



# SACHSEN-ANHALT

Ministerium für Bildung

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2023

### CHEMIE (ERHÖHTES ANFORDERUNGSNIVEAU)

#### Prüfungsaufgaben

---

Auswahlzeit:	30 Minuten
Bearbeitungszeit:	330 Minuten

---

Wählen Sie je ein Thema aus den beiden Themenblöcken zur Bearbeitung aus und kreuzen Sie diese beiden Themen an.  
Bestätigen Sie die Entscheidung mit Ihrer Unterschrift.

#### Themenblock Grundlagen

**Thema G 1:** Brom und Bromverbindungen

**Thema G 2:** Die Chemie der Alkanole

#### Themenblock Vertiefung

**Thema V 1:** Nicotin

**Thema V 2:** Weinaromen

**Thema V 3:** Betty Buttersäure und ihre aufregenden Abenteuer

Unterschrift des Prüflings:

## Thema G 1: Brom und Bromverbindungen

### Material 1:

Das Element Brom kommt nur gebunden z. B. als Kaliumbromid gelöst im Meerwasser oder in Salzlagerstätten vor. Es wurde 1826 von ANTOINE-JÉRÔME BALARD aus Meeresalgen gewonnen.

Im Gegensatz zu allen anderen Nichtmetallen ist Brom bei Zimmertemperatur flüssig und bildet stark ätzende, rotbraune Dämpfe. Es wirkt in hohen Konzentrationen giftig. Bei Hautkontakt entstehen schwer heilende Wunden. Inhalierte Bromdämpfe führen zu Atemnot und Lungenentzündung.

Im Folgenden werden nur die Halogene Fluor, Chlor, Brom und Iod betrachtet.

- 1 Begründen Sie die Stellung des Elements Brom in der VII. Hauptgruppe des Periodensystems anhand der Elektronenkonfiguration.

Stellen Sie die Siedetemperaturen der Halogenwasserstoffe in Abhängigkeit von der molaren Masse grafisch dar.

Interpretieren Sie den Verlauf des Graphen.

Ordnen Sie Brom und Kaliumbromid unterschiedlichen Stoffklassen zu.

Begründen Sie die Zuordnungen.

Wenden Sie das Struktur-Eigenschafts-Konzept auf die Eigenschaft der elektrischen Leitfähigkeit von Brom und Kaliumbromid an.

BE

20

### Experiment:

Kaliumbromid-Lösung wird an Kohlenstoff-Elektroden mit einer Gleichspannung von 4 Volt für 30 Sekunden elektrolysiert.

- 2 Führen Sie das Experiment durch.

Werten Sie die Beobachtungen aus.

BE

9

**Material 2:**

Neben Bromwasserstoffsäure (HBr) gibt es auch verschiedene Oxosäuren des Broms:

- Hypobromige Säure (HBrO),
- Bromige Säure (HBrO<sub>2</sub>),
- Bromsäure (HBrO<sub>3</sub>) und
- Perbromsäure (HBrO<sub>4</sub>).

Mithilfe des Kaliumsalzes der Bromsäure kann die Konzentration an Arsen(III)-Ionen im Wasser ermittelt werden. Zum Bestimmen der Konzentration an Arsen(III)-Ionen werden 100 mL einer Trinkwasserprobe mit angesäuerter Bromat-Ionen-Lösung ( $c(\text{BrO}_3^-) = 0,001 \text{ mol/L}$ ) titriert. Dabei entstehen Arsen(V)-Ionen und Bromid-Ionen. Mithilfe eines Indikators wird der Äquivalenzpunkt bestimmt. Der Verbrauch an Bromat-Ionen-Lösung beträgt 1,2 mL.

Es gibt Länder, in denen das Grundwasser mit Arsen(III)-Ionen belastet ist. Aufgrund der Giftwirkung hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) den Grenzwert für Arsen(III)-Ionen im Trinkwasser auf 10 µg/L festgelegt.

