



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Eloxieren von Aluminium

1. Erklären Sie die chemischen Reaktionen bei der Vorbereitung des Aluminiumblechs für das Eloxieren unter Angabe der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte und beurteilen Sie, ob es sich bei den Reaktionen um Redoxreaktionen handelt. Begründen Sie, warum das Blech nach dem Einsetzen der Gasentwicklung aus der Lösung genommen und mit destilliertem Wasser abgespült werden muss. *(18 Punkte)*
2. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze der Versuchsanordnung zum Eloxieren von Aluminium. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die beim Eloxieren ablaufenden Elektrodenreaktionen einschließlich der Gesamtreaktion auf. *(16 Punkte)*
3. Berechnen Sie die während des Modellexperiments umgesetzte Aluminium-Masse. Erklären Sie die Verfärbungen bei Verwendung eines Anschlusses aus Kupferdraht. *(16 Punkte)*
4. Erklären Sie das unterschiedliche Verhalten der beiden Blechhälften nach dem Versiegeln mit siedendem Wasser. Begründen Sie, warum ein eloxiertes Werkstück vor dem Versiegeln auf Lücken zu prüfen ist. Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für das Entfernen einer Aluminiumoxidschicht mit Natronlauge. *(16 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Aluminium ist ein sehr unedles Metall, aber trotzdem ein bedeutsamer und in vielen Bereichen eingesetzter Werkstoff. An Aluminiumoberflächen bildet sich mit Luft eine dünne Schicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), durch die das Metall gegen weitere Oxidation an der Luft oder Oxidation durch verdünnte Säure geschützt wird. Die so gebildete Oxidschicht von Aluminium ist sehr dünn und nicht kratzfest.

Mit dem so genannten Eloxal-Verfahren („Elektrochemische Oxidation von Aluminium“) kann die Oxidschicht von Aluminium deutlich verstärkt werden. Dabei wird zunächst die vorhandene Oxidschicht mit verdünnter Natronlauge entfernt. Dann wird durch Elektrolyse eine dickere neue Schicht aus Aluminiumoxid gebildet (**Eloxieren**). In der von der Oberfläche nach innen wachsenden Oxidschicht bilden sich Vertiefungen aus, in die ein Farbstoff eingelagert werden kann.

Nach der Elektrolyse wird sorgfältig geprüft, ob Lücken in der Oxidschicht vorhanden sind. In diesem Fall wird die Oxidschicht wieder mit verdünnter Natronlauge entfernt und das Verfahren wiederholt (**Aufarbeiten des Werkstücks**). Bei einwandfreien Werkstücken werden die Vertiefungen verschlossen, indem man die Oberfläche mit siedendem Wasser zu Aluminiumoxidhydroxid ($\text{AlO}(\text{OH})$) reagieren lässt. Die so versiegelte Schicht ist transparent und sehr beständig gegenüber vielen Chemikalien sowie gegen Verkratzen. Daher würde für das Aufarbeiten eines Werkstücks mit versiegelter Eloxalschicht eine Natronlauge mit höherer Konzentration benötigt.

Die folgenden Modellexperimente zum Eloxal-Verfahren wurden mit Aluminiumblechen durchgeführt:

1. Vorbereitung eines Aluminiumblechs:

Die natürliche Oxidschicht wurde mit verdünnter Natronlauge entfernt. Nach einiger Zeit bildeten sich an der Oberfläche des Aluminiumblechs Gasblasen von entstehendem Wasserstoff. Sofort nach Auftreten der Gasentwicklung wurde das Blech aus der Natronlauge genommen und mit destilliertem Wasser abgespült.

2. Eloxieren eines Aluminiumblechs:

In einer Schwefelsäure-Lösung mit $\text{pH} = 0$ wurden das zu eloxierende Blech und ein weiteres Aluminiumblech an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Die Bleche wurden vollständig in die Schwefelsäure-Lösung getaucht, sodass auch ein Teil der Anschlussdrähte in die Säurelösung eintauchte.

Die Spannungsquelle wurde so eingestellt, dass sich eine konstante Stromstärke von $I = 2,0 \text{ A}$ ergab.



Name: _____

Eloxieren mit Anschlüssen aus Kupferdraht:

An der Eintauchstelle des Kupferdrahtes am Pluspol verfärbte sich die Schwefelsäure-Lösung blau. An der Oberfläche des Aluminiumblechs am Minuspol bildeten sich Gasbläschen. Nach einigen Minuten hatte dieses Blech an der Oberfläche rötliche Flecken. Der Versuch wurde daher abgebrochen.

Eloxieren mit Anschlüssen aus Aluminiumdraht:

Die Kupferdrähte wurden durch Aluminiumdrähte ausgetauscht und der Versuch mit einer Stromstärke von $I = 2,0 \text{ A}$ wiederholt.

An der Oberfläche des Aluminiumblechs, das an den Minuspol angeschlossen wurde, bildeten sich Gasbläschen. Nach einer Versuchszeit von $t = 2 \text{ h}$ wurde der Versuch beendet. Verfärbungen der Bleche waren nicht erkennbar.

3. Versiegelung und Prüfung der eloxierten Oberfläche:

Das eloxierte Aluminiumblech aus dem 2. Versuch wurde mit Wasser abgespült. Die untere Hälfte des Blechs wurde für eine Stunde in siedendes Wasser getaucht.

Mit einem Nagel konnte dieser Teil des Blechs kaum verkratzt werden, rote Tinte haftete nicht daran. Die obere Hälfte des Aluminiumblechs wurde mit dem Nagel deutlich eingeritzt und konnte mit roter Tinte eingefärbt werden.

Nach Einlegen des Blechs in konzentrierte Natronlauge trat im versiegelten Teil des Blechs später eine Gasentwicklung auf als im nicht versiegelten Bereich.

Zusatzinformationen:

Faraday-Konstante: $F = 96\,485 \text{ A} \cdot \text{s/mol}$

Aluminiumoxid reagiert mit Natronlauge zu gut in Wasser löslichen Aluminat-Ionen ($[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$).

Elektrochemische Spannungsreihe

Standardpotentiale in V ($c = 1 \text{ mol/L}$, bei $\vartheta = 25 \text{ °C}$ und $p = 101,3 \text{ kPa}$)

1.	$\text{Al} / \text{Al}^{3+}$	-1,66
2.	$\text{H}_2, 2 \text{ OH}^- / 2 \text{ H}_2\text{O}$ (pH = 14)	-0,83
3.	$\text{H}_2, 2 \text{ H}_2\text{O} / 2 \text{ H}_3\text{O}^+$ (pH = 0)	0,00
4.	$\text{Cu} / \text{Cu}^{2+}$	0,35
5.	$6 \text{ H}_2\text{O} / \text{O}_2, 4 \text{ H}_3\text{O}^+$ (pH = 0)	1,23

