

# Abiturprüfung 2015

## Chemie

**Arbeitszeit: 180 Minuten**

Der Fachausschuss wählt jeweils eine Aufgabe aus den Aufgabenblöcken A, B und C zur Bearbeitung aus.

Als Hilfsmittel dürfen das Periodensystem, ein zugelassener Taschenrechner und eine vom Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst genehmigte, unveränderte naturwissenschaftliche Formelsammlung verwendet werden.

Bei jeder Teilaufgabe steht die maximal erreichbare Anzahl von Bewertungseinheiten (BE).

**Falls Aufgabe B 1 gewählt wurde, ist die Angabe mit abzugeben:**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_

## A 1 Milch

- 1 Kuhmilch besteht zu über 80 % aus Wasser. Zudem enthält sie etwa 3,4 % Proteine. Der überwiegende Anteil davon gehört zu den Caseinen, die in der Milch große Micellen bilden. Eine besondere Rolle spielt dabei das Kappa-Casein.

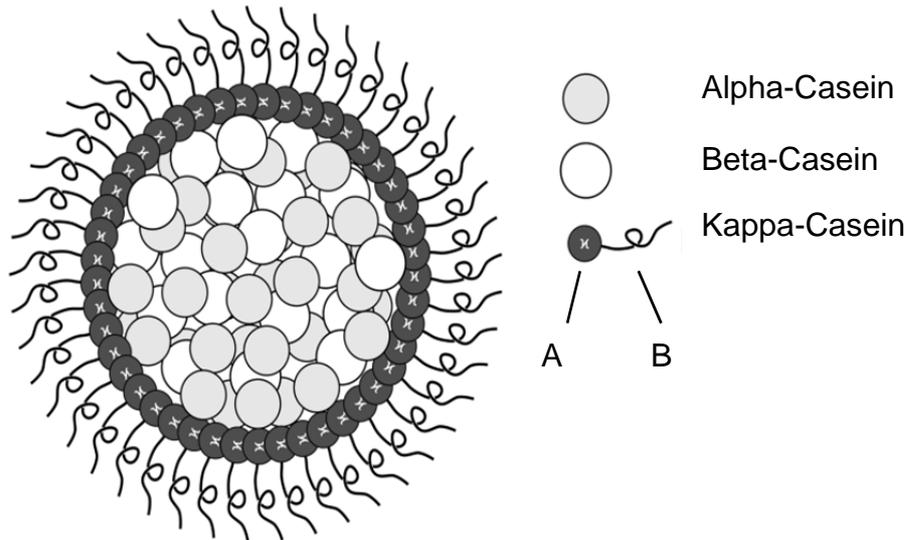


Abb. 1: Modellhafte Darstellung des Querschnitts durch eine Caseinmicelle<sup>1</sup>

- 1.1 Bei der Quarkherstellung wird das Enzym Chymosin aus Kälbermägen zur Milch gegeben. Es spaltet den mit B gekennzeichneten Teil des Kappa-Caseins ab. Nach kurzer Zeit flockt das gesamte Casein aus und kann abgeschöpft werden.

Erläutern Sie, weshalb die Caseinmicellen vor Enzym-Zugabe wasserlöslich sind, und beschreiben Sie, wie die enzymatisch unterstützte Veränderung der Kappa-Caseinmoleküle zum Ausflocken der Proteine aus der Milch führt!

[7 BE]

- 1.2 Es wurde nach Alternativen zur Verwendung von Chymosin gesucht. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Untersuchung zweier Proteasen, die ebenfalls zum Ausflocken der Caseine in der Milch verwendet werden können. Hierbei wurden gleiche Mengen von Enzym A aus einem Schimmelpilz und Enzym B aus der Wilden Artischocke verwendet.

(Fortsetzung nächste Seite)

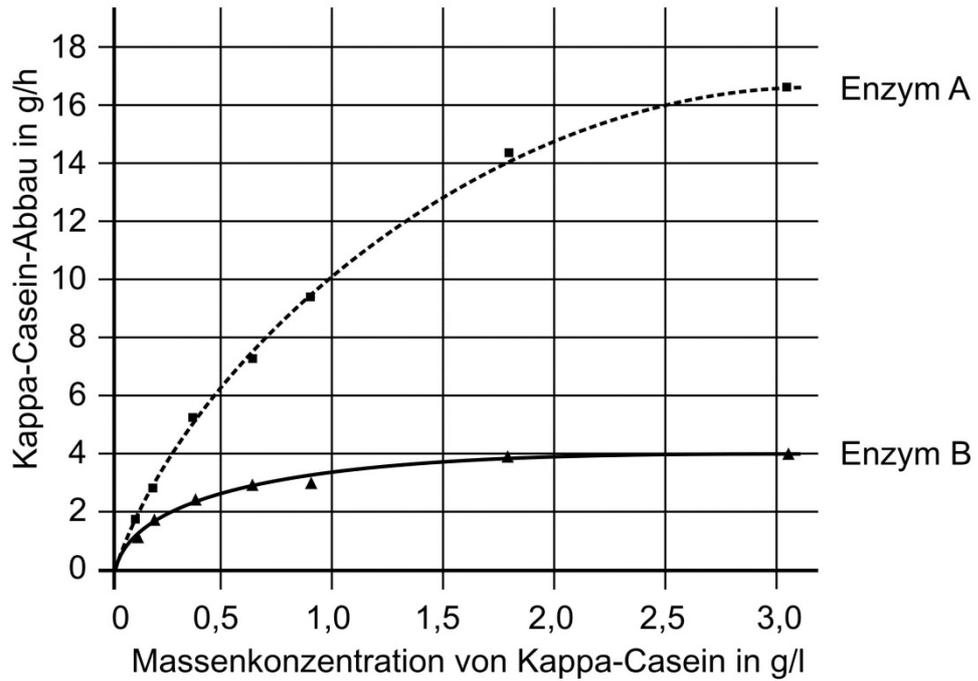


Abb. 2: Abhängigkeit der Enzymaktivität der Enzyme A und B von der Kappa-Casein-Massenkonzentration<sup>2</sup>

Vergleichen Sie die Abbaugeschwindigkeit der Enzyme A und B bei einer Kappa-Casein-Massenkonzentration von 2,5 g/l und erklären Sie die Auswirkung einer Konzentrationserhöhung des Kappa-Caseins um 0,5 g/l auf die Aktivität der beiden Enzyme!

