

---

# Abiturklausur

Jonathan Pagelsdorf

1. Besprechung der Lösungen
2. Tipps
3. Q&A



# 1. Besprechung der Lösung

## Abiturprüfung 2018 Chemie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Vanillin

1. Geben Sie eine **Reaktionsgleichung** für die bei der Titration des Vanillin-haltigen Extraktes (Versuch 1) ablaufende Reaktion an. Berechnen Sie die **Masse des extrahierten Vanillins** und **bewerten Sie den Vanillingehalt der untersuchten Vanilleschote**.

(14 Punkte)

#### Versuch 1:

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,  **$c(\text{NaOH}) = 0,01 \text{ mol/L}$** , unter Rühren bis zum Farbumschlag des Indikators titriert. Es wurden insgesamt **7,0 mL Natronlauge** benötigt.



# 1. Besprechung der Lösung

## Fachspezifische Vorgaben:

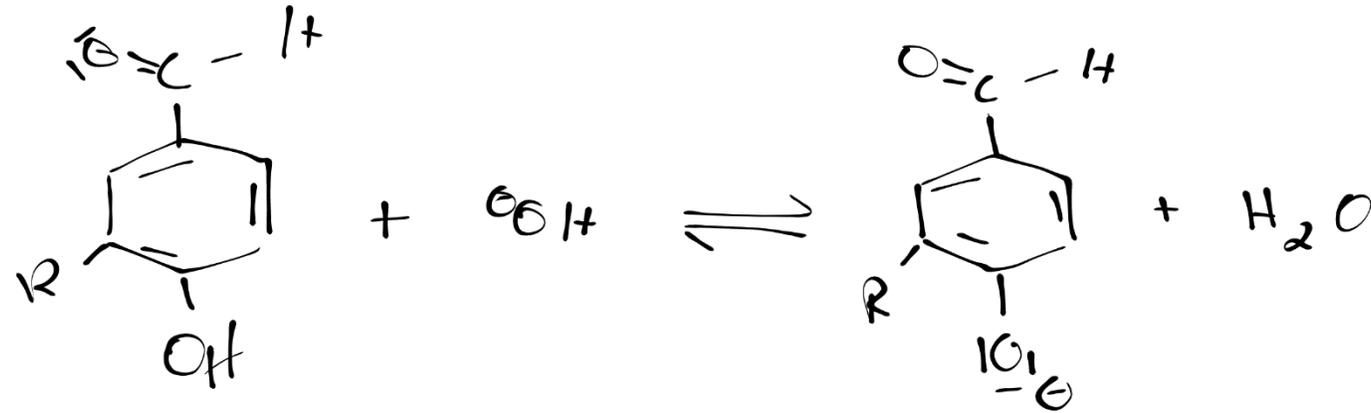
Vanillin ist ein in der Lebensmittelindustrie häufig verwendeter Zusatzstoff. Vanillin wird in großem Umfang als Geschmacks- und Geruchsstoff für die Aromatisierung von Schokolade, Süßwaren, Likören und Backwaren eingesetzt, in kleineren Mengen auch in Parfüms. In der Natur kommt Vanillin in den Kapsel Früchten (Vanilleschoten) der tropischen Orchideengattung *Vanilla* vor. Je nach Qualität enthalten die Vanilleschoten 0,8 bis 2,9 % Vanillin.

Vanillin gehört zu den **Hydroxybenzaldehyden**, die als Derivate der Phenole angesehen werden können. **Vanillin-Lösungen reagieren sauer**. Die Vanillin-Konzentration kann im Rahmen einer Säure-Base-Titration ermittelt werden. Bei der Bestimmung des Vanillin-gehaltes von Vanilleschoten wird vereinfacht davon ausgegangen, dass Vanillin vollständig extrahiert wird und keine weiteren Säuren aus der Vanilleschote extrahiert werden.



# 1. Besprechung der Lösung

Aufgabe 1:



$$c_0 = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$V = 7 \text{ ml}$$

Äquivalenzpunkt

$$n(\text{Vanillin}) = n(\text{COH})$$

$$c_0 = \frac{n}{V}$$

$$c_0 \cdot V = n$$

$$n = 7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$



# 1. Besprechung der Lösung

$$M = 152,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad m = M \cdot n$$

$$n_{\text{10ml}} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{\text{ges.}} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m = 152,15 \cdot 3,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{g} \cdot \text{mol}}{\text{mol}}$$

$$m = 0,053 \text{ g}$$

Bewertung:

$$\frac{0,053 \text{ g}}{2,2 \text{ g}} = 2,4 \%$$

- der Vanillin Gehalt des Vanillie liegt im oberen Bereich.  $\Rightarrow$  gute Qualität der Schote



# 1. Besprechung der Lösung

2. Analysieren Sie den Verlauf der Titrationskurve (Versuch 2). Bestimmen Sie den  $pK_s$ -Wert von Vanillin und erläutern Sie Ihr Vorgehen. Nennen Sie begründet einen geeigneten Säure-Base-Indikator für die Titration des Vanillins.