3 Begründen Sie eine Oxidationszahl des Bromteilchens in einem Oxosäuremolekül.

Entwickeln Sie eine chemische Gleichung für die im Material 2 beschriebene Titration aus den Teilgleichungen.

Beurteilen Sie die Eignung des untersuchten Trinkwassers nach WHO-Richtlinie durch Berechnen.

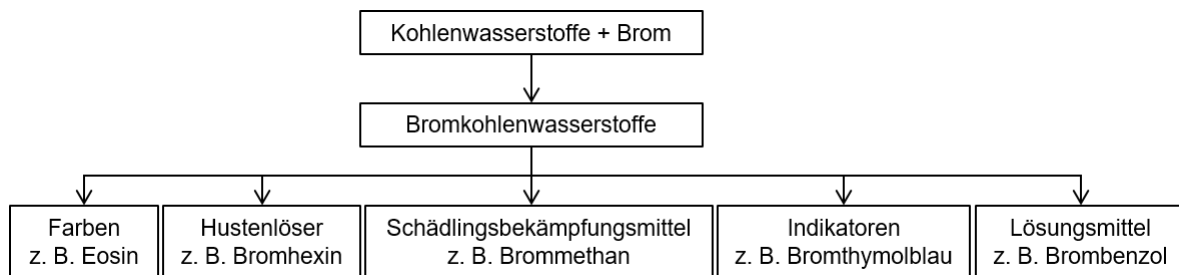
**Hinweis:**  $n(\text{As}^{3+}) = 3 \cdot n(\text{BrO}_3^-)$

BE

12

**Material 3:**

Neben anorganischen sind auch organische Bromverbindungen sehr bedeutsam.



**Abb.:** Synthese organischer Bromverbindungen

- 4 Entwickeln Sie jeweils eine chemische Gleichung für die Herstellung von
- Brommethan,
  - 1,2-Dibromethan aus Ethen sowie
  - Brombenzol.

Beschreiben Sie den Reaktionsmechanismus der Bildung von 1,2-Dibromethan aus Ethen.

BE

9

## Thema G 2: Die Chemie der Alkanole

### Material 1:

Das Wort „Alkohol“ leitet sich aus dem Arabischen für „feines Pulver“ ab. Organische Verbindungen der Alkohole, deren Moleküle keine Mehrfachbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen und eine Hydroxygruppe enthalten, werden als Alkanole bezeichnet. Die Struktur eines Alkanolmoleküls lässt sich von der Struktur des Wassermoleküls ableiten. Somit zeigen kurzkettige Alkanole und Wasser ein ähnliches Reaktionsverhalten gegenüber Alkalimetallen, wie z. B. Natrium.

Auf der Teilchenebene sind nach der Theorie von BRÖNSTED Wasser- und Alkanolmoleküle Ampholyte. Die Acidität (Säurestärke) von Alkanolen gegenüber Wasser kann durch den  $K_S$ -Wert bzw.  $pK_S$ -Wert ausgedrückt werden.

Stoff	$K_S$ -Wert in mol/L	$pK_S$ -Wert
Methanol	$3,2 \cdot 10^{-16}$	15,5
Ethanol	$1,3 \cdot 10^{-16}$	15,9
2,2,2-Trifluorethanol	$4,0 \cdot 10^{-13}$	12,4