[6 BE]

- 2 Im Jahr 1935 wurden Versuche durchgeführt, um aus Casein technisch verwertbare Kunststoffe herzustellen. Hierzu wurde das Casein mit Methanal behandelt. Dadurch entstanden Methylenbrücken zwischen den Caseinmolekülen:

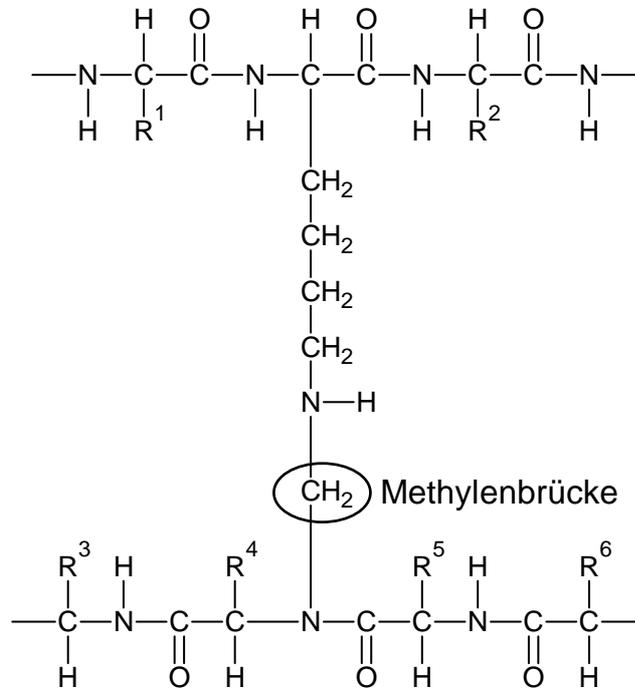


Abb. 3: Strukturformelausschnitt aus dem mit Methanal behandelten Casein

- 2.1 Im Caseinmolekül findet man verschiedene Sekundärstrukturen. Nennen Sie zwei Sekundärstrukturen und vergleichen Sie diese! [5 BE]
- 2.2 Beschreiben Sie, zwischen welchen Bestandteilen der Caseinmoleküle die Methylenbrücke ausgebildet wird, und erläutern Sie, welche Auswirkung die Behandlung mit Methanal auf die Zugfestigkeit des Materials hat! [6 BE]
- 2.3 Während Kunststoffe auf Basis von Casein bereits seit langem bekannt sind, stellen Polyesterhydrazide (PEH) neuartige Kunststoffe dar, die aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften und ihrer biologischen Abbaubarkeit von Interesse sind. Die Abbildung zeigt die Repetiereinheit eines solchen Polymers:

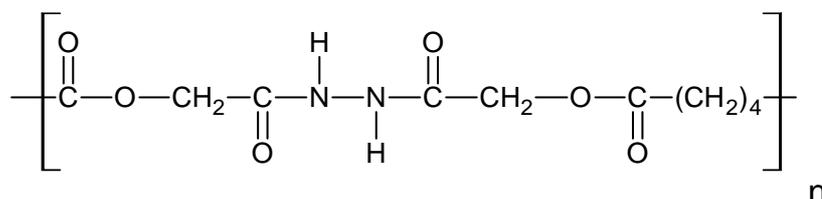


Abb. 4: Repetiereinheit eines PEH-Polymers

(Fortsetzung nächste Seite)

Die Polymerketten zeigen strukturelle Ähnlichkeiten zu anderen Polykondensaten. Beim biologischen Abbau werden die Esterbindungen im Polymer enzymatisch gespalten.

Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für diese Hydrolyse! [5 BE]

- 3 Milchbestandteile können auch zur Herstellung von Hautcremes verwendet werden. Dazu wird z. B. Lecithin aus der Milch durch das Enzym Phospholipase A1 enzymatisch gespalten. In mehreren Versuchsreihen wurde die Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Temperatur und dem pH-Wert der Lösung untersucht. Das folgende Diagramm zeigt die Untersuchungsergebnisse:

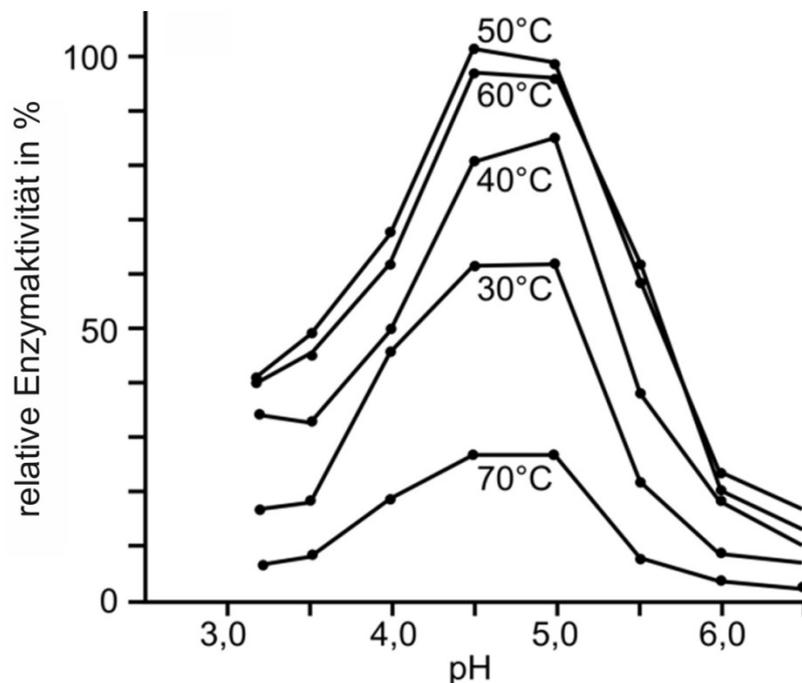


Abb. 5: Abhängigkeit der Enzymaktivität der Phospholipase A1 von pH-Wert und Temperatur<sup>3</sup>

- 3.1 Erläutern Sie die dargestellte Abhängigkeit der Enzymaktivität vom pH-Wert der Lösung bei einer Temperatur von 30 °C anhand einer Modellvorstellung! [7 BE]

- 3.2 Zeichnen Sie ein vollständig beschriftetes Diagramm der Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Temperatur bei pH = 4,5! [4 BE]

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: C. Phadungath: *Casein micelle structure: a concise review*. In: *Songklanakarinn Journal of Science and Technology* (2005) 27, S. 201-212

<sup>2</sup> verändert nach: J. Ageltos et al.: *Fluorescein thiocarbamoyl-kappa-casein assay for the specific testing of milk-clotting proteases*. In: *Journal of Dairy Science* (2006) 89, S. 3770-3777, S. 3774

<sup>3</sup> verändert nach: Sankyo Lifetech Company Ltd (Hrsg.): *Novel phospholipase A1, process for its preparation and the use thereof*. Patentschrift EP 0 575 133 B2, Tokyo 1993

## A 2 Polyamide

- 1 Das Zeitalter der synthetischen Polyamide begann in den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts. Mit Produkten wie Nylon oder Perlon revolutionierte die neue Kunststoffgruppe damals die Textilbranche. Polyamide werden auch heute noch in großen Mengen zu Fasern verarbeitet, jedoch haben sie dank ihrer guten mechanischen Eigenschaften und der großen chemischen Beständigkeit längst in vielen anderen Branchen Einzug gehalten. Folgende Monomere können zur Herstellung von Polyamiden verwendet werden.