(16 Punkte)

## Versuch 2:

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



# 1. Besprechung der Lösung

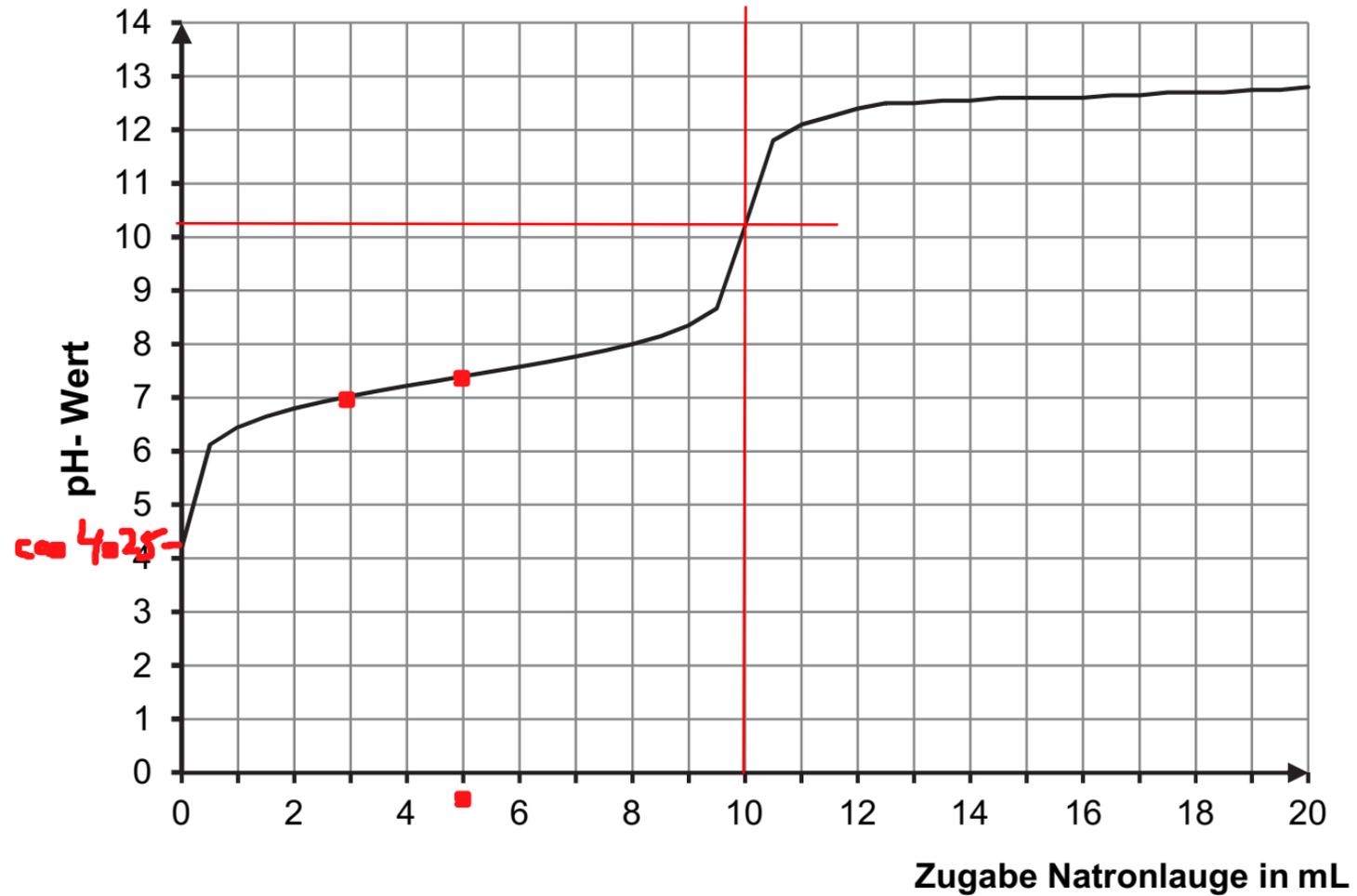


Abbildung 1: Titrationskurve (Versuch 2)



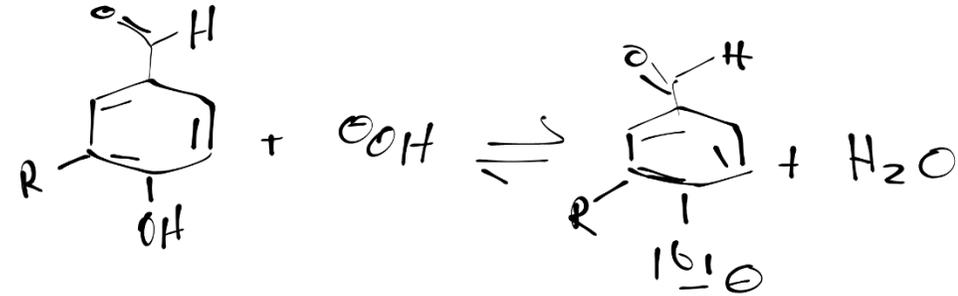
# 1. Besprechung der Lösung

## Aufgabe 2:

I. Analyse d. Kurve  $V = 10 \text{ ml}$

II. pHS-Wert Vanillin  $C_0 = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 $n_0 = 1 \text{ mol}$

III. S-B-Indikator



I. - Start der Kurve bei ca.  $\text{pH} = 4,25$

- Halbäquivalenzpunkt bei Zugabe von 5ml  $\text{NaOH}$

- Neutralpunkt bei Zugabe von 3ml  $\text{NaOH}$

- Äquivalenzpunkt nach Zugabe von 10ml  $\text{NaOH} \rightarrow 100\%$  korresp. Base

- nach Zugabe von 10,5ml  $\text{NaOH}$  flacht Kurve ab und verläuft bis  $\text{pH} \approx 12,75$

