

Aufgaben 1: Zum Orbitalmodell

1. Was versteht man unter einem Orbital?
 2. Kohlenstoff und Wasserstoff reagieren zu Methan. Erklären die Vierbindigkeit des C-Atoms im Methanmolekül mithilfe des Orbitalmodells.
 3. Wie erklärt man die Tatsache, dass die C-H-Bindungen in allen Alkanen, nicht nur bei Methan, gleichwertig sind?
 4. Zeigen Sie die Bildung von sp^3 -Hybridorbitalen in der Zellenschreibweise.
 5. Zeige Sie die Bildung von sp^2 -Hybridorbitalen in der Zellenschreibweise.
 6. Was versteht man unter einer σ -Bindung, was unter einer π -Bindung?
 7. Die Bindungsenergie einer C-C-Einfachbindung hat die Größe von ca. $352 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, die einer C=C-Doppelbindung von ca. $605 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
 - a) Berechnen Sie den Anteil der π -Bindung an der Bindungsenergie der Doppelbindung.
 - b) Vergleichen Sie die Bindungsenergien von σ -Bindung und π -Bindung miteinander. Wie ist dies aus Sicht des Orbitalmodells zu erklären?
 8. Warum ist das Ethinmolekül linear gebaut? Erklären Sie dies anhand des Orbitalmodells.
 9. Beschreiben Sie den räumlichen Bau des Benzenmoleküls und erläutern Sie die Bindungsverhältnisse aus der Sicht des Orbitalmodells.
 10. Pyrrol ist eine heterocyclische Verbindung mit der Summenformel $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$. Wie sieht die Strukturformel aus? Ist die Verbindung aromatisch? Bearbeiten Sie diese beiden Fragen aus der Sicht des Orbitalmodells.
 11. Zeichnen Sie das Orbitalmodell folgender Verbindungen:

a) Ethansäure	b) 2-Butanol	c) 2-Aminopropansäure
d) 1,3-Pentadien	e) Propanal	f) Hydroxybenzen (Phenol)
g) Benzoesäure (Benzencarbonsäure)		
 12. Beschreiben Sie mit Hilfe des Orbitalmodells die Bindungsverhältnisse in Propan und Propanon. Versuchen Sie die polare Atombindung in der Carbonylgruppe bildlich darzustellen und begründen Sie das Auftreten dieser polaren Atombindung.
 13. Beschreiben Sie mit Hilfe des Orbitalmodells die Bindungsverhältnisse im Monochlormethan.
 14. Wann treten genau polare Atombindungen auf, wann hat ein Molekül einen Dipol, wann nicht?
 15. Welchen induktiven Effekt bewirken Bromatome bzw. Ethylgruppen?
 16. Beschreiben Sie die Bindungsverhältnisse gemäß dem Orbitalmodell im Naphthalinmolekül.
 17. Indol hat die Summenformel $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}$. Dabei befindet sich das N-Atom in einem an einen Sechsring ankondensierten Fünfring. Begründen Sie mit Hilfe des Orbitalmodells, ob Indol eine aromatische Substanz ist.
 18. Imidazol besitzt die Summenformel $\text{C}_3\text{N}_2\text{H}_4$. Zeichnen Sie die Strukturformel und zeigen Sie mit Hilfe des Orbitalmodells, ob das Molekül einen aromatischen Charakter hat.
- 8) Leiten Sie mit Hilfe des Orbitalmodells die Bindungsverhältnisse in den folgenden Molekülen ab:
- | | | |
|---------------|------------------|-------------------|
| a) Propin | e) Propanal | i) CO_2 |
| b) Propadien | f) Cyclohexan | j) SCl_2 |
| c) Ethansäure | g) trans 2-Buten | k) PF_5 |
| d) Propanol | h) 1,3-Pentadien | l) NH_3 |