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Eloxieren von Aluminium

1. Erklären Sie die chemischen Reaktionen bei der Vorbereitung des Aluminiumblechs für das Eloxieren unter Angabe der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte und beurteilen Sie, ob es sich bei den Reaktionen um Redoxreaktionen handelt. Begründen Sie, warum das Blech nach dem Einsetzen der Gasentwicklung aus der Lösung genommen und mit destilliertem Wasser abgespült werden muss. (18 Punkte)
2. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze der Versuchsanordnung zum Eloxieren von Aluminium. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die beim Eloxieren ablaufenden Elektrodenreaktionen einschließlich der Gesamtreaktion auf. (16 Punkte)
3. Berechnen Sie die während des Modellexperiments umgesetzte Aluminium-Masse. Erklären Sie die Verfärbungen bei Verwendung eines Anschlusses aus Kupferdraht. (16 Punkte)
4. Erklären Sie das unterschiedliche Verhalten der beiden Blechhälften nach dem Versiegeln mit siedendem Wasser. Begründen Sie, warum ein eloxiertes Werkstück vor dem Versiegeln auf Lücken zu prüfen ist. Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für das Entfernen einer Aluminiumoxidschicht mit Natronlauge. (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- <http://electrochem.cwru.edu/encycl/art-a02-anodizing.htm> (Zugriff 13.02.2012)
- <http://www.ksh.edu/uploads/media/15.Eloxieren.pdf> (Zugriff 14.02.2012)
- http://www.alutecta.de/alutecta_home/eloxal_2.html (Zugriff 13.02.2012)
- http://fdzchemie.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/fd_zentrum_chemie/Arbeitsanleitungen_Schulversuche_AC/Woche7.pdf (Zugriff 14.02.2012)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie

- Einfache Elektrolyse im Labor und Faraday-Gesetze
- Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise
- Galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz
- Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential
- Nernst-Gleichung am Beispiel folgender Systeme
 - Metall/Metallion
 - Wasserstoff/Oxoniumion
 - Hydroxidion/Sauerstoff

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die chemischen Reaktionen bei der Vorbereitung des Aluminiumblechs für das Eloxieren unter Angabe der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zunächst reagieren Al_2O_3, H_2O und OH^- unter Bildung von $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, bis Aluminium freiliegt. • Bei Gasentwicklung reagieren Al, H_2O und OH^- unter Bildung von H_2 und $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$. 	6
2	<p>beurteilt, ob es sich bei den Reaktionen um Redoxreaktionen handelt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Auflösen von Aluminiumoxid ist keine Redoxreaktion. • Die Reaktion von Aluminium, Wasser und Hydroxid-Ionen zu Aluminat-Ionen und Wasserstoff ist eine Redoxreaktion, da Aluminium von der Oxidationszahl 0 zur Oxidationszahl +III oxidiert wird und Wasserstoff von der Oxidationszahl +I in Wasser zur Oxidationszahl 0 in Wasserstoff reduziert wird. 	6

3	begründet, warum das Blech nach dem Einsetzen der Gasentwicklung aus der Lösung genommen und mit destilliertem Wasser abgespült werden muss, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Einsetzen der Gasentwicklung zeigt an, dass die Aluminiumoxidschicht abgelöst ist. • Das nun freiliegende Aluminium reagiert mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff. • Die Einwirkung von Natronlauge muss daher durch Abspülen beendet werden. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	zeichnet eine beschriftete Skizze der Versuchsanordnung zum Eloxieren von Aluminium. (Hinweis: In der Skizze werden erwartet: Spannungsquelle, Aluminiumbleche, die in Schwefelsäure-Lösung tauchen, wobei das zu eloxierende Aluminiumblech als Anode (Pluspol), das andere als Kathode (Minuspol) geschaltet ist.)	6
2a	stellt die Reaktionsgleichungen für die beim Eloxieren ablaufenden Elektrodenreaktionen auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Anode: $\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^{-}$ $2 \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{H}^{+}(\text{aq})$ • Kathode: $2 \text{H}^{+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$ (Alternativ: $2 \text{Al(s)} + 9 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{H}_3\text{O}^{+}(\text{aq}) + 6 \text{e}^{-}$)	6
2b	stellt die Reaktionsgleichung für die beim Eloxieren ablaufende Gesamtreaktion auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $2 \text{Al(s)} + 3 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$ 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	berechnet die während des Modellexperiments umgesetzte Aluminium-Masse, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $I \cdot t = n \cdot z \cdot F$ • $I = 2,0 \text{ A}; t = 2 \text{ h} = 7200 \text{ s}; z = 3$ • $n(\text{Al}) = 2,0 \text{ A} \cdot 7200 \text{ s} / (3 \cdot 96485 \text{ As/mol}) \approx 0,0497 \text{ mol}$ • $m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al})$ • $m(\text{Al}) = 0,0497 \text{ mol} \cdot 26,98 \text{ g/mol} \approx 1,34 \text{ g}$ 	8
2	erklärt die Verfärbungen bei Verwendung eines Anschlusses aus Kupferdraht, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Kupfer wird an der Anode unter Bildung von Kupfer(II)-Ionen oxidiert. • Diese bewirken die blaue Färbung der Lösung. • An der Kathode reagieren Kupfer(II)-Ionen zu elementarem Kupfer. • Dieses scheidet sich am Aluminiumblech ab und bewirkt die rötliche Färbung. 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt das unterschiedliche Verhalten der beiden Blechhälften nach dem Versiegeln mit siedendem Wasser, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Reaktion mit dem siedenden Wasser werden die Vertiefungen der Aluminiumoxidschicht in einer Blechhälfte unter Bildung von Aluminiumoxidhydroxid (AlO(OH)) versiegelt. • In die so verschlossenen Vertiefungen kann keine Tinte eingelagert werden, daher wird nur eine Hälfte des Blechs gefärbt. • Aluminiumoxidhydroxid ist kratzfester als Aluminiumoxid, daher wird der versiegelte Bereich kaum verkratzt. 	6
2	<p>begründet, warum ein eloxiertes Werkstück vor dem Versiegeln auf Lücken zu prüfen ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lücken in der Eloxalschicht stören, weil dann weder Farbstoff eingelagert werden noch eine stabile Versiegelung durchgeführt werden kann. • Vor der Versiegelung kann die fehlerhafte Eloxalschicht mit verdünnter Natronlauge entfernt werden, nach dem Versiegeln wird eine höhere Konzentration benötigt, durch die ungeschützte Bereiche des Werkstücks beschädigt werden. <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass ein Zusammenhang zwischen der chemischen Beständigkeit der Schicht aus Aluminiumoxidhydroxid und der zum Auflösen benötigten Konzentration der Natronlauge hergestellt wird. Denkbar ist alternativ ein Hinweis auf Zeit- und Energie-Einsparung, wenn nicht erst versiegelt wird.)</i></p>	4
3	<p>entwickelt eine Reaktionsgleichung für die Entfernung einer Aluminiumoxidschicht mit Natronlauge:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 [\text{Al}(\text{OH})_4]^-(\text{aq})$ 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt die chemischen ...	6			
2	beurteilt, ob es ...	6			
3	begründet, warum das ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	zeichnet eine beschriftete ...	6			
2a	stellt die Reaktionsgleichungen ...	6			
2b	stellt die Reaktionsgleichung ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	berechnet die während ...	8			
2	erklärt die Verfärbungen ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt das unterschiedliche ...	6			
2	begründet, warum ein ...	4			
3	entwickelt eine Reaktionsgleichung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktsumme resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktsummen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Fumarsäure und Maleinsäure