- schwache Säure, da nach Zugabe von  $\text{NaOH}$  zunächst starker Anstieg der Kurve, dann jedoch abflacht



# 1. Besprechung der Lösung

## Teilaufgabe 2

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1	<p>analysiert den Verlauf der Titrationskurve (Versuch 2), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 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.</li><li>• 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.</li><li>• 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.</li></ul>	6



# 1. Besprechung der Lösung

II.

$$pK_s = -\lg(K_s)$$

$$K_s = \frac{c(\text{Van}^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c_0(\text{Van})}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = K_s \cdot c_0(\text{Van})$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \sqrt{K_s \cdot c_0(\text{Van})}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \sqrt{K_s} \cdot \sqrt{c_0(\text{Van})}$$

$$\frac{c(\text{H}_3\text{O}^+)}{\sqrt{c_0(\text{Van})}} = \sqrt{K_s}$$

$$\left( \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+)}{\sqrt{c_0(\text{Van})}} \right)^2 = K_s$$

$$3,16 \cdot 10^{-8} = K_s \Rightarrow pK_s = -\lg(K_s) = \underline{\underline{7,5}}$$

$$3,9811 \cdot 10^{-8} = K_s$$

$$c \text{ NaOH} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$c \text{ Van} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$\text{Start pH-Wert} = 4,25$$

$$\text{pH} = -\lg(c(\text{H}_3\text{O}^+))$$

$$10^{-\text{pH}} = c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$10^{-4,25} = c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$5,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} = c(\text{H}_3\text{O}^+)$$



# 1. Besprechung der Lösung

III.

Indikator: Thymolphthalein, da der Äquivalenzpunkt der Titration mitten im Umschlagsbereich d. Indicators

*Alizarinrot R auch Ok.*

3b begründet die Wahl des Säure-Base-Indikators, z. B.:

- Die Umschlagbereiche der beiden genannten Indikatoren stimmen am besten mit dem pH-Sprung der abgebildeten Titrationskurve überein und zeigen den Äquivalenzpunkt so am genauesten an.
- Alle anderen der aufgezählten Indikatoren würden zu einem deutlich ungenaueren Ergebnis führen, da ihre Umschlagbereiche bei geringeren pH-Werten liegen, und sie daher einen Farbumschlag haben, obwohl der Äquivalenzpunkt der Titration noch nicht erreicht ist.

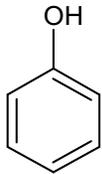
4



# 1. Besprechung der Lösung

3. Stellen Sie die **Säure-Base-Theorie** nach **Brönsted** am Beispiel des Vanillins dar. Erläutern Sie, auch unter Angabe von Strukturformeln, **warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol** ist. Begründen Sie anhand seiner **molekularen Struktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes**. *(20 Punkte)*

$pK_s$  (Phenol) = 10,0

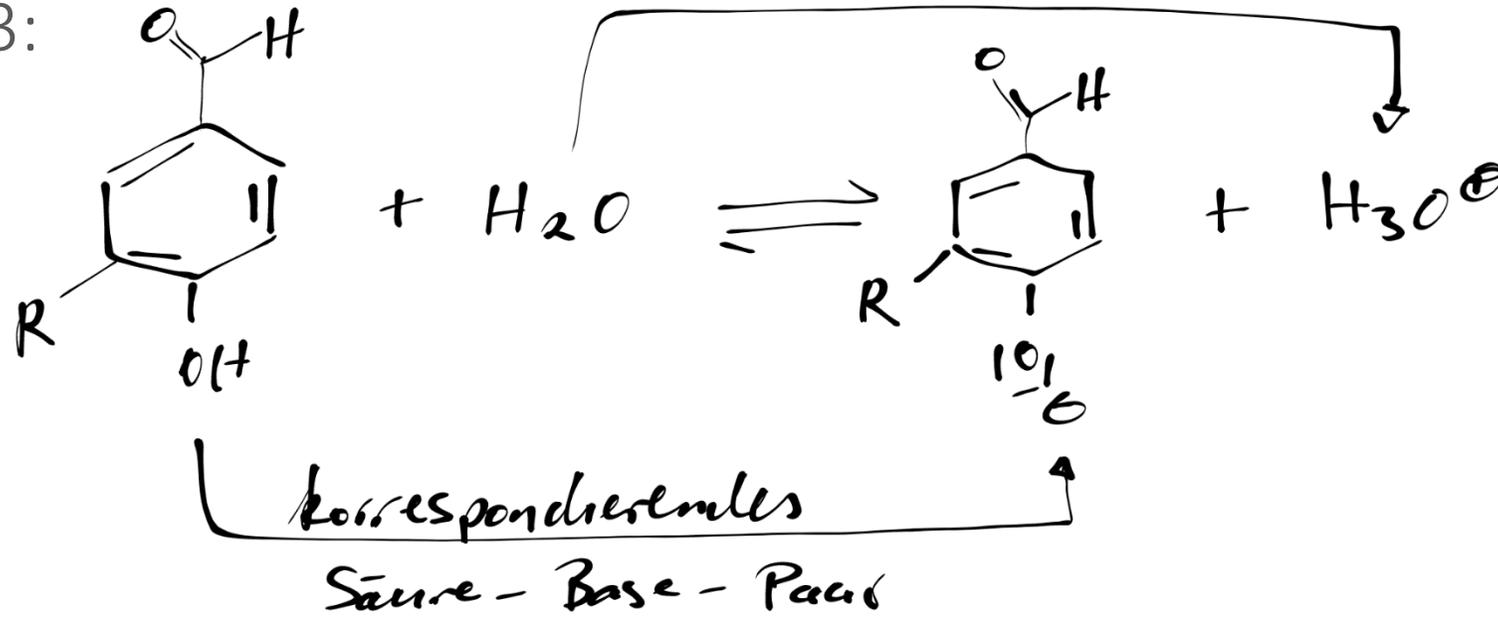


Phenol



# 1. Besprechung der Lösung

Aufgabe 3:





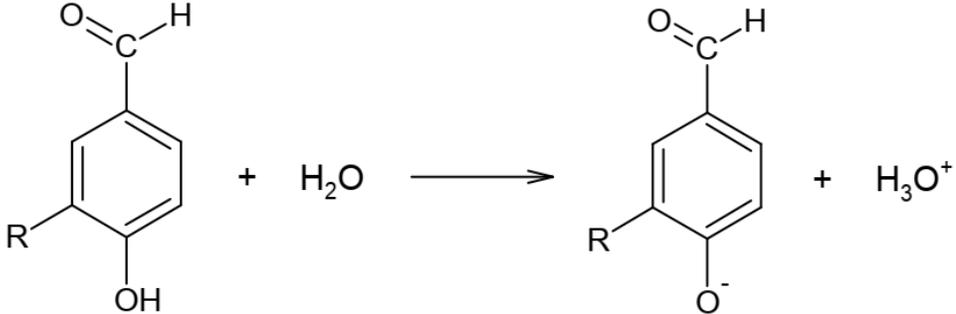
# 1. Besprechung der Lösung

- Vanillin reagiert als Säure. Nach Brønsted sind Säure Protonen - Donatoren
- $H_2O$  reagiert hier als Base  $\rightarrow$  nimmt das Proton auf  
 $\Rightarrow$  Protonen Akzeptor
- Säure - Base - Rxn sind Gleichgewichtsreaktion
- jede Säure hat eine korrespondierende Base & umgekehrt.  
Eine schwache Säure wie Vanillin hat eine entsprechend starke korrespondierende Base
- da Vanillin eine schw. Säure liegt sie im Gleichgewicht wie vollständig dissoziiert vor.  
Das Gleichgewicht liegt auf der linken Seite.



# 1. Besprechung der Lösung

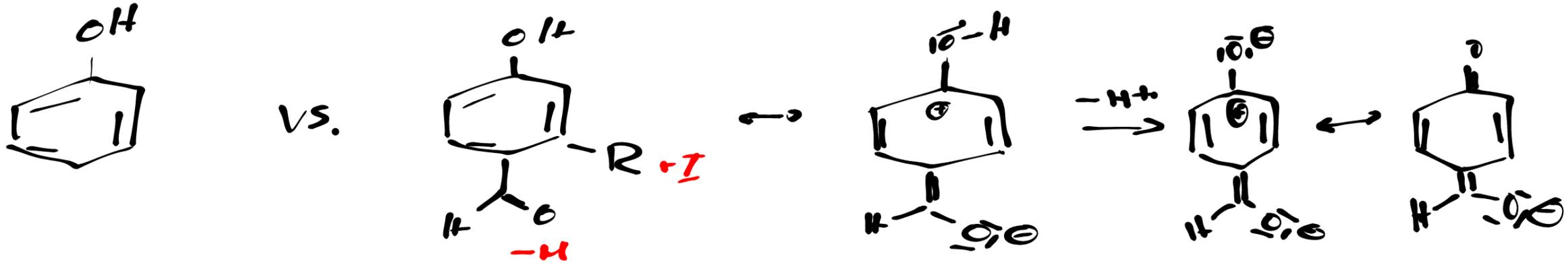
## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
1	<p data-bbox="453 482 1964 525">stellt die Säure-Base-Theorie nach Brönsted am Beispiel des Vanillins dar, z. B.:</p> <ul data-bbox="453 529 1651 1068" style="list-style-type: none"><li data-bbox="453 529 1651 843">• </li><li data-bbox="453 872 1651 968">• Unprotolysierte Vanillin-Moleküle: Säure (Protonendonator) protolysiertes Vanillin-Ion: korrespondierende Base</li><li data-bbox="453 972 1651 1068">• Wasser-Moleküle: Base (Protonenakzeptor), Oxonium-Ionen: korrespondierende Säure</li></ul>	6



# 1. Besprechung der Lösung

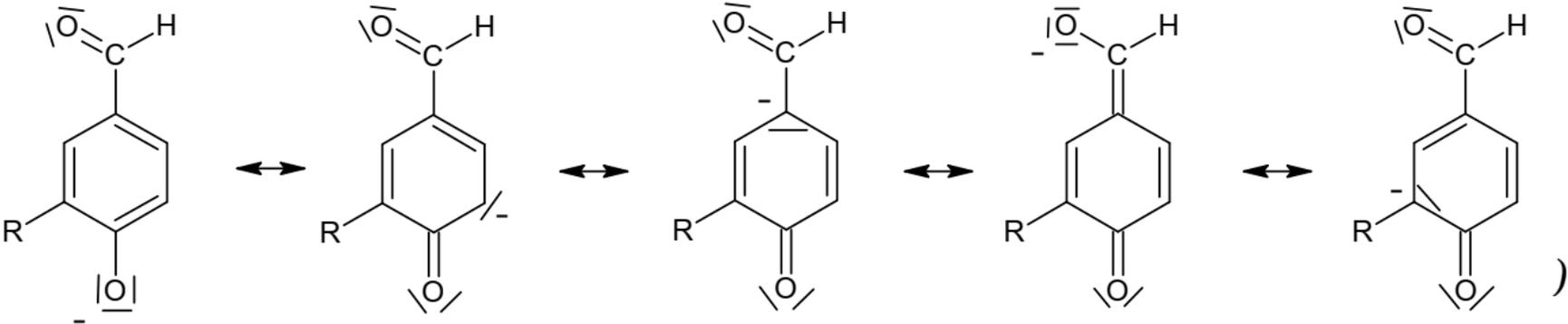
II.