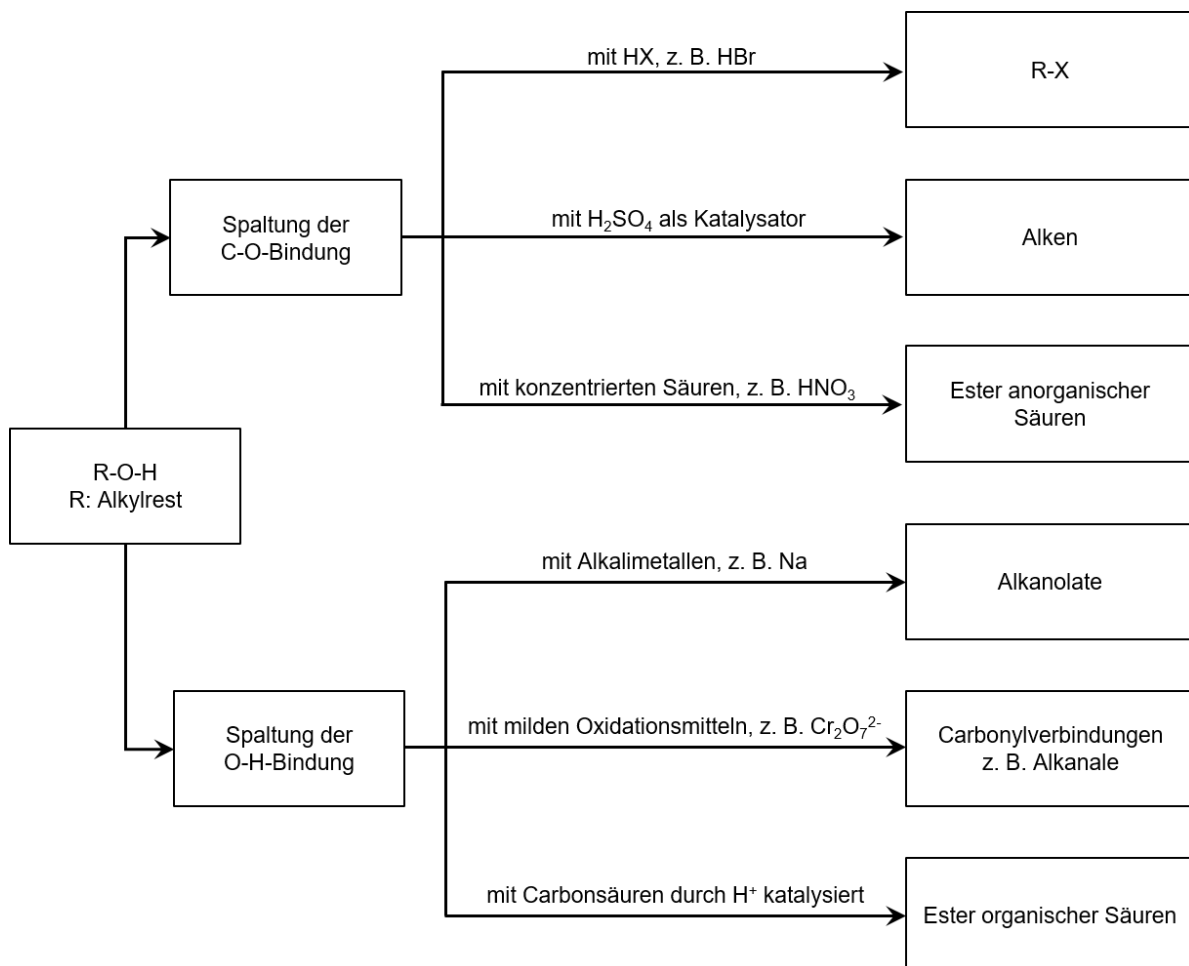
Tab.: gerundete  $K_S$ -Werte bzw.  $pK_S$ -Werte ausgewählter Stoffe

- |   |   |    |
|---|---|----|
|   |   | BE |
| 1 | <p>Entwickeln Sie die LEWIS-Formeln für die Moleküle von Wasser und Methanol.</p> <p>Erklären Sie den Bindungswinkel im Wassermolekül unter Einbeziehen des Elektronenpaarabstoßungsmodells.</p> <p><b>Hinweis:</b> Der Bindungswinkel H-O-H im Wassermolekül beträgt <math>104,5^\circ</math>.</p> <p>Wenden Sie das Struktur-Eigenschafts-Konzept</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- auf die unterschiedlichen Siedetemperaturen sowie</li> <li>- auf die Reaktionen mit Natrium</li> </ul> <p>von Wasser und Methanol an.</p> <p>Stellen Sie die chemischen Gleichungen für die Reaktionen von Wasser bzw. von Methanol mit Natrium auf.</p> | 14 |
| 2 | <p>Begründen Sie das Zuordnen von Methanolmolekülen zu den Ampholyten mithilfe von Strukturbetrachtungen.</p> <p>Erklären Sie die unterschiedlichen Säurestärken der angegebenen Alkanolmoleküle und des Alkanolderivats entsprechend der Tabelle im Material 1.</p>  | 10 |