1. Nennen Sie den jeweiligen Reaktionstyp für die beiden genannten Reaktionen zur Gewinnung von Fumarsäure und geben Sie die Reaktionsgleichungen an. Erläutern Sie einen möglichen Ablauf der Reaktion von 2-Brombutandisäure zu Fumarsäure.
(16 Punkte)
2. Erklären Sie unter Angabe der Strukturformel für Maleinsäure, welche Art von Isomerie bei Maleinsäure und Fumarsäure vorliegt. Erläutern Sie für beide Isomere die Möglichkeit zur Ausbildung von intra- und intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen.
(18 Punkte)
3. Stellen Sie eine Vermutung auf, warum die beiden Säuren unterschiedliche Schmelztemperaturen aufweisen. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die schrittweise Protolyse von Maleinsäure in Wasser auf. Erklären Sie die unterschiedlichen pK_s -Werte der Malein- und Fumarsäure anhand der Molekülstrukturen.
(16 Punkte)
4. Geben Sie den Reaktionstyp und eine Reaktionsgleichung für die Synthese von Fumarsäuredimethylester aus Fumarsäure und Methanol an. Bewerten Sie den Vorschlag aus dem Praktikumsbuch zur Erhöhung der Ausbeute an Ester. Ermitteln Sie, ob die im Laborversuch erzielte Ausbeute an Fumarsäuredimethylester dem Literaturwert entspricht.
(16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Fumarsäure und Maleinsäure

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts hatte man entdeckt, dass sich beim Erhitzen von Äpfelsäure (2-Hydroxybutandisäure) unter Wasserabspaltung zwei isomere Dicarbonsäuren der Summenformel $C_4H_4O_4$ bilden, überwiegend Fumarsäure und in geringen Mengen Maleinsäure. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts gelang es dem Chemiker J. van't Hoff durch Untersuchung der Eigenschaften, die unterschiedlichen Molekülstrukturen von Fumar- und Maleinsäure aufzuklären. Einige Eigenschaften, die die beiden Isomere voneinander unterscheiden, sind in der Tabelle aufgeführt.

Fumarsäure kann auch aus 2-Brombutandisäure (Monobrombernsteinsäure, $C_4H_5O_4Br$) durch Kochen mit verdünnten Laugen erhalten werden. Die in kleinen Mengen entstehende Maleinsäure lagert sich durch Erhitzen zu Fumarsäure um.

Tabelle: Physikalisch-chemische Eigenschaften von Malein- und Fumarsäure

	Maleinsäure	Fumarsäure
Schmelztemperatur	130 °C	287 °C
pK_{s1}	1,9	3,0
pK_{s2}	6,5	4,5

Fumarsäuredimethylester

Fumarsäuredimethylester (Dimethylfumarat, $C_6H_8O_4$), der als Wirkstoff in Tabletten gegen Schuppenflechte eingesetzt wird, kann durch Reaktion von Fumarsäure mit Methanol (CH_3OH) hergestellt werden. Nachteil der Veresterung einer Säure mit Alkohol ist, dass häufig die Ausbeute des Esters nicht im erwünschten Maße ausfällt. In einem Praktikumsbuch für Chemiestudierende wird folgender Vorschlag entwickelt: Die Ausbeute an Ester kann erhöht werden, indem man den meist billigeren Alkohol in 5- bis 10-fachem Überschuss einsetzt oder indem man dem Reaktionsgemisch Wasser oder Ester entzieht.

Laborversuch

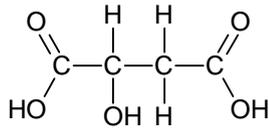
In einem Laborversuch wurden unter Einsatz eines Rückflusskühlers 14,5 g Fumarsäure und 40,0 g Methanol mit 2 mL konzentrierter Schwefelsäure als Katalysator ca. 5 h erhitzt. Laut Versuchsprotokoll betrug die Ausbeute an Fumarsäuredimethylester 0,111 mol. In der Literatur wird für dieses Verfahren eine Ausbeute von 93 % angegeben.



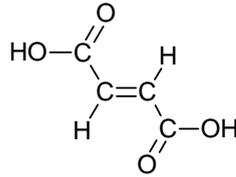
Name: _____

Zusatzinformationen:

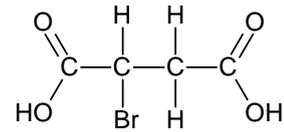
Strukturformeln:



Äpfelsäure
(2-Hydroxybutandisäure)



Fumarsäure
(2-Butendisäure)



Monobrombernsteinsäure
(2-Brombutandisäure)

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2013**
*Chemie, Leistungskurs***1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Fumarsäure und Maleinsäure**

1. Nennen Sie den jeweiligen Reaktionstyp für die beiden genannten Reaktionen zur Gewinnung von Fumarsäure und geben Sie die Reaktionsgleichungen an. Erläutern Sie einen möglichen Ablauf der Reaktion von 2-Brombutandisäure zu Fumarsäure.
(16 Punkte)
2. Erklären Sie unter Angabe der Strukturformel für Maleinsäure, welche Art von Isomerie bei Maleinsäure und Fumarsäure vorliegt. Erläutern Sie für beide Isomere die Möglichkeit zur Ausbildung von intra- und intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen.
(18 Punkte)
3. Stellen Sie eine Vermutung auf, warum die beiden Säuren unterschiedliche Schmelztemperaturen aufweisen. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die schrittweise Protolyse von Maleinsäure in Wasser auf. Erklären Sie die unterschiedlichen pK_s -Werte der Malein- und Fumarsäure anhand der Molekülstrukturen.
(16 Punkte)
4. Geben Sie den Reaktionstyp und eine Reaktionsgleichung für die Synthese von Fumarsäuredimethylester aus Fumarsäure und Methanol an. Bewerten Sie den Vorschlag aus dem Praktikumsbuch zur Erhöhung der Ausbeute an Ester. Ermitteln Sie, ob die im Laborversuch erzielte Ausbeute an Fumarsäuredimethylester dem Literaturwert entspricht.
(16 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Becker, H. G. O. et al.: Organikum, 20. Aufl., Wiley-Verlag, Weinheim 1996
- Beyer, H.; Walter, W.: Lehrbuch der organischen Chemie, 19. Aufl., S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1981, S. 315
- Breitmaier, E.; Jung, G.: Organische Chemie, Grundlagen, Stoffklassen, Reaktionen, Konzepte, Molekülstrukturen, 5. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2005, S. 76, 297
- Fieser, L. F.; Fieser, M.: Organische Chemie, 2. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim 1968, S. 105-107
- http://www.psoriasis-support.de/media/ms/on/gebrauchsinfo_fumaderm_070228.pdf (Zugriff 09.01.2012)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Reaktionswege zur Herstellung von Stoffen in der organischen Chemie

- Verknüpfung von Reaktionen zu Reaktionswegen
- Reaktionstypen: Einordnung von organischen Reaktionen nach Substitution, Addition, Eliminierung, jeweils einschließlich der Kenntnisse über die charakteristischen Reaktionsschritte
- Aufklärung eines Reaktionsmechanismus: nukleophile Substitution
- Stoffklassen: Alkane, Alkene, Halogenalkane, Alkanole, Alkanale/ Alkanone, Carbonsäuren, Ester
- Einfluss der Molekülstrukturen auf das Reaktionsverhalten