Tab. 1: Monomere zur Synthese von Polyamiden

A	Hexandisäure
B	1,6-Diaminohexan
C	1,10-Diaminodecan
D	Decandisäure

Aus diesen Monomeren lassen sich folgende Kunststoffe herstellen:

Tab. 2: Polyamide, die aus den Monomeren in Tabelle 1 hergestellt werden können:

Monomer 1	Monomer 2	Polymer
A	B	PA 6,6
A	C	PA 10,6
D	B	PA 6,10
D	C	PA 10,10

- 1.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung der Polyreaktion, die der Synthese von PA 6,6 zugrunde liegt!

[4 BE]

1.2 Im Vergleich zu anderen Kunststoffen können Polyamide relativ viel Wasser binden. Das Wasseraufnahmevermögen variiert dabei je nach Polyamidsorte:

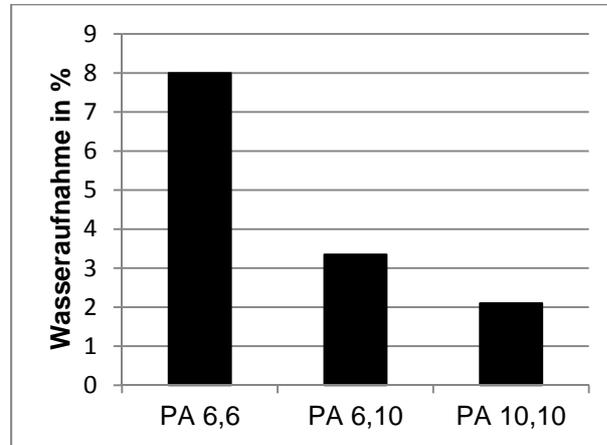


Abb. 1: Wasseraufnahme verschiedener Polyamidsorten bei 100 % Luftfeuchtigkeit (Wasseraufnahme in Prozent der Kunststoffmasse)<sup>1</sup>

Erklären Sie mithilfe des Diagramms den Zusammenhang zwischen der Molekülstruktur und dem Wasseraufnahmevermögen der drei Polyamide! [5 BE]

2 Polyamide sind wie andere erdölbasierte Kunststoffe meist schwer biologisch abbaubar. In den Meeren sammeln sich diese Materialien und werden mit der Zeit zu winzigen Partikeln, sogenanntem Mikroplastik, zerrieben. Die Bedeutung des Mikroplastiks für die Umwelt wird in folgendem Schema dargestellt:

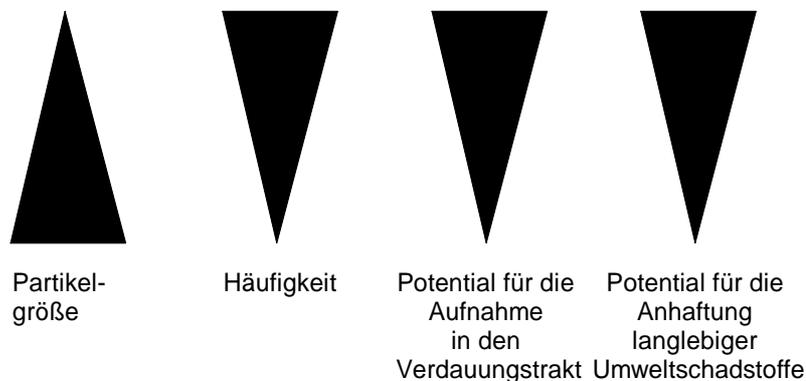


Abb. 2: Bedeutung von Mikroplastik für die Umwelt<sup>2</sup>

- 2.1 Begründen Sie mithilfe von Abbildung 2, weshalb kleine Kunststoffpartikel eine größere Umweltgefahr darstellen als große! [3 BE]
- 2.2 Ein niederländisches Forschungsteam um einen 20-jährigen Forscher arbeitet derzeit an Lösungen, die Kunststoffpartikel aus dem Meer zu fischen und einer Verwertung zuzuführen.  
Begründen Sie, weshalb dieser Kunststoffabfall nicht durch Umschmelzen (werkstoffliches Recycling) wiederverwertet werden kann, und schlagen Sie eine alternative Form der Verwertung vor! [3 BE]
- 2.3 Polyamide können enzymatisch gespalten werden. Forscher haben hierzu eine Polyamidase aus dem Bakterium *Nocardia farcinica* isoliert und deren Eigenschaften untersucht. Das Enzym weist ein Temperatur-optimum von ca. 60 °C und ein pH-Optimum zwischen 10 und 11 auf.
- 2.3.1 Beschreiben Sie eine Versuchsreihe, mit der das pH-Optimum eines Enzyms ermittelt werden kann! [4 BE]
- 2.3.2 In einer weiteren Versuchsreihe wurde festgestellt, dass das genannte Enzym neben Polyamiden auch Polyurethane abbauen kann. Eine Spaltung von Polyethen (PE) fand dagegen nicht statt.  
Stellen Sie unter Mitverwendung von Strukturformelausschnitten eine begründete Hypothese auf, die beide Beobachtungen erklärt! [8 BE]
- 2.3.3 Zur Analyse der Primärstruktur des Enzyms wird dieses säurekatalysiert hydrolysiert. Das entstehende Aminosäuregemisch soll durch Elektrophorese aufgetrennt werden.  
Die folgende Abbildung zeigt das Wanderungsverhalten einer Aminosäure bei verschiedenen Elektrophoreseversuchen:

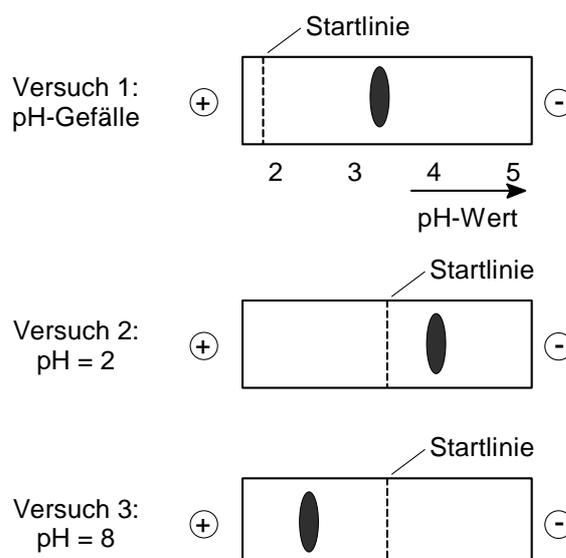


Abb. 3: Wanderungsverhalten einer Aminosäure bei unterschiedlichen Elektrophorese-Versuchen

(Fortsetzung nächste Seite)

In der folgenden Tabelle sind die isoelektrischen Punkte verschiedener Aminosäuren angegeben:

Tab. 3: Isoelektrische Punkte verschiedener Aminosäuren

Aminosäure	IUPAC-Name	IEP
Serin (Ser)	2-Amino-3-hydroxypropansäure	5,7
Alanin (Ala)	2-Aminopropansäure	6,1
Lysin (Lys)	2,6-Diaminohexansäure	9,7
Glutaminsäure (Glu)	2-Aminopentandisäure	3,2

Leiten Sie ab, welche dieser Aminosäuren aufgetragen wurde, und erläutern Sie deren Wanderungsverhalten in den Versuchen 1 bis 3 unter Verwendung geeigneter Strukturformeln! [9 BE]

3 Die folgende Struktureinheit tritt sowohl in Proteinen als auch in Polyamiden auf:

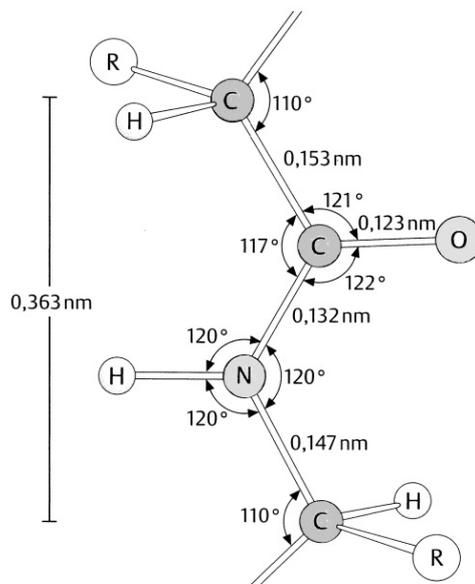


Abb. 4: Strukturausschnitt eines Proteinmoleküls<sup>3</sup>

Begründen Sie unter Mitverwendung von Grenzstrukturformeln die unterschiedlichen Bindungslängen der beiden in Abbildung 4 dargestellten Kohlenstoff-Stickstoff-Bindungen! [4 BE]

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: *Neue langkettige Polyamide für Automotive*.

[http://plasticker.de/news/images/\\_news/15561\\_f.03.jpg](http://plasticker.de/news/images/_news/15561_f.03.jpg), zuletzt aufgerufen am 16.4.14

<sup>2</sup> verändert nach: P. Holm, G. Schulz, K. Athanasopulu: *Mikroplastik – ein unsichtbarer Störenfried*. In: *Biologie in unserer Zeit*. 43. Jg. 2013/1, S. 29

<sup>3</sup> verändert nach: D. Doeneke, J. Koolman, G. Fuchs, W. Gerok: *Karlsons Biochemie und Pathobiochemie*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2005, 15. Auflage

## B 1 Erfrischungsgetränke

- 1 Bei längerer Lagerung von Erfrischungsgetränken kann es zu einer Hydrolyse der darin enthaltenen Saccharose kommen. Der Grad dieser Hydrolyse kann durch die Bestimmung der optischen Aktivität der Lösung ermittelt werden.

Um Vergleichswerte zu erhalten, wird Saccharose in saurer wässriger Lösung vollständig hydrolysiert und währenddessen die optische Aktivität des Versuchsansatzes gemessen. Hierbei ergibt sich folgendes Diagramm:

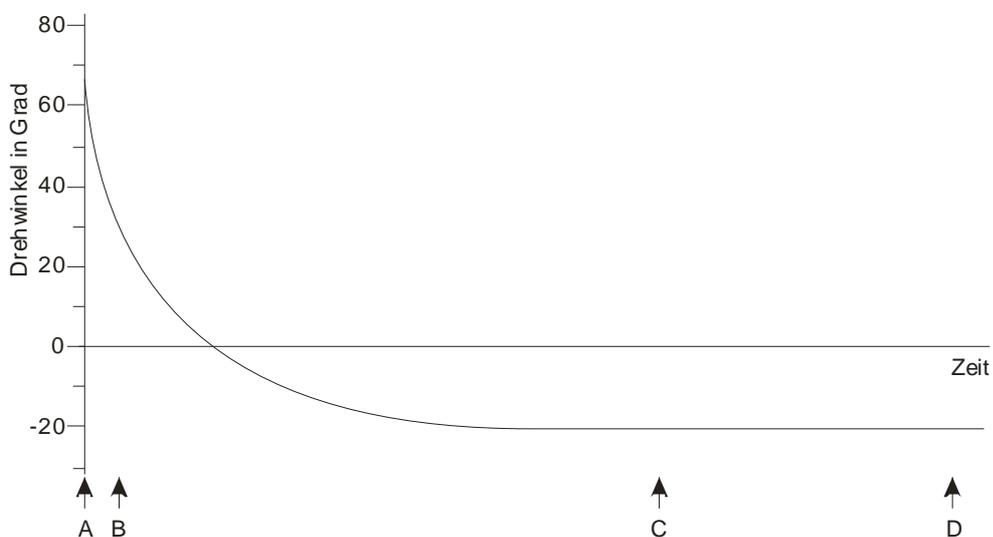


Abb. 1: Veränderung des Drehwinkels während der säurekatalysierten Hydrolyse einer Saccharoselösung

- 1.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die säurekatalysierte Hydrolyse von Saccharose unter Mitverwendung von Haworth-Projektionsformeln und leiten Sie aus dem Diagramm Aussagen über die optische Aktivität der Saccharose und der Produkte ab! [7 BE]
- 1.2 Der Reaktionsverlauf der Hydrolyse kann auch untersucht werden, indem zu den mit A, B, C und D markierten Zeitpunkten Proben aus dem Ansatz entnommen werden, mit denen eine Fehling-Probe durchgeführt wird. Die Fehling-Probe verläuft in Abhängigkeit von der Konzentration der nachzuweisenden Substanzen unterschiedlich stark.
- 1.2.1 Vergleichen Sie die Ergebnisse der Fehling-Proben bei den Versuchen A, B, C und D und begründen Sie Ihre Aussagen! [8 BE]
- 1.2.2 Das Redoxpotential des Fehling-Reagenz hängt vom pH-Wert der Lösung ab.