- durch den  $-I$ -Effekt der Carboxyl-Gruppe steigert sich die Acidität des Vanillin gegenüber dem Phenol.
- die Mesomere-Genestruktur zeigt eine positive Ladung am C-Atom der Hydroxid-Gruppe. Diese kann leicht durch die Abspaltung des Protons ausgeglichen werden.



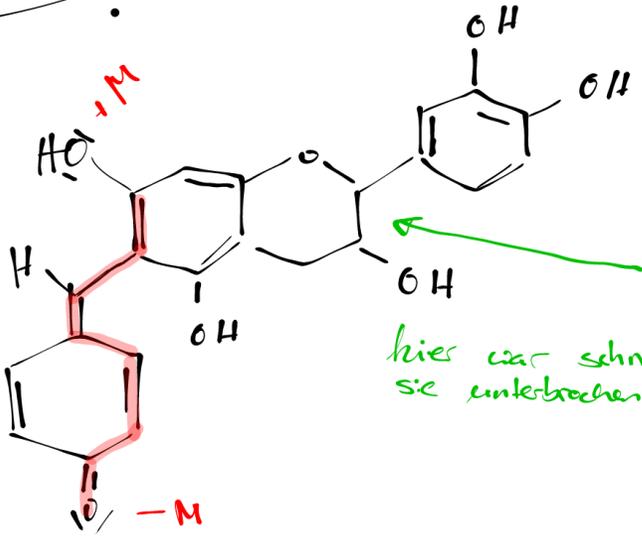
# 1. Besprechung der Lösung

2a	<p>erläutert, warum Vanillin eine stärkere Säure als Phenol ist. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Aldehydgruppe in para-Stellung zur Hydroxygruppe eingeht, die einen <math>-M</math>-Effekt ausübt, die Elektronendichte im aromatischen Kern verringert, das anionische Produkt durch eine zusätzliche mesomere Grenzstruktur stabilisiert und so die Abspaltung des Protons der Hydroxygruppe erleichtert.)</p>	4
2b	<p>gibt entsprechende Strukturformeln an. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Strukturformeln des mesomeriestabilisierten Anions zeichnet, z. B.:</p> 	4



# 1. Besprechung der Lösung

III.



hier war schneller sehen, dass sie unterbrochen ist

1. Zunächst alle Funktionalitäten angeschaut
2. Chromophor gesucht  $\rightarrow$  konj.  $\pi$ - $e^-$
3. Funktionalitäten entlang der konj.  $\pi$ -Kette

- der Farbstoff erscheint rot, da er Wellenlängen im grünen Bereich absorbiert.
- Verantwortlich dafür sind die konj.  $\pi$ -Elektronen der makulierten Kette.
- durch den bathochromen Effekt hervorgerufen durch die Hydroxy- bzw. Carbonyl-Funktionalitäten.
- $C=O$ : Antiauxochrom;  $-M$ -Eff; Elektronenakzeptor
- $-OH$ : Auxochrom;  $+M$ -Eff, Elektronendonator
- durch den bathochromen Effekt wird das Absorptionsmaximum des Moleküls in den sichtbaren Bereich verschoben.
- Anregung der  $e^-$  durch sichtbares Licht



# 1. Besprechung der Lösung

3	begründet anhand seiner molekularen Struktur die Farbigkeit des roten Farbstoffes. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling am Beispiel des roten Farbstoffs Aussagen macht zum vorliegenden ausgedehnten System konjugierter Doppelbindungen (Chromophor), zum Mesomeriemodell (mesomere Grenzstrukturen, Delokalisation von konjugierten <math>\pi</math>-Elektronen, Einfluss von Donator-/Akzeptorgruppen, hier der Hydroxygruppen und der Oxogruppe) sowie zur Anregung von Elektronen durch sichtbares Licht).</i>	6
---	---	---



# 1. Besprechung der Lösung

4. **Erläutern** Sie unter Angabe von **Reaktionstypen** und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den **Reaktionsweg** von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (**Versuch 3**). Erläutern Sie den Ort der Anlagerung des Vanillin-Moleküls am Catechin-Molekül und die Möglichkeit der Entstehung eines **Nebenproduktes** bei dieser Farbstoffreaktion.

*(16 Punkte)*

## **Versuch 3:**

0,5 g Vanillin wurden in 6,0 mL Ethanol gelöst und anschließend mit 3,0 mL konzentrierter Salzsäure versetzt. Das so hergestellte Reagenz wurde zu grünem Tee gegeben, der das Flavanol Catechin enthält. Nach einigen Minuten beobachtete man eine Rotfärbung des Gemisches (Abbildung 2).