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

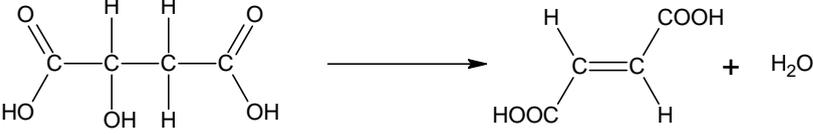
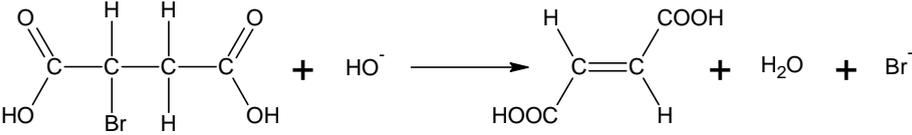
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

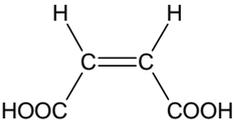
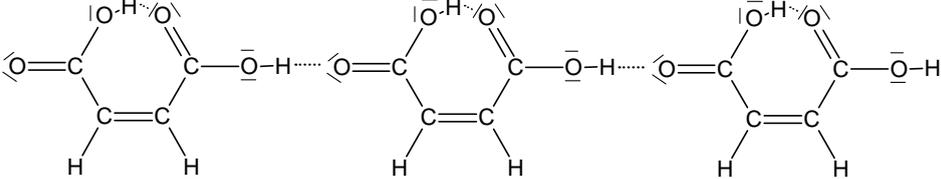
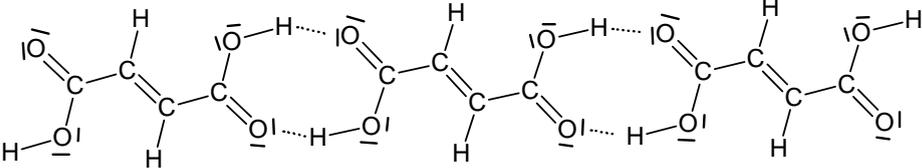
Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

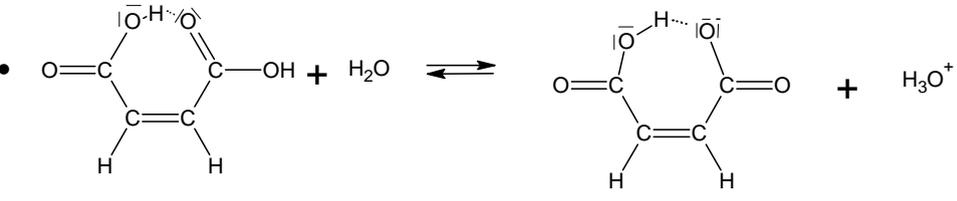
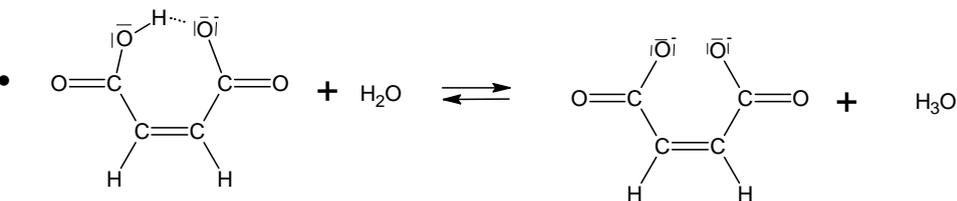
Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	nennt den jeweiligen Reaktionstyp für die beiden genannten Reaktionen zur Gewinnung von Fumarsäure, z. B.: Eliminierung. (Alternativ für die Gewinnung aus Äpfelsäure auch: Dehydratisierung, für die Gewinnung aus 2-Brombutandisäure auch: Dehydrohalogenierung.)	2
2	gibt die Reaktionsgleichungen an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> •  •  	6
3	erläutert einen möglichen Ablauf der Reaktion von 2-Brombutandisäure zu Fumarsäure, indem er z. B. auf den Angriff des Hydroxid-Ions als Base an einem C ₃ -Wasserstoff-Atom der 2-Brombutandisäure, die Abspaltung des Wasser-Moleküls und des Bromid-Ions unter Ausbildung der Doppelbindung und die Rückbildung des Katalysators (Hydroxid-Ionen) unter Bildung von Bromwasserstoff eingeht. (Hinweis: Auch alternative Reaktionsabläufe mit Carbenium-Ionen als Zwischenprodukt sind möglich.)	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