(Fortsetzung nächste Seite)

Formulieren Sie die Reduktionsgleichung der Fehling-Probe und berechnen Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, wie sich das Redoxpotential bei Änderung des pH-Wertes von pH = 11 auf pH = 13 ändert! Sie können hierbei von einer Konzentration  $c(\text{Cu}^{2+}) = 0,28 \text{ mol/l}$  ausgehen. [9 BE]

- 2 Der Geschmack von Apfelsaft beruht unter anderem auf im Saft enthaltenem Butansäureethylester (Ethylbutanoat). Butansäureethylester lässt sich auch im Labor herstellen. Dazu werden in Experiment A je eine Stoffmenge von 0,5 mol Butansäure und 0,5 mol Ethanol in einem geschlossenen System zur Reaktion gebracht. Abbildung 2 zeigt die Veränderung der Stoffmengen von Butansäure und Ester in Abhängigkeit von der Zeit:

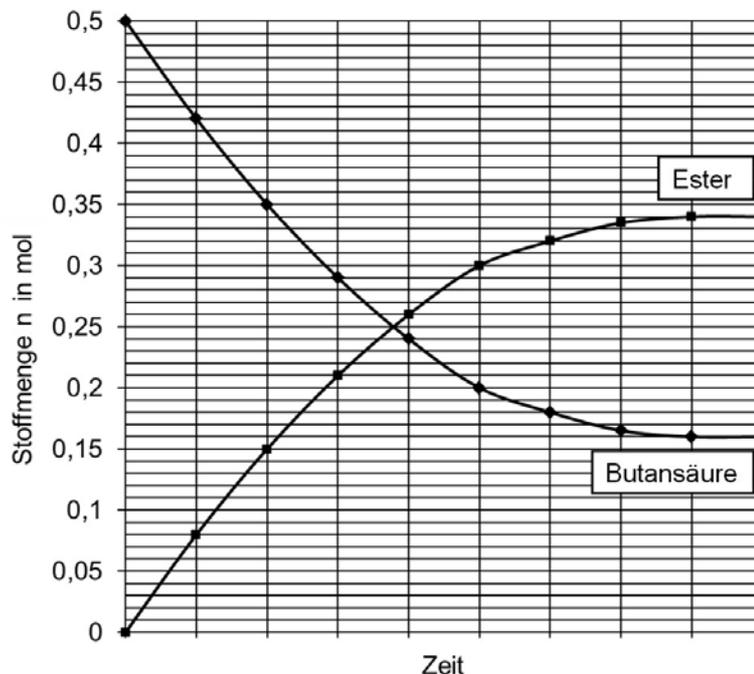


Abb. 2: t/n-Diagramm zur Synthese von Butansäureethylester

- 2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Estersynthese und berechnen Sie mithilfe der Angaben aus dem Diagramm die Gleichgewichtskonstante  $K$  für die Synthese von Butansäureethylester! [6 BE]
- 2.2 Bei einem Experiment B wird unter sonst gleichen Bedingungen konzentrierte Schwefelsäure als Katalysator zugesetzt. Zeichnen Sie in Abbildung 2 die zu erwartenden Kurvenverläufe für dieses Experiment ein und erklären Sie deren Verlauf! [7 BE]
- 2.3 Die Synthese von Butansäureethylester verläuft exotherm. Begründen Sie die Auswirkung einer Temperaturerhöhung auf die Gleichgewichtslage anhand des Prinzips von Le Chatelier! [3 BE]

## B 2 Löffel

- 1 Silberlöffel werden heutzutage nur noch selten verwendet, da sie im Lauf der Zeit dunkel anlaufen. Bei diesem dunklen Belag handelt es sich um Silber(I)-sulfid ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ). Eine sehr einfache Methode der Reinigung basiert auf elektrochemischen Prozessen, die in einem Laborversuch näher untersucht werden.

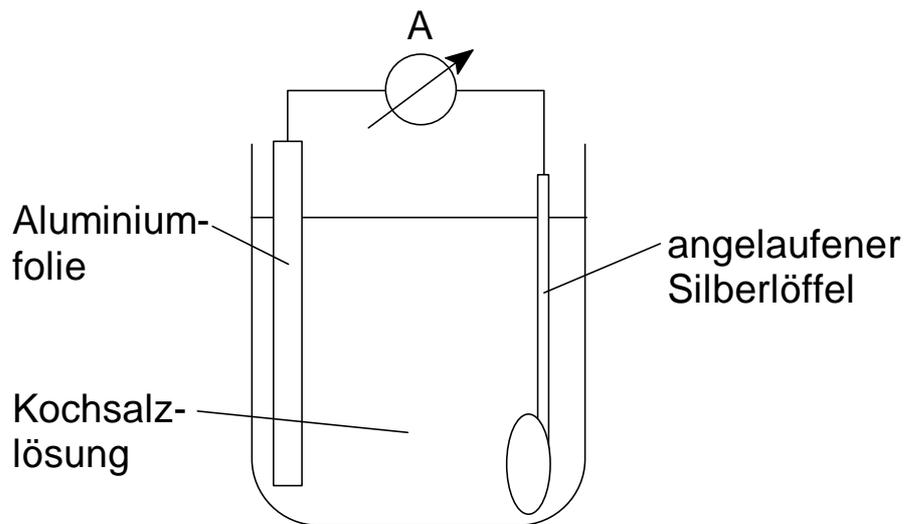
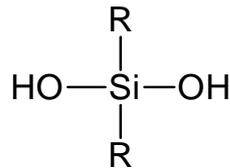


Abb. 1: Versuchsskizze zur Untersuchung der elektrochemischen Reinigung eines angelaufenen Silberlöffels

- 1.1 Beschreiben Sie die Versuchsbeobachtungen und geben Sie die Teilreaktionen für die ablaufenden Vorgänge an! [6 BE]
- 1.2 Zur Herstellung von versilberten Löffeln wird ein Rohling aus Edelstahl elektrolitisch mit einer fest haftenden Silberschicht überzogen. Zeichnen Sie eine beschriftete Versuchsskizze für diesen Vorgang! [5 BE]