Aufgaben 2: Zu den Kohlenhydraten

- Kohlenhydrate sind wichtige Produkte des pflanzlichen Primärstoffwechsels.
 - Zum Nachweis bestimmter Zucker wird aufgrund ihrer leichten Oxidierbarkeit die Fehlingprobe durchgeführt. Beschreiben Sie die Zusammensetzung der Fehlingschen Lösungen und die Durchführung dieses Aldehydnachweises. Erläutern Sie anhand einer Redoxgleichung den positiven Verlauf der Fehlingprobe bei Glucose.
 - Erläutern Sie anhand von Strukturformeln die Oxidierbarkeit von Fructose unter den Bedingungen der Fehlingprobe.
 - Mithilfe des Enzyms Invertase erfolgt im Honigmagen der Biene die Hydrolyse der im Nektar erhaltenen Saccharose. Zeichnen Sie die Strukturformel von Saccharose und erläutern Sie die Hydrolyse mit einer einfachen Reaktionsgleichung.
- D-(+)-Allose ist isomer zur D-(+)-Glucose. Die Moleküle beider Zucker unterscheiden sich nur durch die Konfiguration am dritten Kohlenstoffatom.
 - Geben Sie an, welche Informationen die Symbole „D“ und „+“ enthalten.
 - Zeichnen Sie die Haworth-Projektionsformel der D-(+)-Allose.
- Durch die 1,4-Verknüpfung zweier Glucosemoleküle entstehen zwei unterschiedliche Disaccharide, die jeweils bei der Fehlingprobe reduzierend wirken.
 - Erstellen Sie die Strukturformeln der beiden Disaccharide und benennen Sie diese.
 - Begründen Sie unter Verwendung von Strukturformelausschnitten die reduzierende Wirkung der beiden Disaccharide.
 - Durch Kondensation von zwei Glucosemolekülen kann auch ein Disaccharid entstehen, das die Fehlingsche Lösung nicht reduziert. Entwickeln Sie einen Vorschlag für die Struktur dieses Disaccharides und begründen Sie ihre Ableitung.
- Maltose und Saccharose sind biologisch wichtige Zucker. Erläutern Sie unter Verwendung von Harworth-Projektionsformeln Übereinstimmung und Unterschiede im Molekülbau beider Zucker. Beide Zucker unterscheiden sich in ihrer Oxidierbarkeit. Beschreiben Sie Durchführung und Ergebnisse eines Experiments, mit dem dieser Unterschied aufgezeigt werden kann und erklären Sie diesen aufgrund der Molekülstrukturen.
- Im Ernährungsplan für Diabetiker und Übergewichtige kann Isomaltit als potentieller Ersatzstoff für Saccharose eine Rolle spielen. Ausgangsstoff für die Herstellung von Isomaltit kann das Disaccharid Isomaltulose sein, in dessen Molekül ein D-Glucose-Rest über das Kohlenstoffatom 1 mit dem Kohlenstoffatom 6 eines D-Fructofuranose-Restes (Fructose) α -glycosidisch verknüpft ist.
 - Zeichnen Sie die Strukturformeln der Moleküle von Saccharose und Isomaltulose.
 - Zur Herstellung von Isomaltit wird das Molekül der Isomaltose am Kohlenstoffatom 2 des geöffneten, in der Ketoform vorliegenden Fructose-Bausteins hydriert, wobei zwei isomere Produkte entstehen. Benennen Sie exakt den Isomerietyp und erklären Sie das Auftreten dieser Isomeren aus den Molekülstrukturen.
 - Mit Saccharose, mit Isomaltulose und mit Isomaltit wird jeweils die Fehlingprobe durchgeführt. Geben Sie die zu erwartenden Beobachtungen an und begründen Sie ihre Aussagen.

6. Die Fotosynthese ist ein komplexer Vorgang, deren Schritte nach und nach entschlüsselt worden sind.

- a) Formulieren Sie die Bruttogleichung der Fotosynthese und begründen Sie, warum es sich dabei um einen insgesamt endergonischen Vorgang handelt.
- b) Erläutern Sie die Vorgänge der Lichtreaktion und skizzieren Sie ein Verfahren, mit dem die Herkunft des freigesetzten Sauerstoffes ermittelt werden kann.
- c) In den Dunkelreaktionen tritt neben anderen Verbindungen auch Glycerinaldehyd-3-phosphat auf. Beschreiben Sie – ausgehend von der Kohlenstoffdioxidfixierung – die Bildung dieser Verbindung. Für die beteiligten Coenzyme verwenden Sie die übliche Kurzschreibweise.