**Material 2:**

Alkanole werden aufgrund spezifischer Eigenschaften vielfältig eingesetzt. So findet Ethanol u. a. in Kosmetika durch seine desinfizierende und konservierende Wirkung, als Zusatz von Reinigungsmitteln aufgrund schmutz- und fettlösender Eigenschaften und als Brennspritus durch seine Brennbarkeit Verwendung. Ethanol kann in Fruchtsäften, Süßigkeiten, Milchbrötchen, Eis sowie Fertiggerichten enthalten sein. Bei der Herstellung und als Inhaltsstoff von pflanzlichen Arzneimitteln, die auch für Kleinkinder zugelassen sind, ist Ethanol von universeller Bedeutung.

Alkanole sind zudem wichtige Ausgangsstoffe für zahlreiche Synthesen. Ihre Reaktionen ermöglichen die Einführung weiterer, oft sehr reaktionsfreudiger funktioneller Gruppen in organische Moleküle.



**Abb.:** ausgewählte Reaktionen der Alkanole

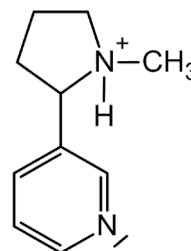
	BE
<p>3 Diskutieren Sie den Einsatz von Ethanol in pflanzlichen Arzneimitteln für Kinder unter sechs Jahren.</p> <p>Beurteilen Sie die Freiwilligkeit der Reaktion von Ethanol zu Ethen bei 170 °C nach der Reaktionsgleichung:</p> $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}.$ <p><b>Hinweis:</b> Verwenden Sie vereinfachend tabellierte Werte von gasförmigem Ethen, flüssigem Ethanol und flüssigem Wasser.</p>	9
<p>4 Erläutern Sie das Wesen der Redoxreaktion am Beispiel der Reaktion von Ethanolmolekülen mit Dichromat-Ionen (<math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}</math>) unter Bildung von u. a. Chrom(III)-Ionen im sauren Milieu.</p> <p>Entwickeln Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- von Ethanol mit Ethansäure sowie</li> <li>- von Ethanol mit Salpetersäure (<math>\text{HO-NO}_2</math>).</li> </ul> <p>Vergleichen Sie beide Reaktionen anhand von zwei Kriterien bezüglich der Struktur der Eduktmoleküle.</p> <p>Berechnen Sie die Stoffmenge an Ethanol zu Beginn der Reaktion, wenn dieses mit 10 mol Ethansäure und 4 mol Wasser gemischt wird und während der Reaktion 5 mol Ethansäureethylester bei einer Gleichgewichtskonstanten <math>K = 4</math> entstehen.</p>	17

## Thema V 1: Nicotin

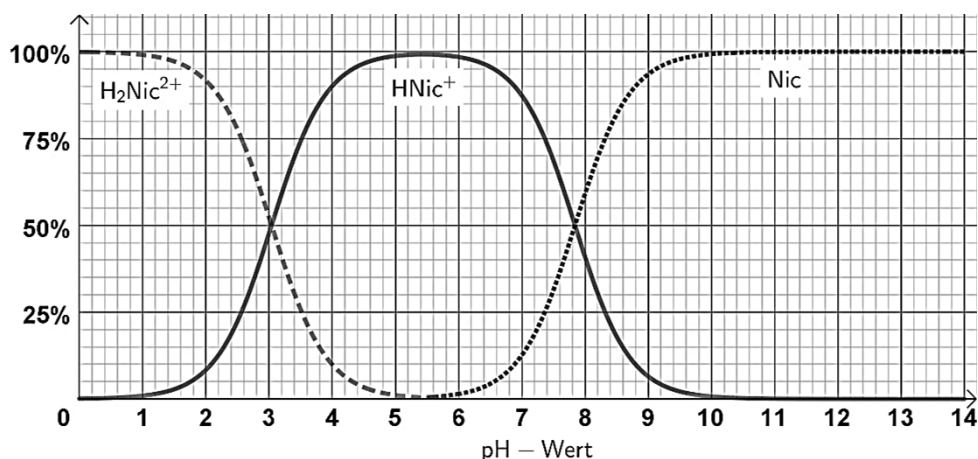
### Material:

Nicotin kommt u. a. in den Blättern der Tabakpflanze vor. Es hat auf den menschlichen Organismus eine psychoaktive Wirkung. Somit ist Nicotin hauptsächlich für das Suchtpotenzial von Tabakgenuss verantwortlich. Der Konsum von wenigen Zigaretten erzeugt bereits eine physische Abhängigkeit.

Das Nicotinmolekül (vereinfacht: Nic) wirkt als schwache BRÖNSTED-Base und kann schrittweise zwei Protonen aufnehmen. Dabei entstehen in Abhängigkeit vom pH-Wert (Abb. 2) unterschiedlich protonierte Nicotin-Ionen (Abb. 1), vereinfacht  $\text{HNic}^+$  und  $\text{H}_2\text{Nic}^{2+}$ .



**Abb. 1:** mögliche Strukturformel eines einfach protonierten Nicotin-Ions  $\text{HNic}^+$



**Abb. 2:** Anteile der jeweiligen Nicotinteilchen in wässriger Lösung bei 25 °C

Nicotinmoleküle diffundieren bevorzugt durch Lipidmembranen der Zelle und besitzen somit eine höhere Membrandurchlässigkeit als Nicotin-Ionen. Dadurch gelangen sie schneller in den Blutkreislauf.

Beim Rauchen einer Zigarette verdampfen einige Inhaltsstoffe. Dabei gelangt u. a. Nicotin durch Einatmen zuerst in die Mundhöhle und anschließend, bei entsprechender Inhalation, in die Lunge. Aufgrund des leicht sauren Milieus der verdampften Inhaltsstoffe erfolgt das Aufnehmen des Nicotins kaum in der Mundhöhle, sondern überwiegend in der Lunge. Die Inhaltsstoffe verteilen sich fein auf der großen Lungenoberfläche und nehmen deren pH-Wert ( $\text{pH} \approx 7,4$ ) an.



Zigarettenherstellern wird vorgeworfen, dass sie das Suchtpotenzial von Zigaretten erhöhen, indem sie dem Tabak Stoffe beimengen, die die Aufnahme von Nicotin im menschlichen Körper beeinflussen.

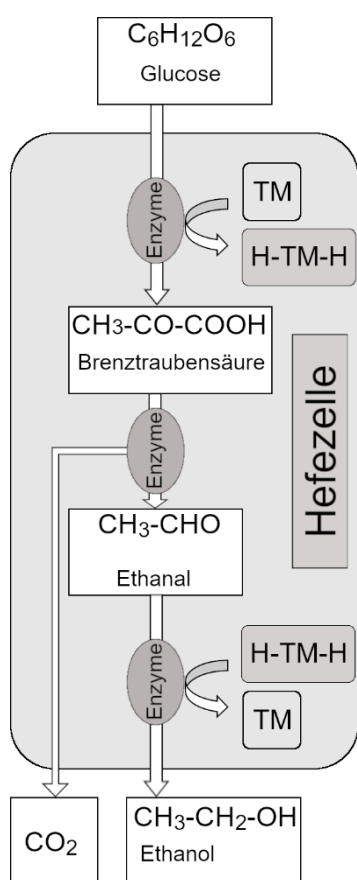
Dabei spielen Verbindungen eine Rolle, die bei hohen Temperaturen u. a. Ammoniak freisetzen.