- 2 Für das Füttern von Kleinkindern gibt es mittlerweile Löffel, die in Abhängigkeit von der Temperatur ihre Farbe ändern. Eine solche reversible Farbänderung bezeichnet man als Thermochromie.
- 2.1 Die thermochromen Farbstoffe sind in eine Polymermasse eingebettet. Die folgende Abbildung zeigt ein Monomer, das zur Herstellung des hierfür verwendeten Materials in einer Polykondensationsreaktion eingesetzt wird:



R = Seitengruppe

Abb. 2: Strukturformel eines möglichen Monomers

Geben Sie an, zu welcher Substanzklasse das Polymer gehört, und formulieren Sie eine entsprechende Synthesegleichung! [4 BE]

- 2.2 Die Thermochromie lässt sich im Labor mithilfe einfacher Systeme untersuchen: Erhitzt man eine schwach rosa gefärbte Lösung von Natriumethanoat (Natriumacetat) und Phenolphthalein in Wasser, so kann eine deutliche Farbvertiefung der Lösung beobachtet werden. Wird die Lösung anschließend in Eiswasser gestellt, so hellt sich die Farbe wieder auf. Im pH-Bereich zwischen 8,2 und 10,2 ändert sich die Farbe des Indikators Phenolphthalein von farblos nach rosa. Die folgende Gleichung beschreibt das zugrunde liegende Protolyse-Gleichgewicht in wässriger Lösung:

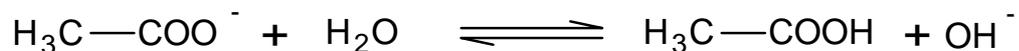


Abb. 3: Protolyse-Gleichgewicht

Erläutern Sie auf Grundlage des Prinzips von Le Chatelier den Farbumschlag beim Erwärmen der Lösung! [6 BE]

3 Einweglöffel können aus Kunststoffen auf Stärkebasis hergestellt werden.

3.1 Zeichnen Sie einen zwei Baueinheiten umfassenden Strukturformelausschnitt eines Moleküls der Stärke!

[3 BE]

3.2 Bei der Herstellung der Einweglöffel wird der Stärke unter anderem D-Sorbit als Weichmacher zugesetzt:

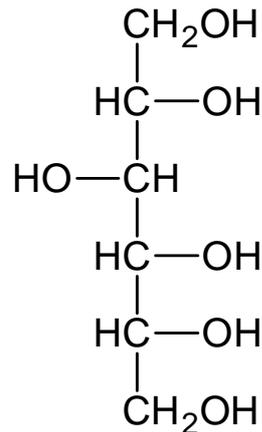


Abb. 4: Fischer-Projektionsformel von D-Sorbit

D-Sorbit kann sowohl durch Reduktion von D-Glucose als auch durch Reduktion von D-Fructose hergestellt werden. Bei der Herstellung von D-Sorbit aus D-Fructose entsteht neben D-Sorbit auch D-Mannit, ein weiteres, zu D-Sorbit isomeres Produkt.

3.2.1 Erklären Sie unter Mitverwendung von Fischer-Projektionsformeln, weshalb bei der Reduktion von D-Glucose nur ein Produkt auftritt, bei der Reduktion von D-Fructose hingegen zwei Isomere entstehen, und beschreiben Sie die stereochemische Beziehung zwischen D-Sorbit und D-Mannit!

[8 BE]

3.2.2 Mit D-Glucose und D-Sorbit wird jeweils die Silberspiegel-Probe durchgeführt.

Beschreiben Sie die Durchführung der Probe, begründen Sie das jeweilige Ergebnis und formulieren Sie für die ablaufenden Reaktionen Reaktionsgleichungen!

[8 BE]

---

[40 BE]

## C 1 Vanillin

Vanillin ( $C_8H_8O_3$ ) ist der weltweit am häufigsten produzierte Aromastoff. Es wird unter anderem in Getränken, Speiseeis und Backwaren verwendet.

- 1 Vanillin kann in zwei tautomeren Formen auftreten. Als Tautomere bezeichnet man Isomere, die sich reversibel ineinander umlagern können. Die folgende Abbildung zeigt das Tautomerie-Gleichgewicht des Vanillins.

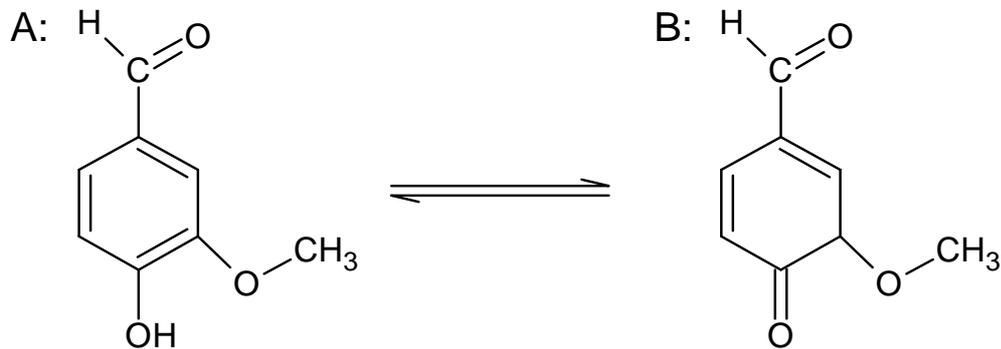


Abb. 1: Tautomerie-Gleichgewicht des Vanillins

Begründen Sie unter Berücksichtigung energetischer Aspekte, warum Vanillin bevorzugt in Form A vorliegt!

[4 BE]

- 2 Der Inhalt eines Päckchens Vanillinzucker hat eine Masse von 8,0 g und enthält neben dem Aromastoff Vanillin nur Saccharose. Der Vanillingehalt muss aufgrund einer Norm zwischen 1,6 und 2,4 % liegen. Die Gehaltsbestimmung von Vanillin kann durch Titration mit Natronlauge erfolgen. Hierbei werden zur vollständigen Neutralisation des Vanillins aus einem Päckchen Vanillinzucker 8,6 ml Natronlauge mit der Konzentration  $c(\text{NaOH}) = 0,10 \text{ mol/l}$  benötigt. Ermitteln Sie, ob der Gehalt der Probe den Vorgaben der Norm entspricht!