7. Die Erforschung der Fotosynthese wurde bereits mehrfach mit der Verleihung des Nobelpreises gewürdigt.

- a) 1939 entdeckte Robert Hill, dass isolierte Chloroplasten bei Belichtung Sauerstoff auch in Abwesenheit von Kohlenstoffdioxid bilden, wenn ihnen geeignete Elektronenakzeptoren, z.B. Eisen(III)-Ionen zur Verfügung stehen. Stellen Sie eine Gleichung dieser Reaktion auf und vergleichen Sie diese mit der Lichtreaktion der Fotosynthese intakter Zellen.
- b) Erläutern Sie anhand einer Übersichtsskizze die Lichtreaktion der Fotosynthese.

8. Melvin Calvin erhielt 1961 den Nobelpreis für seine Tracer-Experimente, die zur Aufdeckung der Dunkelreaktionen der Fotosynthese beitrugen.

- a) Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die Hauptschritte der Dunkelreaktion, beginnend mit dem Einbau des Kohlenstoffdioxidmoleküls in das Akzeptormolekül und endend auf der Stufe der Triose. Die beteiligten Coenzyme sind in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben.
- b) Legen Sie dar, warum die Tracer-Methode mit dem Kohlenstoff-Isotop ^{14}C Hinweise über den Verlauf der Dunkelreaktion gibt.

9. Der französische Chemiker Louis Pasteur beschäftigte sich in grundlegenden Arbeiten mit Gärungsvorgängen.

- a) Die Milchsäuregärung ist ein wichtiger biochemischer Prozess. Geben Sie die Bruttogleichung der Milchsäuregärung an.
- b) Formulieren Sie – ausgehend vom Pyruvat – die Strukturformelgleichung für die Bildung der Milchsäure; verwenden Sie für die beteiligte Coenzyme die üblichen Abkürzungen.
- c) Die alkoholische Gärung durch die Hefezellen kommt bei Sauerstoffzufuhr zum Erliegen, obwohl sich die Hefezellen weiter vermehren. Erklären Sie diesen nach Pasteur benannten Effekt.

10. Kohlenhydrate dienen vielen Lebewesen als ergiebige Energiequelle.

- a) Formulieren Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die Abschnitte des Glucoseabbaus, die bei der Zellatmung und der Milchsäuregärung identisch sind. Beteiligte Coenzyme sind in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben.
- b) Nennen Sie Reaktionsabschnitte, die sich bei der Zellatmung an den unter a) beschriebenen Abbauprozess anschließen. Geben Sie die Bedeutung der einzelnen Abschnitte für den Energiegewinn der Zelle an.

Aufgaben 3: Zu den Lipiden und Proteinen

1. Der Chemiker Mège-Mouriès entwickelte 1869 erstmals ein Verfahren zur Herstellung eines streichfähigen Butterersatzes. Heute ist vor allem die Härtung pflanzlicher Öle die Grundlage für die Herstellung von Margarine.

- Erstellen Sie die Strukturformel eines charakteristischen Bestandteils eines flüssigen Fetts und formulieren Sie, von diesem Edukt ausgehend, den Vorgang der Fetthärtung.
- Begründen Sie, warum sich bei Raumtemperatur Edukt und Produkt dieser Fetthärtung in ihrer Konsistenz unterscheiden.
- Erhitzt man das unter b) erhaltene Produkt längere Zeit mit Natronlauge, erhält man ein Tensid. Stellen Sie die Gleichung für diesen Vorgang auf (Strukturformeln).

2. Das Erweichungsintervall der Fette ist abhängig von den in den Molekülen gebundenen Fettsäureresten. Gegeben ist ein Fett mit der Formel: $C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)(C_{18}H_{31}O_2)_2$.

- Begründen Sie den bei Zimmertemperatur flüssigen Aggregatzustand dieses natürlichen Fettes.
- Die unter a) angegebene Formel trifft auch auf mehrere synthetisch hergestellte Fette zu, diese sind aber bei Zimmertemperatur fest. Erklären Sie diesen Befund.
- Die Iodzahl gibt an, wie viele Gramm Iod an 100 g Fett addiert werden können. Ermitteln Sie für das oben angegebene Fett die Iodzahl.
- Zeigen Sie mit Hilfe von Reaktionsgleichungen die Verseifung dieses Fettes mit Hilfe von Kaliumcarbonatlösung (Pottasche) und begründen Sie die Funktion der einzelnen Ionen bei der Verseifungsreaktion.