# 1. Besprechung der Lösung

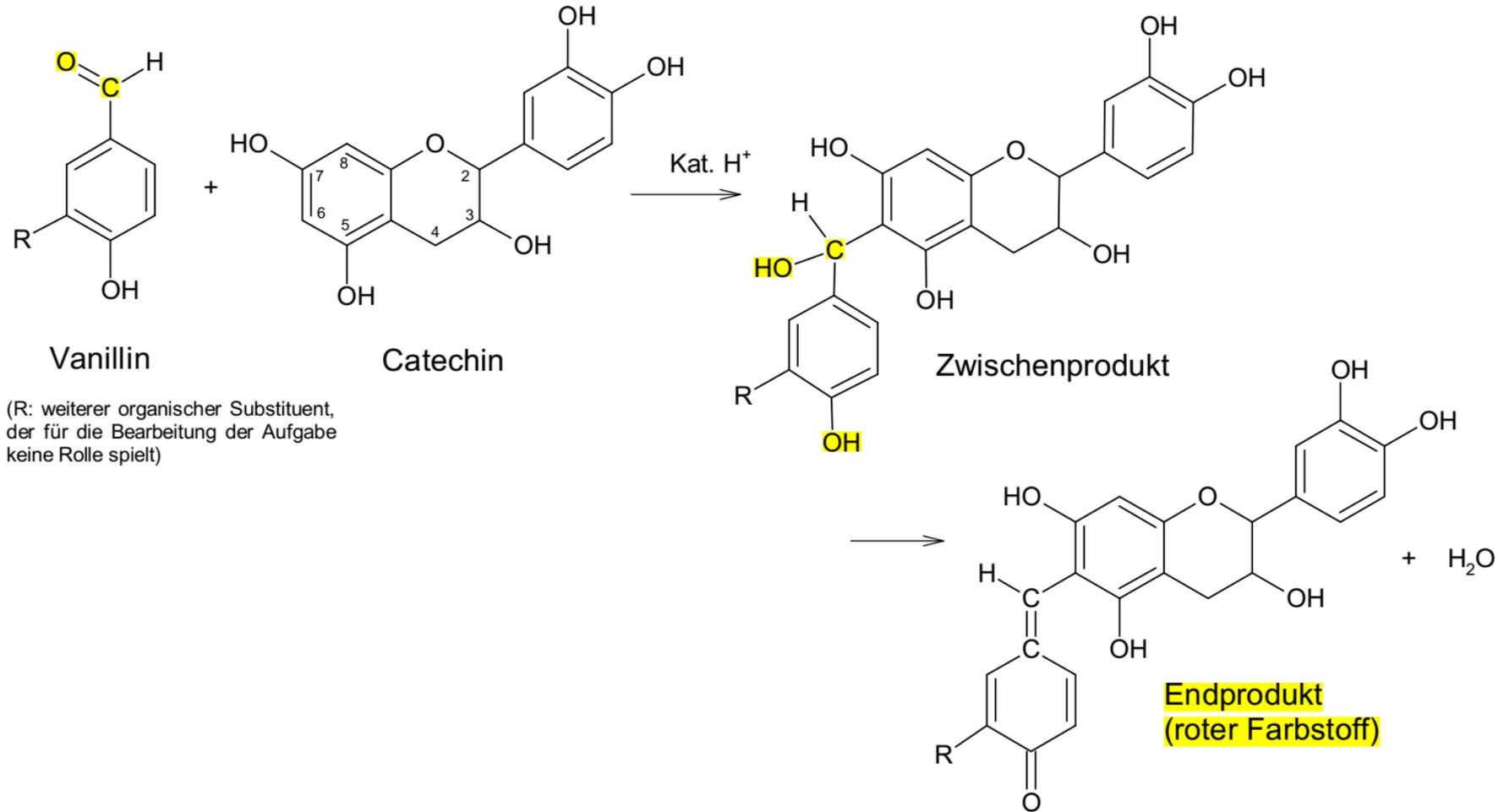


Abbildung 2: Reaktion von Vanillin und Catechin (Versuch 3)