[8 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

- 3 Die folgende Abbildung zeigt die Titrationskurve der Titration einer Vanillinlösung mit Natronlauge der gleichen Konzentration:

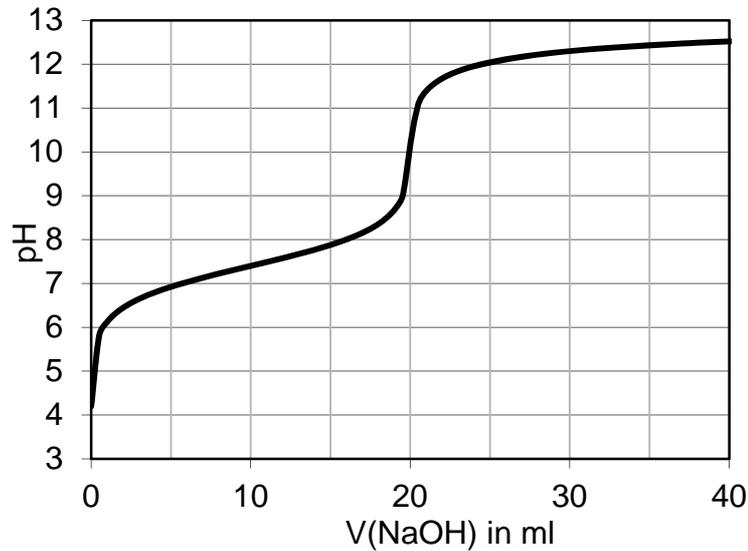


Abb. 2: Titrationskurve der Titration einer Vanillinlösung mit Natronlauge

- 3.1 Leiten Sie aus der Titrationskurve den  $pK_S$ -Wert des Vanillins ab! [5 BE]

- 3.2 Für eine weitere Titration wird der Indikator Methylrot mit einem Umschlagsbereich zwischen  $pH = 4,4$  und  $pH = 6,2$  verwendet. Beurteilen Sie, ob die Titration mit diesem Indikator das richtige Ergebnis liefern kann! [3 BE]

- 4 Das für den Farbumschlag entscheidende Protolysegleichgewicht des Indikators Methylrot wird mit folgender Gleichung beschrieben:

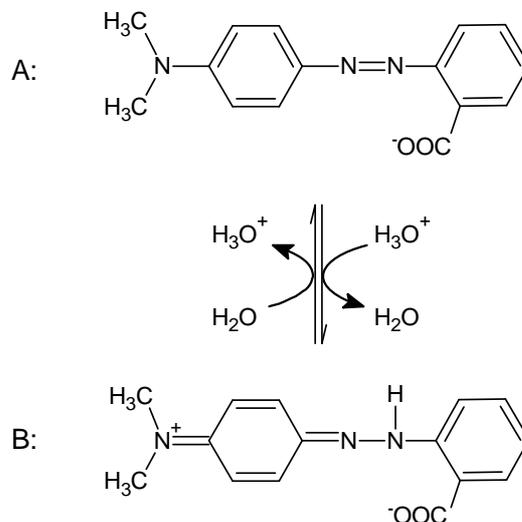


Abb. 3: Protolysegleichgewicht des Anions von Methylrot

(Fortsetzung nächste Seite)

- 4.1 Die folgende Abbildung zeigt die Absorptionsspektren von Methylrot bei verschiedenen pH-Werten in wässriger Lösung:

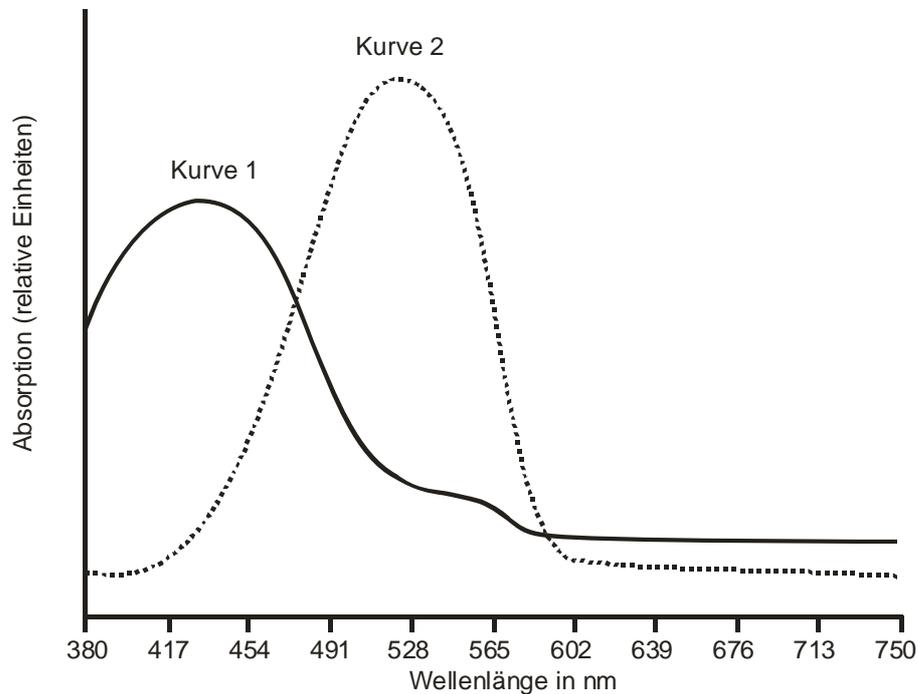


Abb. 4: Absorptionsspektren von Methylrot bei verschiedenen pH-Werten<sup>1</sup>

Ordnen Sie die beiden Graphen den Strukturformeln A und B zu und begründen Sie Ihre Aussage unter Mitverwendung von Grenzstrukturformeln!

[9 BE]

- 4.2 Die Synthese von Methylrot erfolgt ausgehend von zwei reaktiven aromatischen Komponenten in zwei Schritten. Formulieren Sie Strukturformelgleichungen für die beiden Syntheseschritte und benennen Sie diese!

[7 BE]

- 5 Vanillezucker wird im Gegensatz zu Vanillinzucker aus Saccharose und dem fein geriebenen Mark der Vanilleschoten hergestellt. Er enthält daher eine Vielzahl verschiedener Inhaltsstoffe, unter anderem auch Fette.

Beschreiben Sie den Aufbau eines natürlichen Fettmoleküls!

[4 BE]

[40 BE]

<sup>1</sup> experimentelle Messung mit Novospec II und analytik.net am 02.02.2014

## C 2 Diesel

Der Verbrauch an Dieselkraftstoff liegt in Deutschland jährlich bei etwa 30 Millionen Tonnen. Damit ist Diesel der prozentual wichtigste Energieträger im Verkehrssektor.

- 1 Dieselkraftstoff wird im Wesentlichen durch fraktionierte Destillation aus fossilem Rohöl gewonnen und hat einen Siedebereich von ca. 170 °C bis 390 °C, da sich das Gemisch aus mehreren Hundert verschiedenen Verbindungen zusammensetzt.