3. Bei der Hydrolyse natürlicher Proteine entstehen überwiegend Aminocarbonsäuren gleicher Konfiguration.

- Definieren Sie am Beispiel von Alanin (2-Aminopropansäure) den Zusammenhang zwischen optischer Aktivität und Molekülbau unter Verwendung von Fischer-Projektionsformeln. Übertragen Sie zusätzlich die D- und L-Konfiguration in die R-/S-Nomenklatur.
- Geben Sie die Strukturformel von Alanin an, wie es in wässriger Lösung am isoelektrischen Punkt vorliegt. Beschreiben Sie unter Verwendung der Strukturformeln die Veränderung der Alaninlösung – ausgehend vom isoelektrischen Punkt – bei Erhöhung und bei Erniedrigung des pH-Wertes.
- Beschreiben und begründen Sie das Verhalten der gelösten Alaninmoleküle im elektrischen Gleichspannungsfeld am isoelektrischen Punkt und bei einem dagegen deutlich erniedrigten pH-Wert.

4. Die Elektrophorese ist ein wichtiges Analyseverfahren.

- Stellen Sie unter Verwendung einer beschrifteten Skizze das Prinzip der Elektrophorese dar.
- Mit einem Gemisch folgender Aminosäuren wird bei $pH = 6$ die Elektrophorese durchgeführt:

Alanin (1-Aminopropansäure):	IEP = 6.0
Glutaminsäure (2-Aminopentandisäure)	IEP = 3.2
Lysin (2,6-Diaminohexansäure):	IEP = 9.7

Definieren Sie unter Mitverwendung einer Strukturformel den Begriff „Isoelektrischer Punkt“ (IEP) und erläutern Sie die Lage des IEP von Glutaminsäure und Lysin. Beschreiben Sie das Verhalten der oben genannten Aminosäuren während der Elektrophorese und begründen Sie ihre Aussage.

c) Die wässrige Suspension der Aminosäure Phenylalanin (Phe) ist auf deren IEP eingestellt und wird gleichmäßig auf drei Reagenzgläser verteilt. Probe 1 wird alkalisch gemacht, Probe 2 wird angesäuert, Probe 3 wird beim IEP belassen. Beschreiben und erklären Sie die jeweiligen Beobachtungen.

5. Formulieren Sie die Synthese eines Dipeptides aus Glycin (Aminoethansäure) und Alanin (2-Aminopropansäure) und beschreiben Sie die Geometrie der Peptidgruppe.

6. Die Primärstruktur von Peptiden und Proteinen weist eine große Variabilität auf.

a) Ein Dipeptid liefert bei der Hydrolyse die Aminosäuren Glycin und Phenylalanin. Zeichnen Sie die Strukturformeln der aufgrund dieser Angabe möglichen Dipeptide.

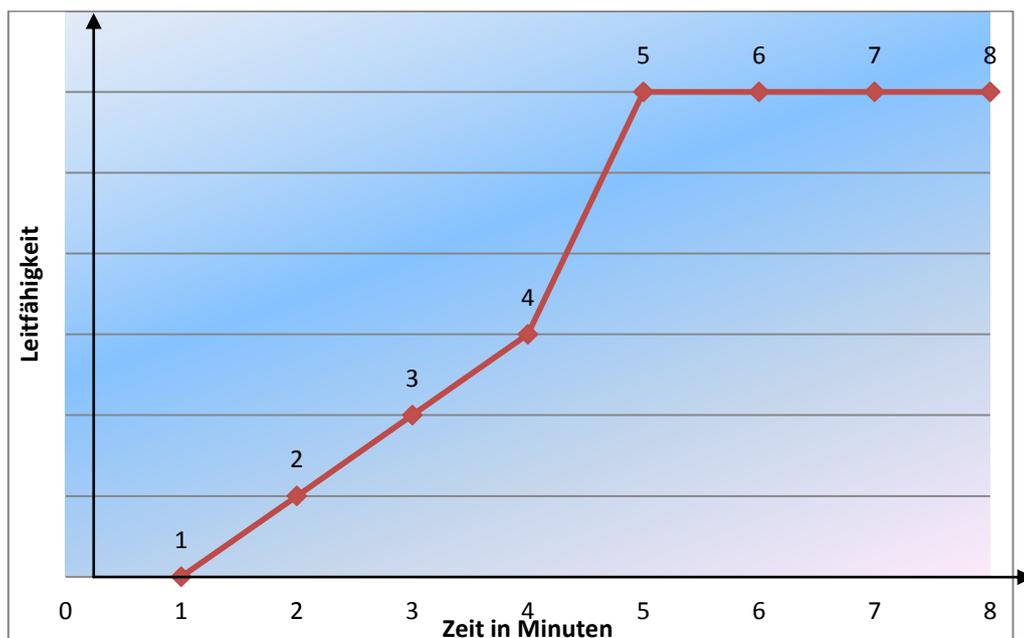
b) Beschreiben Sie zwei Experimente zum Nachweis von Proteinen.