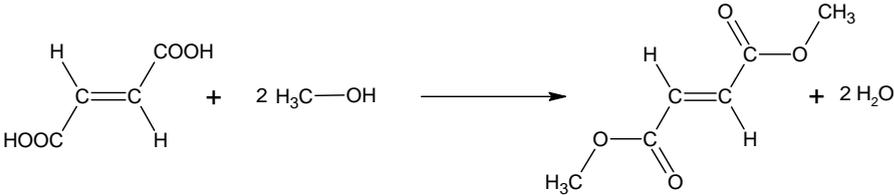
Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1a	erklärt unter Angabe der Strukturformel für Maleinsäure, welche Art von Isomerie bei Maleinsäure und Fumarsäure vorliegt: <ul style="list-style-type: none"> Strukturformel von Maleinsäure: <div style="text-align: center;">  </div> 	2
1b	erklärt, welche Art von Isomerie bei Maleinsäure und Fumarsäure vorliegt, indem er z. B. auf die cis/trans-Isomerie (alternativ: E/Z-Isomerie) eingeht, die durch das Vorliegen einer Doppelbindung möglich wird: Durch die C=C-Doppelbindung ist eine freie Rotation um die Bindungsachse nicht mehr gegeben, die beiden Carboxygruppen können benachbart auf einer Seite (cis) oder diametral gegenüber (trans) angeordnet sein.	4
2a	erläutert für beide Isomere die Möglichkeit zur Ausbildung von intra- und intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Maleinsäure (<i>cis</i>-Butendisäure) kann aufgrund der räumlichen Nähe der beiden Carboxygruppen eine intramolekulare Wasserstoffbrücke ausbilden. Damit steht pro Maleinsäure-Molekül nur noch ein an ein Sauerstoff-Atom gebundenes Wasserstoff-Atom für eine intermolekulare Wasserstoffbrücke zur Verfügung: <div style="text-align: center;">  </div> 	8
2b	erläutert für beide Isomere die Möglichkeit zur Ausbildung von intra- und intermolekularen Wasserstoffbrückenbindungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Fumarsäure (<i>trans</i>-Butendisäure) kann keine intramolekulare Wasserstoffbrücke ausbilden, dafür stehen pro Fumarsäure-Molekül zwei an Sauerstoff-Atome gebundene Wasserstoff-Atome für intermolekulare Wasserstoffbrücken zur Verfügung: <div style="text-align: center;">  </div> 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt eine Vermutung auf, warum die beiden Säuren unterschiedliche Schmelztemperaturen aufweisen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Höhe der Schmelztemperatur hängt von der Stärke der intermolekularen Anziehungskräfte ab. • Hohe Anziehungskräfte führen zu einer höheren Schmelztemperatur als schwache intermolekulare Anziehungskräfte. • Da bei der <i>trans</i>-Butendisäure (Fumarsäure) pro Molekül zwei intermolekulare Wasserstoffbrückenbindungen ausgebildet werden können, bei der Maleinsäure nur eine, liegt die Schmelztemperatur bei der Fumarsäure deutlich höher (287 °C gegenüber 130 °C bei der Maleinsäure). 	6
2	<p>stellt die Reaktionsgleichungen für die schrittweise Protolyse von Maleinsäure in Wasser auf, z. B.:</p> <p>• </p> <p>• </p>	4
3	<p>erklärt die unterschiedlichen pK_s-Werte der Malein- und Fumarsäure anhand der Molekülstrukturen, indem er z. B. auf den pK_s-Wert als Maß für die Säurestärke (je kleiner der pK_s-Wert, desto stärker die Säure), den Einfluss der Stabilität der konjugierten Base auf die Stärke der Säure und die Ausbildung einer stabilisierenden intramolekularen Wasserstoffbrückenbindung beim Maleinsäure-Monoanion eingeht, wodurch der niedrigere pK_{s1}-Wert, gleichzeitig aber auch der deutlich höhere pK_{s2}-Wert der Maleinsäure im Vergleich zur Fumarsäure erklärbar wird.</p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	gibt den Reaktionstyp für die Synthese von Fumarsäuredimethylester aus Fumarsäure und Methanol an, z. B.: nucleophile Substitution. (Alternativ: nucleophile Addition und Eliminierung, Veresterung)	2
1b	gibt eine Reaktionsgleichung für die Synthese von Fumarsäuredimethylester aus Fumarsäure und Methanol an, z. B.: 	4
2	bewertet den Vorschlag aus dem Praktikumsbuch zur Erhöhung der Ausbeute an Ester. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die zugrunde liegende Gleichgewichtsreaktion und deren Beeinflussung durch die beiden beschriebenen Maßnahmen eingeht. Das Bestreben, den Gleichgewichtszustand wieder herzustellen, führt in beiden Fällen zu einer Neubildung des Esters. In beiden Fällen kann die Ausbeute an Ester bezogen auf die eingesetzte Menge an Fumarsäure erhöht werden, sodass beide Maßnahmen als (ökonomisch) sinnvoll bewertet werden können.)	6
3	ermittelt, ob die im Laborversuch erzielte Ausbeute an Fumarsäuredimethylester dem Literaturwert entspricht, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Laut Reaktionsgleichung gilt: $n(\text{Fumarsäure}) : n(\text{Fumarsäuredimethylester}) = 1:1$. Beim gegebenen Versuchsansatz können maximal 0,125 mol Fumarsäuredimethylester entstehen. $n_{\text{tatsächlich}}(\text{Fumarsäuredimethylester}) / n_{\text{theoretisch}}(\text{Fumarsäuredimethylester}) = 0,111 \text{ mol} / 0,125 \text{ mol} = 0,888 \approx 89 \%$. Die Ausbeute im vorliegenden Experiment liegt etwas unter dem Literaturwert. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	nennt den jeweiligen ...	2			
2	gibt die Reaktionsgleichungen ...	6			
3	erläutert einen möglichen ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		16			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erklärt unter Angabe ...	2			
1b	erklärt, welche Art ...	4			
2a	erläutert für beide ...	8			
2b	erläutert für beide ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	stellt eine Vermutung ...	6			
2	stellt die Reaktionsgleichungen ...	4			
3	erklärt die unterschiedlichen ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	gibt den Reaktionstyp ...	2			
1b	gibt eine Reaktionsgleichung ...	4			
2	bewertet den Vorschlag ...	6			
3	ermittelt, ob die ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Janusgrün B in sich selbst zerstörenden DVDs

1. Erklären Sie anhand der Absorptionsspektren von Janusgrün B und von dem angegebenen Safranin-Farbstoff den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit. Geben Sie eine Struktur der farbigen Form des Safranin-Farbstoffs sowie eine weitere Grenzstruktur von Janusgrün B an. Erklären Sie die unterschiedliche Farbigkeit der beiden Farbstoffe. (18 Punkte)
2. Erläutern Sie die Synthese von Janusgrün B aus *N,N*-Dimethylanilin und dem Safranin-Farbstoff. Geben Sie dazu die Reaktionsschemata dieser Synthese anhand von geeigneten Strukturausschnitten an. Begründen Sie den Ort der Kupplungsreaktion am *N,N*-Dimethylanilin. (16 Punkte)
3. Beschreiben Sie die im Schema dargestellten Schritte 1 und 2 der Safranin-Farbstoff-Synthese. Begründen Sie anhand von Oxidationszahlen für die Strukturen (A) und (B1), warum es sich bei der in Schritt 1 dargestellten Reaktion um eine Oxidation handelt. Erläutern Sie anhand geeigneter Grenzstrukturen von Anilin den dirigierenden Einfluss der Aminogruppe auf die Reaktion in Schritt 2. (18 Punkte)
4. Beurteilen Sie, ob bei der Dunkelfärbung einer herkömmlichen DVD auch der Safranin-Farbstoff eingesetzt werden könnte. Analysieren Sie, welche Eigenschaften ein Farbstoff besitzen muss, um in einer sich selbst zerstörenden Blu-ray-DVD eingesetzt werden zu können. (14 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

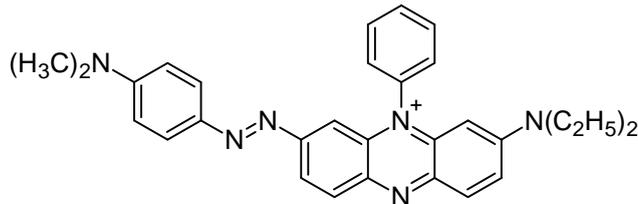
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

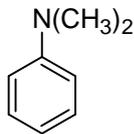
Fachspezifische Vorgaben:

Anfang dieses Jahrhunderts kamen sich selbst zerstörende DVDs auf den Markt, die die konventionellen Leih-DVDs ersetzen sollten. Diese DVDs haben eine begrenzte Nutzungsdauer, da sie durch Dunkelfärbung unbrauchbar gemacht werden. Die Dunkelfärbung kann durch die Bildung des Farbstoffs Janusgrün B aus Leuko-Janusgrün B hervorgerufen werden.

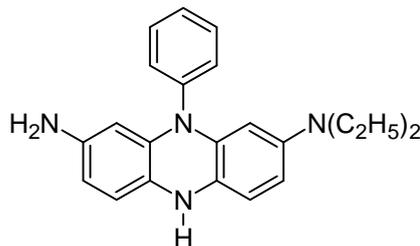


Janusgrün B

Janusgrün B wird durch Azokupplung aus *N,N*-Dimethylanilin und einem Safranin-Farbstoff hergestellt. Der Safranin-Farbstoff selbst wird aus seiner Leukoform durch Oxidation mit Luftsauerstoff gewonnen.