	BE
<p>1 Entwickeln Sie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eine Strukturformel des Nicotinmoleküls sowie</li> <li>- die Reaktionsgleichung für das Protolysegleichgewicht der entsprechenden Nicotinteilchen bei einem pH-Wert von 6,5</li> </ul> <p>mithilfe der Abbildungen.</p> <p>Interpretieren Sie das Diagramm (Abb. 2) für das Nicotinmolekül für einen pH-Wert größer 6,5.</p> <p>Ermitteln Sie den <math>pK_s</math>-Wert eines einfach protonierten Nicotin-Ions, indem Sie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Anteile der <math>\text{HNic}^+/\text{Nic}</math>-Teilchen am Schnittpunkt der Graphen bestimmen und</li> <li>- die Gleichung <math>K_s = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}</math> für <math>\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-</math> auf das Protolysegleichgewicht der entsprechenden Nicotinteilchen übertragen.</li> </ul>	13
<p>2 Erklären Sie die höhere Membrandurchlässigkeit der Nicotinmoleküle.</p> <p>Beurteilen Sie den Vorwurf gegenüber Zigarettenherstellern auf Grundlage des Materials.</p>	7

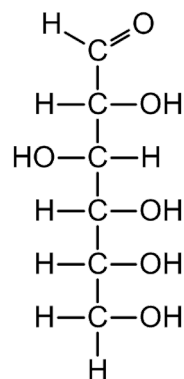
## Thema V 2: Weinaromen

### Material 1:

Bei der Herstellung eines Weines wird zwischen der Gärung und der Reifung unterschieden. Wein darf nur durch Gärung aus dem glucosehaltigen Fruchtsaft der „Edlen Weinrebe“ (*Vitis vinifera*) hergestellt werden. Die Glucose wird durch den Stoffwechsel der auf den Früchten lebenden Weinhefen unter anaeroben Bedingungen in drei Schritten über 2-Oxopropansäure (Brenztraubensäure) abgebaut. Dabei werden u. a. freigesetzte oder benötigte Elektronen mithilfe eines Transportmoleküls (TM) als enzymatisch gebundene Wasserstoffatome transportiert.



**Abb. 1:** Schema des anaeroben Glucoseabbaus in einer Hefezelle



**Abb. 2:** mögliche Strukturformel eines Glucosemoleküls

Nach der Gärung muss der Wein reifen. In dieser Zeit entstehen aus den Inhaltsstoffen der Früchte durch verschiedene Redoxvorgänge mehr als 100 unterschiedliche chemische Verbindungen, die dem Wein das charakteristische Aroma verleihen. Grundsätzlich wird zwischen oxidativer und reduktiver Reifung unterschieden.

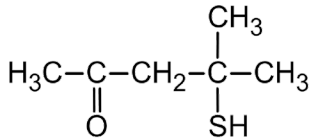
Wird der fertige Wein weiterhin luftdicht abgeschlossen, erfolgt die Reifung reduktiv. Das ist meist erwünscht, da mehr Ethanol gebildet wird und Nebenreaktionen durch Oxidation von Inhaltsstoffen unterbleiben. Ist die reduktive Reifung jedoch zu stark ausgeprägt, kann sie

negative Auswirkungen auf das Aroma des Weines haben. Organische Schwefelverbindungen führen zu Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen.

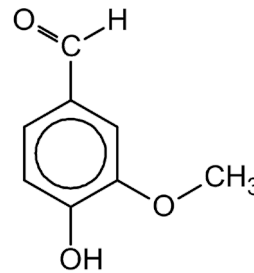
Viele Rotweine unterliegen jedoch einer oxidativen Reifung, da durch Sauerstoffeinfluss während der speziellen Lagerung typische Aromastoffe gebildet werden. Für das Cassis-Aroma ist 4-Mercapto-4-methylpentan-2-on verantwortlich.

Bestimmte Rotweinsorten bilden unter diesen Bedingungen auch Aldehyde, wie z. B. das Vanillin, das als typischer Aromabestandteil identifiziert werden kann.

Weinkenner lassen den „Rotwein atmen“. Mit dieser Regel ist gemeint, dass Rotwein im Glas einige Minuten geschwenkt werden sollte.