7. Enzyme sind Biokatalysatoren des Stoffwechsels.

a) Erläutern Sie zwei Experimente und deren Befunde, die für die Proteinnatur der Enzyme sprechen.

b) Deuten Sie anhand einer Modellvorstellung, warum das Enzym Urease zwar Harnstoff ($\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$) spaltet, nicht aber Thioharnstoff ($\text{H}_2\text{N}-\text{CS}-\text{NH}_2$).

c) Bei der Harnstoffspaltung durch Urease entstehen u.a. Ammonium- und Carbonat-Ionen. In einer wässrigen Harnstofflösung wird bei konstanter Temperatur laufend die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Nach einer Minute werden Urease, nach weiteren drei Minuten ein wasserlösliches Quecksilbersalz zugefügt. Erläutern Sie den im folgenden Graphen dargestellten Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit.



8. Bei der Bierherstellung bringt man vorgeweichte Gerste zum Keimen, wodurch sich Amylase bildet, die die Stärkespaltung katalysiert.

a) Erläutern Sie die Enzymwirkung und beschreiben und erklären Sie die Abhängigkeit der Enzymaktivität (Anfangsgeschwindigkeit der Hydrolyse) von der Substratkonzentration bei konstanter Amylasekonzentration unter Mitverwendung einer grafischen Darstellung.

b) Die beim Stärkeabbau zunächst gebildete Maltose wird enzymatisch hydrolysiert; zeigen Sie diesen Vorgang in Strukturformeln.

c) Nach beendeter Stärkespaltung wird zum Sieden erhitzt. Beschreiben und erklären Sie unter Verwendung einer Grafik den Einfluss der Temperatur auf die Enzymaktivität.

d) Nach Abkühlen und Filtration wird dem Filtrat Bierhefe zugesetzt. Zeigen Sie in Formelgleichungen den Ablauf der alkoholischen Gärung mit Strukturformeln und den für die Coenzyme üblichen Abkürzungen.

Aufgaben 4: Vermischte Aufgaben

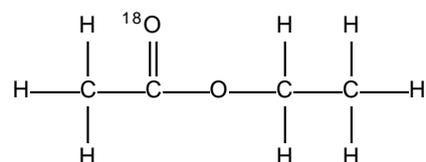
1. Drei verschiedene Stoffe mit einer Summenformel $C_3H_6O_2$ sind gegeben. Es handelt sich um offenkettige Verbindungen. Mit ihnen werden verschiedene Reaktionen durchgeführt, um die Strukturformel zu ermitteln:

- Stoff A: (I): Die Bromwasserprobe verläuft negativ.
 (II): Mit Magnesium reagiert die wässrige Lösung der Substanz unter lebhafter Wasserstoffentwicklung.
- Stoff B: (III): Mit Natrium reagiert die Substanz unter Wasserstofffreisetzung.
 (IV): Mit der Substanz lässt sich die Aldolreaktion durchführen (= Addition eines Aldehyds in alkalischer Lösung; Aldol = Aldehydalkohol).
 (V): Die wässrige Lösung ist optisch aktiv.
- Stoff C: (VI): Die Substanz ist nicht wassermischbar.
 (VII): Durch Kochen mit Säure wird die Substanz in zwei Produkte hydrolysiert, die verschiedenen Stoffklassen angehören.

- a) Leiten Sie aus den Versuchsergebnissen ab, welche Informationen die Reaktionen (I) bis (VII) liefern und erstellen Sie je eine Strukturformel für die Stoffe A, B und C und benennen Sie diese.
 b) Formulieren Sie für die Reaktionen (II) und (VII) jeweils die Reaktionsgleichung.
 c) Geben Sie einen Weg an, durch den Sie die beiden Isomere der Substanz C unterscheiden können.