Tabelle 1 fasst die wesentlichen Substanzgruppen im Dieselkraftstoff zusammen:

Tab. 1: Zusammensetzung von Dieselkraftstoff<sup>1</sup>

<b>Kohlenwasserstoffe (nach Gruppen gegliedert)</b>	<b>typische Massenanteile in %</b>
Alkane (n- und i-Paraffine) - im Bereich C10 bis C25 - im Bereich > C25	30 bis 50 max. 0,5
Cycloalkane (Naphthene) - Monocyclische - Dicyclische	10 bis 20 15 bis 25
Monoaromaten - C8-Aromaten (Dimethylbenzole, Ethylbenzol) - C9-Aromaten - sonstige (z. B. Indane)	max. 0,2 max. 1 max. 28
Diaromaten z. B. alkylierte Naphthaline und Biphenyle	0 bis 7
tri- und polycyclische Aromaten	0,7 bis 12

- 1.1 Die im Dieselkraftstoff enthaltenen Alkane und Aromaten reagieren unter unterschiedlichen Bedingungen mit Halogenen. Dabei finden in beiden Fällen Substitutionsreaktionen statt.

Erklären Sie den Begriff Substitutionsreaktion und formulieren Sie exemplarisch anhand je einer Verbindung des Dieselkraftstoffs eine Reaktionsgleichung für die Umsetzung von Chlor mit einem Alkan bzw. einem Aromaten!

[7 BE]

(Fortsetzung nächste Seite)

1.2 Dieselkraftstoff enthält einen hohen Anteil an Indan.

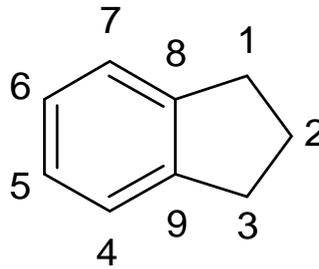


Abb. 1: Strukturformel von Indan

Beschreiben Sie die Molekülgeometrie des Indanmoleküls!

[6 BE]

2 Pflanzenöle unterscheiden sich von mineralischem Dieselkraftstoff in wichtigen Kenngrößen, z. B. in der Viskosität. Sie können jedoch durch entsprechende chemische Prozesse in geeignete Kraftstoffe umgewandelt werden. Das Fettsäuremuster hierfür relevanter Öle ist in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tab. 2: Fettsäuremuster verschiedener Öle (prozentuale Durchschnittswerte)<sup>2</sup>

	Palmitin-säure (Hexadecan-säure)	Palmitol-einsäure (Z-Hexadeca-9-ensäure)	Stearin-säure (Octadecan-säure)	Öl-säure (Z-Octadeca-9-ensäure)	Linol-säure (Z,Z-Octadeca-9,12-diensäure)	Linolen-säure (Z,Z,Z-Octadeca-9,12,15-triensäure)
Rapsöl	4,0	-	1,5	63,0	20,0	9,0
Sonnenblumenöl	6,5	-	5,0	23,0	63,0	<0,5
Olivenöl	11,5	1,5	2,5	75,0	7,5	1,0
Palmöl	43,8	0,5	5,0	39,0	10,0	0,2

2.1 Dieselkraftstoff enthält in Deutschland derzeit eine Beimischung von maximal 7 % Fettsäuremethylestern (Biodiesel). Biodiesel wird hierzu vor allem aus Rapsöl hergestellt. Dabei wird das Öl mit Methanol zur Reaktion gebracht.

Formulieren Sie für die Umsetzung eines charakteristischen Fettmoleküls aus dem Rapsöl mit Methanol eine Strukturformelgleichung!

[7 BE]

- 2.2 Ein alternatives Verfahren zur Gewinnung von Kraftstoffen aus Pflanzenölen läuft über die vollständige Hydrierung der Öle mit Wasserstoff. Hierbei werden alle im Fettmolekül vorhandenen Sauerstoffatome zu Wassermolekülen umgesetzt und die Kohlenstoffketten nicht gebrochen. Erklären Sie, weshalb bei der Hydrierung aller in der Tabelle genannten Öle stets ein Produktgemisch entsteht, das neben Wasser nur noch drei andere Stoffe enthält, und beurteilen Sie, welche dieser drei Stoffe dem mineralischem Dieselkraftstoff problemlos beigemischt werden können!

[8 BE]

- 3 Um zu verhindern, dass steuerbegünstigtes Heizöl als Kraftstoff in Fahrzeugen verwendet wird, wird dieses mit dem Farbstoff Sudan I eingefärbt.

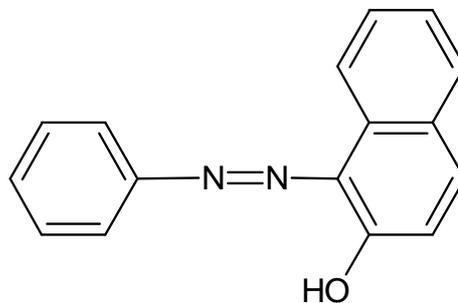


Abb. 2: Strukturformel von Sudan I

Begründen Sie die Farbigkeit dieser Verbindung unter Mitverwendung einer weiteren Grenzstrukturformel!

[5 BE]

- 4 Bei der Verbrennung von Dieselkraftstoffen wird Kohlenstoffdioxid gebildet, das unter anderem für einen sinkenden pH-Wert des Meerwassers verantwortlich ist.

- 4.1 Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre löst sich zunächst physikalisch im Wasser und reagiert dann zum Teil zu Kohlensäure ( $H_2CO_3$ ). In einer weiteren Gleichgewichtsreaktion erfolgt die Umsetzung von Kohlensäuremolekülen mit Wassermolekülen.

Formulieren Sie für die beschriebenen Vorgänge Reaktionsgleichungen!

[3 BE]

- 4.2 Eine Meerwasserprobe besitzt einen pH-Wert von  $pH = 8,33$ . Berechnen Sie unter diesen Bedingungen das Konzentrationsverhältnis der Carbonat- und Hydrogencarbonat-Anionen! Der Einfluss des gelösten Kohlenstoffdioxids kann vernachlässigt werden.

[4 BE]

---

[40 BE]

Abbildungen und Tabellen:

<sup>1</sup> verändert nach: *Dieselmotoren – Anforderungen, Qualität, Perspektiven*.

[www.fip.de/fileadmin/pdf\\_s/Aral-Dieselmotoren.pdf](http://www.fip.de/fileadmin/pdf_s/Aral-Dieselmotoren.pdf), zuletzt aufgerufen am 19.11.2014

<sup>2</sup> verändert nach: M. Kaltschmitt: *Energie aus Biomasse*. Springer Verlag, Berlin, 2009, 2. Auflage