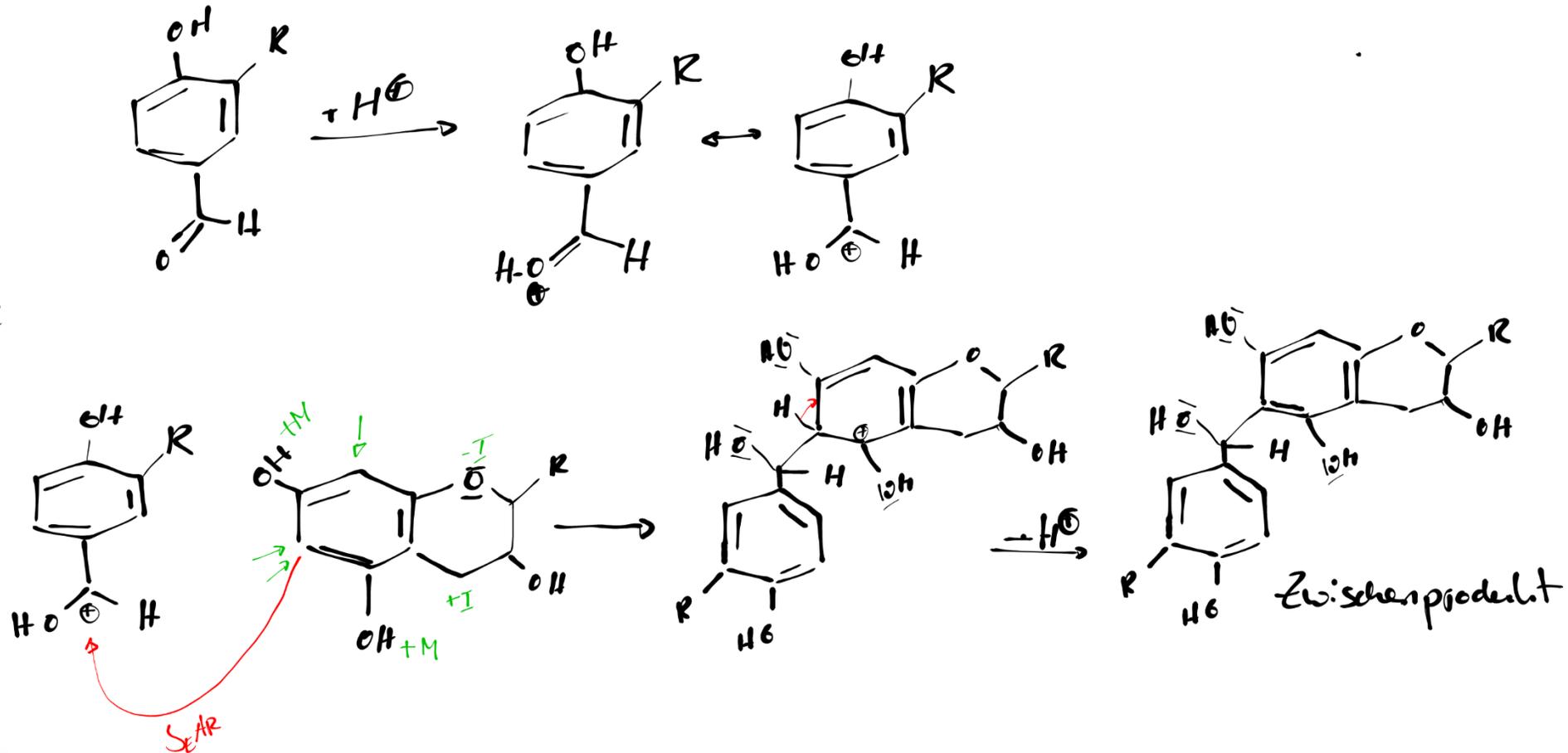
# 1. Besprechung der Lösung

Aufgabe 4:

V.3. I. Ansäuern (HCl)

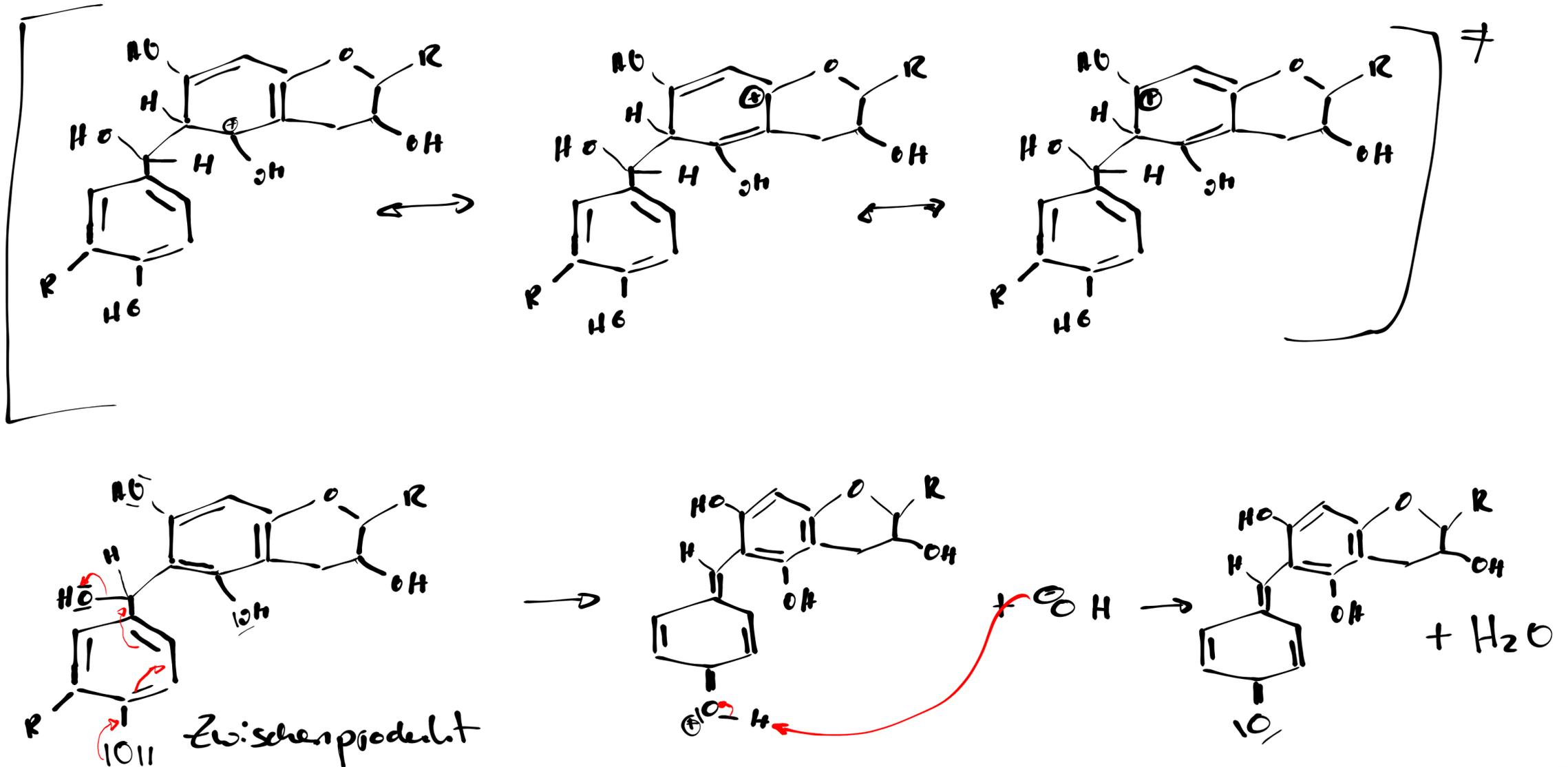
Reaktionsweg:

- Reaktionstyp
- Zwischenprodukt
- Ort der Anlagerung
- Nebenprodukte





# 1. Besprechung der Lösung





# 1. Besprechung der Lösung

- Ansäuern zur Aktivierung der Carbonyl-Gruppe  $\rightarrow$  Elektrophil
- elektrophiler Angriff am Catechin  $\rightarrow$  elektrophile Substitution am Aromaten
- -OH-Gruppen dirigieren in ortho/para-Position
- Bildung eines  $\sigma$ -Komplexes;  $\oplus$ -Ladung resonanzstabilisiert
- Abspaltung des Protons  $\rightarrow$  Bildung des  $\pi$ -Komplexes, Rearomatisierung
- elektrophiler Angriff ebenfalls an 8-möglichen  $\rightarrow$  NP



# 1. Besprechung der Lösung

## Teilaufgabe 4

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1a	<p>erläutert unter Angabe von Reaktionstypen und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den Reaktionsweg von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (Versuch 3), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reaktion des Vanillins mit Salzsäure: Protonierung der Aldehydgruppe, Bildung eines Elektrophils.</li><li>• Angriff des Elektrophils am Catechin: Bildung eines <math>\pi</math>- und eines mesomeriestabilisierten <math>\sigma</math>-Komplexes, Abspaltung eines Protons und Rearomatisierung (Bildung des Zwischenproduktes).</li><li>• Reaktionstyp: elektrophile Substitution.</li></ul>	6



# 1. Besprechung der Lösung

1b	<p>erläutert unter Angabe von Reaktionstypen und unter Berücksichtigung des angegebenen Zwischenproduktes den Reaktionsweg von Vanillin und Catechin zum roten Farbstoff in Einzelschritten (Versuch 3), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Protonierung der Hydroxygruppe am Kohlenstoff-Atom zwischen den beiden Ringsystemen des Zwischenproduktes,</li><li>• Abspaltung von Wasser (Dehydratisierung) und Deprotonierung der Hydroxygruppe des ursprünglichen Vanillinrings führen zu dem Molekül des roten Farbstoffs.</li></ul>	4
2	<p>erläutert den Ort der Anlagerung des Vanillin-Moleküls am Catechin-Molekül und die Möglichkeit der Entstehung eines Nebenproduktes bei dieser Farbstoffreaktion. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die dirigierende Wirkung der beiden Hydroxygruppen, die in die ortho- oder para-Position dirigieren, sowie auf eine mögliche elektrophile Substitution des Vanillin-Moleküls in Position 8 des Catechin-Moleküls eingeht, da diese Position ähnlich begünstigt sein dürfte wie Position 6, wobei hier ein Farbstoff-Molekül entstehen dürfte, das in einem ähnlichen Spektralbereich wie das Molekül des abgebildeten Farbstoffs absorbiert.)</i></p>	6



# 1. Besprechung der Lösung

## b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich,</li><li>• verwendet eine differenzierte und präzise Sprache,</li><li>• veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc.,</li><li>• gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.</li></ul>	4

- Nutzt die gelernten Fachbegriffe



## 2. Tipps und Tricks

- Schreibt euch Stichpunkte zu den Unteraufgaben
- Bei Aufgaben wie: analysiere, bewerte, erläutere, begründe besser ein Satz zu viel, als zu wenig
- Und schreibt alles hin, was ihr meint, was richtig sein könnte, es werden keine Minuspunkte vergeben.
- Bei Rechnungen notiert euch gegeben und gesucht.
- Stelle Formel erst um, dann setze ein.
- Nimm die Einheiten mit, die können evtl. am Ende zeigen, ob richtig umgestellt wurde.



## 2. Tipps und Tricks

- Auf Lücke lernen in Chemie ist gefährlich, da viele Themenbereiche mit einer Klausur abgedeckt werden können.
- Bei großen Molekülen markiert euch die funktionellen Gruppen, überlegt euch, was Thema der Aufgabe ist. Welche Funktion hat die Gruppe?
- Geratet beim Lesen der Aufgabenstellung nicht in Panik! Vieles was euch in dem Moment fremd vorkommt steht im Infotext oder den Zusatzinfos.
- Fangt mit der Klausur an, die euch thematisch liegt.
- Markiert den Text nach eurem System.



Q & A



---

Viel Erfolg bei eurem Abi !

&

Danke fürs Zuhören