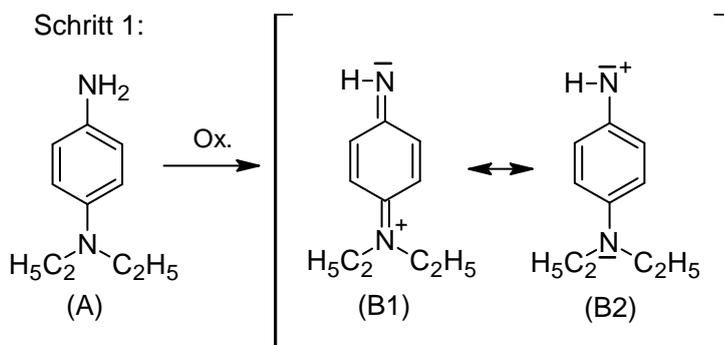


N,N-Dimethylanilin



Leuko-Form eines
Safranin-Farbstoffs

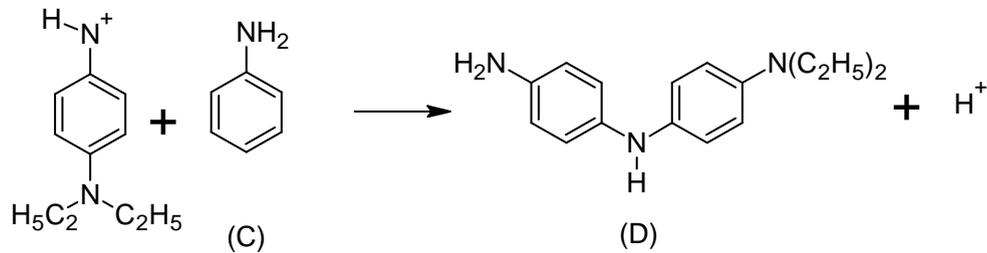
Die Leuko-Form dieses Safranin-Farbstoffs wird in einem mehrstufigen Prozess aus 1-(Diethylamino)-4-aminobenzol (A) und Anilin (C) synthetisiert. Die ersten beiden Reaktionsschritte des Prozesses sind im Folgenden dargestellt:





Name: _____

Schritt 2:

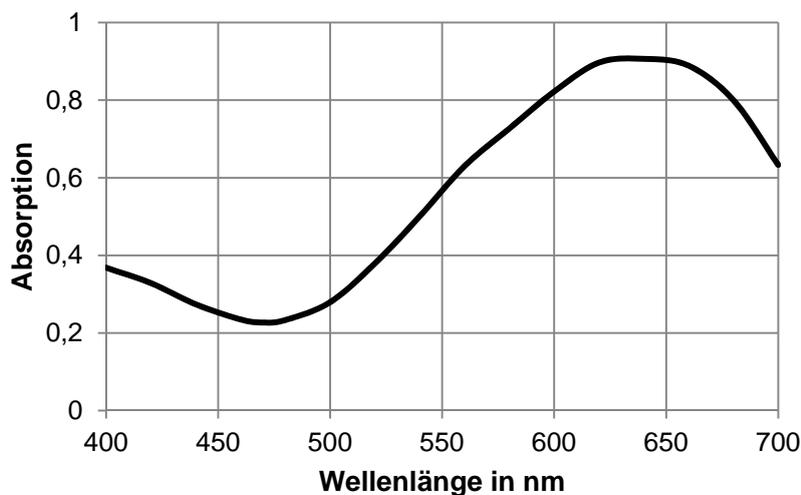


Die Einweg-DVDs sind aus zwei miteinander verklebten Schichten aufgebaut. Die obere Schicht enthält die Daten, die vom DVD-Laser mithilfe eines Laserstrahls, der durch die untere Schicht hindurchtritt, gelesen werden können. Die untere Schicht besteht aus einem luftdurchlässigen Kunststoff. Der Kleber enthält die Leukoform des Janusgrün B. Nach Entnahme der zunächst farblosen und lesbaren DVD aus der Verpackung wird Leuko-Janusgrün B durch Reaktion mit Luftsauerstoff in einem ca. 48 Stunden andauernden Prozess in das farbige Janusgrün B überführt. Die dadurch eingefärbte DVD ist nicht mehr lesbar, weil das Licht des Lasers absorbiert wird.

Zum Lesen herkömmlicher DVDs werden Laserstrahlen der Wellenlänge $\lambda = 650 \text{ nm}$ eingesetzt. Für neuartige sogenannte Blu-ray-DVDs werden Lesegeräte mit Laserstrahlen der Wellenlänge $\lambda = 405 \text{ nm}$ verwendet.

Zusatzinformationen:

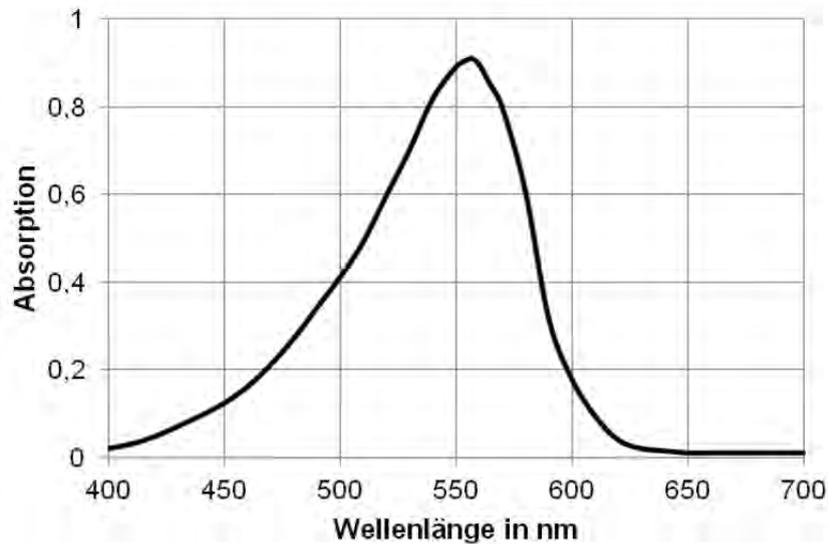
Spektrum von Janusgrün B





Name: _____

Spektrum des angegebenen Safranin-Farbstoffs



Zusammenhang von absorbiertem Strahlung, zugehöriger Spektralfarbe und beobachteter Komplementärfarbe

Wellenlänge λ in nm	Spektralfarbe	Komplementärfarbe
400 – 435	violett	gelbgrün
435 – 480	blau	gelb
480 – 490	grünblau	orange
490 – 500	blaugrün	rot
500 – 560	grün	purpur
560 – 580	gelbgrün	violett
580 – 595	gelb	blau
595 – 605	orange	grünblau
605 – 770	rot	blaugrün

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Janusgrün B in sich selbst zerstörenden DVDs