**Abb. 3:** mögliche Strukturformel eines 4-Mercapto-4-methylpentan-2-on-moleküls



**Abb. 4:** mögliche Strukturformel eines Vanillinmoleküls

- 1 Beschreiben Sie den anaeroben Glucoseabbau in einer Hefezelle mithilfe der schematischen Darstellung.

BE

10

Begründen Sie die Aussage:

*„Bei der Gärung werden von den sechs Kohlenstoffatomen im Glucosemolekül mehr Kohlenstoffatome reduziert als oxidiert.“*

mithilfe der Reaktionsgleichung für den anaeroben Glucoseabbau in der Hefezelle.

Entwickeln Sie die Redoxgleichung für das Herausbilden des Cassis-Aromas während der oxidativen Reifung aus den Teilgleichungen.

- 2 Begründen Sie die strukturelle Besonderheit des organischen Eduktmoleküls für die Bildung des Vanillinmoleküls bei der oxidativen Reifung unter Verwenden einer Strukturformel.

6

Beurteilen Sie die Regel für Weinkenner.

**Material 2:**

Das Wahrnehmen des Cassis-Aromas erfolgt bereits ab einer Konzentration von  $6 \cdot 10^{-9}$  mol/L 4-Mercapto-4-methylpentan-2-on im Wein. Diese Konzentration ist schwer vorstellbar. Sie kann durch eine bildhafte Aussage veranschaulicht werden.

Mit der bildhaften Aussage: „*Fünf Teelöffel Salz werden in einen Kochtopf gegeben und mit warmem Wasser aufgefüllt.*“ wird beispielsweise die Massenkonzentration  $\beta$  einer salzhaltigen Lösung, bei der 30 g Salz in 5 L Wasser gelöst werden, zum Zubereiten von Eierteigwaren dargestellt.

Dabei sind z. B. folgende Volumenangaben üblich: Kaffeetasse (125 mL), Wasserflasche (1 L), Kochtopf (5 L), Badewanne (300 L), Schwimmbecken (2500 - 4000 m<sup>3</sup>), Tropical-Island-Halle (5,5 Mio. m<sup>3</sup>) und Bodensee (48 km<sup>3</sup>).

- 3 Entwickeln Sie eine bildhafte Aussage für das Veranschaulichen von Konzentrationsangaben beim Wahrnehmen des Cassis-Aromas durch Berechnen.

**Hinweis:** Verwenden Sie für die Formulierung die Massenangabe „Teelöffel“.

BE

4

## Thema V 3: Betty Buttersäure und ihre aufregenden Abenteuer

### Material 1:

Angepasster Text nach „Betty Buttersäure und ihre aufregenden Abenteuer“

### Material 2:

Die folgenden Abbildungen stellen die Zwischenschritte des in Material 1 beschriebenen Additions-Eliminierungs-Mechanismus dar.

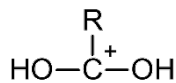


Abb. 1

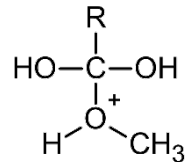


Abb. 2

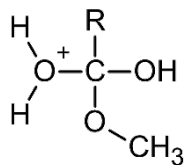


Abb. 3

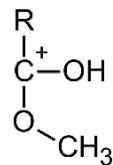


Abb. 4

**Hinweis:** Nucleophile sind u. a. polarisierte Teilchen, die mit ihrer partiell negativ geladenen Seite das Substratmolekül angreifen.

R: Alkylrest

- Erläutern Sie den in Material 1 beschriebenen Additions-Eliminierungs-Mechanismus in einem sachlogischen Zusammenhang, indem Sie
- vier Aussagen im Material 1 in die chemische Fachsprache übertragen,
  - eine Gesamtgleichung aufstellen,
  - LEWIS-Formeln aus den Strukturformeln (Abbildungen im Material 2) entwickeln und
  - den Namen „Additions-Eliminierungs-Mechanismus“ begründen.

BE

20