GOST

Die Klausur wird abschließend mit der Note _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Zuordnung der Notenstufen zu der Gesamtzahl der erreichten Bewertungseinheiten (BE)

Note	Punkte	Erreichte BE
sehr gut plus	15	120 – 114
sehr gut	14	113 – 108
sehr gut minus	13	107 – 102
gut plus	12	101 – 96
gut	11	95 – 90
gut minus	10	89 – 84
befriedigend plus	9	83 – 78
befriedigend	8	77 – 72
befriedigend minus	7	71 – 66
ausreichend plus	6	65 – 60
ausreichend	5	59 – 54
ausreichend minus	4	53 – 48
mangelhaft plus	3	47 – 40
mangelhaft	2	39 – 33
mangelhaft minus	1	32 – 24
ungenügend	0	23 – 0