2. Aromastoffe gehören unterschiedlichen Stoffklassen an. So ist für das Kakaoaroma das 5-Methyl-2-phenylhex-2-enal verantwortlich, während das Aroma von Wein u.a. durch höhere Alkohole und Ester bestimmt wird.

- a) 5-Methyl-2-phenylhex-2-enal entsteht durch Wasserabspaltung aus 3-Hydroxy-5-methyl-2-phenylhexanal. Dieses Hydroxyalkanal kann aus zwei unterschiedlichen Stoffen, die derselben Verbindungsklasse angehören, synthetisiert werden. Wie lauten die Strukturformeln der Eduktmoleküle und wie heißt der Reaktionstyp?
- b) Ethylethanoat (Essigsäureethylester) trägt zum Bukett von Rotwein bei. Versetzt man Ethylethanoat mit isopenmarkiertem Wasser ($H_2^{18}O$) und etwas Schwefelsäure und analysiert nach einiger Zeit das Reaktionsgemisch, so findet man neben Hydrolyseprodukten und unmarkiertem Ethylethanoat auch die folgende Verbindung:



Formulieren Sie, ausgehend von den gegebenen Edukten, den Reaktionsmechanismus für die Bildung dieser Verbindung.

3. Ein modernen Sporthemd besteht aus zwei Gewebelagen, einer inneren netzartigen Schicht aus Polypropen und einer äußeren Schicht aus Baumwolle. Dadurch soll der Schweiß von der Haut weggeführt werden.

a) Zeichnen Sie je einen charakteristischen Strukturformelausschnitt der Makromoleküle Polypropen und Cellulose.

b) Erklären Sie, wie der Aufbau des Sporthemds und die unterschiedlichen Eigenschaften der beiden makromolekularen Stoffe zum wasserableitenden Effekt führt.

c) Erörtern Sie, ob ein derartiges Sporthemd bei 90°C gewaschen werden darf.

4. Die Verhältnisformel eines flüssigen gesättigten Kohlenwasserstoffs (KW) kann titrimetrisch bestimmt werden. Bei der vollständigen Oxidation einer Probe mit der Masse $m(\text{KW}) = 129 \text{ mg}$ wird das gebildete Kohlenstoffdioxid in 100 ml 0,1 molare Bariumhydroxidlösung eingeleitet. Zur Rücktitration des überschüssigen Bariumhydroxids werden 20 ml 0,1 molare Salzsäure verbraucht. Ermitteln Sie das Atomzahlenverhältnis in dem gegebenen Kohlenwasserstoff und leiten Sie ab, um welches Alkan es sich bei diesem Kohlenwasserstoff handelt.

5. Der Schwefelgehalt eines sulfidischen Erzes soll bestimmt werden. Zur Analyse wird eine Erzprobe mit der Masse $m(\text{Probe}) = 0,580 \text{ g}$ im Luftstrom geröstet. Das aus dem Sulfid quantitativ entstehende Schwefeldioxid wird von 160,0 ml einer wässrigen, 0,05 molaren Wasserstoffperoxidlösung absorbiert. Dabei werden die Schwefeldioxidmoleküle zu Sulfationen oxidiert. Das nicht verbrauchte Wasserstoffperoxid wird manganometrisch bestimmt. Bei der Titration der mit Schwefelsäure versetzten Analysenlösung mit einer 0,05 molaren Kaliumpermanganatlösung werden 17,6 ml dieser Maßlösung verbraucht.

a) Stellen Sie die beiden auf den Röstprozess folgenden Reaktionen der Redox-Gleichungen aus Teilgleichungen auf.

b) Berechnen Sie den prozentualen Massenanteil von Schwefel in der untersuchten Erzprobe. Der Gang der Berechnungen muss klar ersichtlich sein.

6. a) Zeichnen Sie die Strukturformeln der fünf isomeren Butanole und erläutern Sie die bei diesen Molekülen auftretenden Isomerieformen.

b) Zwei der isomeren Butanole weisen denselben Siedepunkt auf. Beschreiben Sie ein optisches Verfahren, das es gestattet, diese beiden Isomere zu unterscheiden.