1. Erklären Sie anhand der Absorptionsspektren von Janusgrün B und von dem angegebenen Safranin-Farbstoff den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit. Geben Sie eine Struktur der farbigen Form des Safranin-Farbstoffs sowie eine weitere Grenzstruktur von Janusgrün B an. Erklären Sie die unterschiedliche Farbigkeit der beiden Farbstoffe. (18 Punkte)
2. Erläutern Sie die Synthese von Janusgrün B aus *N,N*-Dimethylanilin und dem Safranin-Farbstoff. Geben Sie dazu die Reaktionsschemata dieser Synthese anhand von geeigneten Strukturausschnitten an. Begründen Sie den Ort der Kupplungsreaktion am *N,N*-Dimethylanilin. (16 Punkte)
3. Beschreiben Sie die im Schema dargestellten Schritte 1 und 2 der Safranin-Farbstoff-Synthese. Begründen Sie anhand von Oxidationszahlen für die Strukturen (A) und (B1), warum es sich bei der in Schritt 1 dargestellten Reaktion um eine Oxidation handelt. Erläutern Sie anhand geeigneter Grenzstrukturen von Anilin den dirigierenden Einfluss der Aminogruppe auf die Reaktion in Schritt 2. (18 Punkte)
4. Beurteilen Sie, ob bei der Dunkelfärbung einer herkömmlichen DVD auch der Safranin-Farbstoff eingesetzt werden könnte. Analysieren Sie, welche Eigenschaften ein Farbstoff besitzen muss, um in einer sich selbst zerstörenden Blu-ray-DVD eingesetzt werden zu können. (14 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- U.S. Patent No. 6,756,103 B2
- Colour Index, Vol. 4, 3rd ed. (1971)
- Zollinger, H.: Color chemistry: syntheses, properties, and applications of organic dyes and pigments, 3. Auflage, Helvetica Chimica Acta 2003
- Green, Floyd J.: The Sigma-Aldrich handbook of stains, dyes, and indicators, 2. Auflage, Aldrich Chemical Co. 1990
- Breitmaier, E.; Jung, G.: Organische Chemie, Grundlagen, Stoffklassen, Reaktionen, Konzepte, Molekülstrukturen, 6. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2009
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Disney-testet-Wegwerf-DVD-85119.html> (Zugriff 20.02.2012)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Theoriekonzept: Das aromatische System

Themenfeld: Farbstoffe und Farbigkeit (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Indigofarbstoffe)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

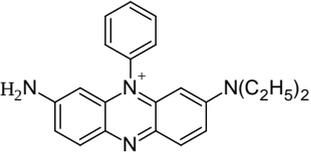
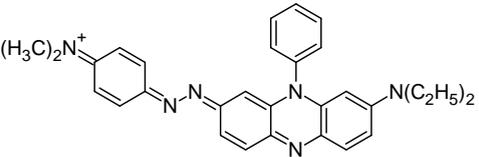
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt anhand der Absorptionsspektren von Janusgrün B und von dem angegebenen Safranin-Farbstoff den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Farbe des absorbierten Lichts und der wahrgenommene Farbeindruck des Gegenstands sind komplementär. Das Absorptionsmaximum von Janusgrün B liegt im roten Spektralbereich (Wellenlängen von 620 nm bis 650 nm), Janusgrün B erscheint daher blaugrün. Das Absorptionsmaximum vom Safranin-Farbstoff liegt im gelbgrünen Bereich (Wellenlänge ca. 560 nm), der Safranin-Farbstoff erscheint daher purpur bis violett. 	6
2a	<p>gibt eine Struktur für die farbige Form des Safranin-Farbstoffs an, z. B.:</p> 	4
2b	<p>gibt eine weitere Grenzstruktur von Janusgrün B an, z. B.:</p> 	2
3	<p>erklärt die unterschiedliche Farbigkeit der beiden Farbstoffe, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> In beiden Farbstoffen können delokalisierte Elektronen von sichtbarem Licht angeregt werden, funktionelle Gruppen mit +M- und -M-Effekt erweitern jeweils das System der delokalisierten Elektronen. Im Janusgrün B liegt ein ausgedehntes System delokalisierten Elektronen über zwei Ringsysteme, die über eine Azogruppe verbunden sind, vor. Im Safranin-Farbstoff ist das System delokalisierten Elektronen im Vergleich zum Janusgrün B kleiner. Daher wird energiereicheres Licht zur Anregung der Elektronen benötigt. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Synthese von Janusgrün B aus <i>N,N</i>-Dimethylanilin und dem Safranin-Farbstoff, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im ersten Schritt wird der Safranin-Farbstoff mit Natriumnitrit in saurer Lösung zum entsprechenden Diazonium-Ion umgesetzt (Diazotierung). • Im zweiten Schritt erfolgt eine Azokupplung des Diazonium-Ions mit <i>N,N</i>-Dimethylanilin unter Bildung eines σ-Komplexes und anschließender Rearomatisierung. • Bei der Azokupplung handelt sich um eine elektrophile Substitution. 	6
2	<p>gibt die Reaktionsschemata für die Synthese von Janusgrün B anhand von geeigneten Strukturausschnitten an. (Hinweis: Es werden vom Prüfling Reaktionsschemata für die Bildung der salpetrigen Säure bzw. des Nitrosyl-Kations, die Diazotierung des Safranin-Farbstoffs und die Azokupplung erwartet.)</p>	6
3	<p>begründet den Ort der Kupplungsreaktion am <i>N,N</i>-Dimethylanilin, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die $N(CH_3)_2$-Gruppe besitzt einen +M-Effekt und dirigiert in <i>o</i>- und <i>p</i>-Stellung. • Die <i>p</i>-Position ist aus sterischen Gründen begünstigt. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die im Schema dargestellten Schritte 1 und 2 der Safranin-Farbstoff-Synthese, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im ersten Schritt wird durch Oxidation aus 1-(Diethylamino)-4-aminobenzol ein mesomeriestabilisiertes Kation gebildet. • Im zweiten Schritt findet eine elektrophile Substitution des Kations an Anilin statt. Es entsteht Produkt (D). 	6
2	<p>begründet anhand von Oxidationszahlen für die Strukturen (A) und (B1), warum es sich bei der in Schritt 1 dargestellten Reaktion um eine Oxidation handelt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidationszahlen des C_1-Atoms und C_4-Atoms in <i>N,N</i>-Diethyl-1,4-phenylendiamin: +I, • Oxidationszahlen des C_1-Atoms und C_4-Atoms in Verbindung (B): +II, • Erhöhung der Oxidationszahlen bedeutet eine Oxidation. 	6
3	<p>erläutert anhand geeigneter Grenzstrukturen von Anilin den dirigierenden Einfluss der Aminogruppe auf die Reaktion in Schritt 2, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der +M-Effekt der Aminogruppe bewirkt eine erhöhte Elektronendichte an den Kohlenstoffatomen der ortho- und para-Stellung im aromatischen Ringsystem. • Hierdurch wird ein elektrophiler Angriff an diesen Positionen erleichtert. <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"> $\left[\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_5 \longleftrightarrow \text{HN}^+=\text{C}_6\text{H}_4^-\text{H} \longleftrightarrow \text{HN}^+=\text{C}_6\text{H}_4^-\text{H} \right]$ </p> </div>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	beurteilt, ob bei der Dunkelfärbung einer herkömmlichen DVD auch der Safranin-Farbstoff eingesetzt werden könnte, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Leukoform des Safranin-Farbstoffs kann oxidativ in die farbige Form überführt werden. • Der Farbstoff besitzt ein Absorptionsmaximum bei einer Wellenlänge von ca. 560 nm. • Er kann daher das Licht eines DVD-Lasers mit der Wellenlänge 650 nm nicht oder nicht ausreichend absorbieren. • Der Einsatz des Farbstoffs würde die DVD zwar für das menschliche Auge stark einfärben, jedoch nicht zu einer Unlesbarkeit der DVD durch den Laser führen. 	8
2	analysiert, welche Eigenschaften ein Farbstoff besitzen muss, um in einer sich selbst zerstörenden Blu-ray-DVD eingesetzt werden zu können, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der Farbstoff muss in einer Leukoform vorliegen, die oxidativ mithilfe von Luftsauerstoff in die farbige Form überführt werden kann. • Der Farbstoff muss sein Absorptionsmaximum bei einer Wellenlänge von etwa 405 nm besitzen, damit er das Licht eines Blu-ray-DVD-Lasers absorbieren kann. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt anhand der ...	6			
2a	gibt eine Struktur ...	4			
2b	gibt eine weitere ...	2			
3	erklärt die unterschiedliche ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert die Synthese ...	6			
2	gibt die Reaktionsschemata ...	6			
3	begründet den Ort ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		16			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die im ...	6			
2	begründet anhand von ...	6			
3	erläutert anhand geeigneter ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beurteilt, ob bei ...	8			
2	analysiert, welche Eigenschaften ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	14			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Chemie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Polymere in Kontaktlinsen

1. Geben Sie die Strukturformel des Monomers zur Synthese von Polymer A an. Erläutern Sie unter Angabe der Reaktionsgleichungen und des Reaktionstyps den Reaktionsmechanismus für die Bildung von Polymer B. *(14 Punkte)*
2. Erklären Sie die unterschiedliche Wasseraufnahme der Polymere A und B anhand ihrer Molekülstruktur und begründen Sie die geringere Härte des Polymers B nach der Wasseraufnahme. *(16 Punkte)*
3. Erläutern Sie die Bildung von Polymer C und erklären Sie unter Angabe eines Strukturformelausschnittes die Ausbildung von Vernetzungen zwischen den Molekülketten. Erklären Sie die Entstehung einer sauren Lösung beim Einlegen von Polymer C in Wasser. *(16 Punkte)*
4. Stellen Sie die Strukturformel des Aminosäure-Sequenzabschnittes von Lysozym dar. Erklären Sie, warum der angegebene Aminosäure-Sequenzabschnitt von Lysozym in der Tränenflüssigkeit positiv geladen ist und an welcher der drei Polymeroberflächen Lysozym mit dem vorgegebenen Aminosäure-Sequenzabschnitt am stärksten haftet. Diskutieren Sie die Eignung der drei Polymere zur Herstellung von Kontaktlinsen unter Berücksichtigung der genannten Materialanforderungen. *(20 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



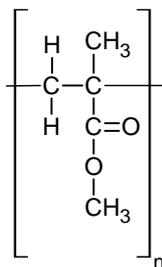
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

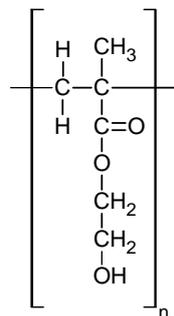
An den Werkstoff zur Herstellung von Kontaktlinsen werden neben den guten optischen Eigenschaften zusätzlich die folgenden Materialanforderungen gestellt:

- möglichst weiches Material für ein angenehmes Tragegefühl
- möglichst hoher Wassergehalt, um die Befeuchtung des Auges durch die Tränenflüssigkeit sicherzustellen
- möglichst geringe Formveränderungen bei Wasseraufnahme und Wasserabgabe
- gute Durchlässigkeit von Sauerstoff zur Versorgung des Auges
- möglichst geringer Einfluss auf den pH-Wert der Tränenflüssigkeit (durch die Produktion von Tränenflüssigkeit können kleine pH-Wert-Änderungen ausreichend reguliert werden)
- möglichst schwache Haftung von Bestandteilen der Tränenflüssigkeit auf der Linsenoberfläche

Zur **Herstellung von Kontaktlinsen** kommen neben anderen Werkstoffen die zwei folgenden, in Strukturausschnitten dargestellten Polymere A und B besonders wegen ihrer guten optischen Eigenschaften in Frage:



Polymer A



Polymer B

Synthese der Polymere

Die Synthesen der beiden genannten Polymere A und B und eines weiteren Polymers C erfolgen auf die gleiche Art, unterscheiden sich aber in den eingesetzten Monomeren. Zu Beginn der Reaktion wird zu dem Monomer bzw. den Monomeren Azo-bis-(isobutyronitril) gegeben. Das Reaktionsgemisch wird anschließend erwärmt. Nach Reaktionsstart wird das Reaktionsprodukt in eine Schale gegossen, in der die Reaktion weiterläuft.

Für die Synthese der Polymere B und C werden die folgenden Monomere eingesetzt:

Polymer B: Hydroxyethylmethacrylat (HEMA)

Polymer C: HEMA und Methacrylsäure. Im Reaktionsgemisch dieser beiden Monomere ist der Stoffmengenanteil an HEMA deutlich höher als der an Methacrylsäure. Unter geeigneten Bedingungen bilden sich zwischen den Molekülketten Vernetzungen aus.

Die fertigen Polymere werden durch Schleifen zu Kontaktlinsen gleicher Form verarbeitet. Die Materialeigenschaften werden später an den geschliffenen Linsen untersucht.



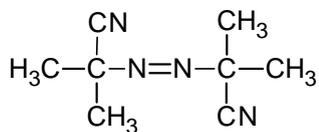
Name: _____

Zusatzinformationen:

Strukturformeln

<p>Hydroxyethylmethacrylat (HEMA)</p> $ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array} $	<p>Methacrylsäure</p> $ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{OH} \end{array} $	
<p>Alanin (Ala)</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	<p>Cystein (Cys)</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array} $	<p>Lysin (Lys)</p> $ \begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} $

Azo-bis-(isobutyronitril)



Ein Azo-bis-(isobutyronitril)-Molekül zerfällt bei Erwärmung in ein Stickstoff-Molekül und zwei Radikale.

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2013**
Chemie, Leistungskurs**1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹**Polymere in Kontaktlinsen**

1. Geben Sie die Strukturformel des Monomers zur Synthese von Polymer A an. Erläutern Sie unter Angabe der Reaktionsgleichungen und des Reaktionstyps den Reaktionsmechanismus für die Bildung von Polymer B. (14 Punkte)
2. Erklären Sie die unterschiedliche Wasseraufnahme der Polymere A und B anhand ihrer Molekülstruktur und begründen Sie die geringere Härte des Polymers B nach der Wasseraufnahme. (16 Punkte)
3. Erläutern Sie die Bildung von Polymer C und erklären Sie unter Angabe eines Strukturformelausschnittes die Ausbildung von Vernetzungen zwischen den Molekülketten. Erklären Sie die Entstehung einer sauren Lösung beim Einlegen von Polymer C in Wasser. (16 Punkte)
4. Stellen Sie die Strukturformel des Aminosäure-Sequenzabschnittes von Lysozym dar. Erklären Sie, warum der angegebene Aminosäure-Sequenzabschnitt von Lysozym in der Tränenflüssigkeit positiv geladen ist und an welcher der drei Polymeroberflächen Lysozym mit dem vorgegebenen Aminosäure-Sequenzabschnitt am stärksten haftet. Diskutieren Sie die Eignung der drei Polymere zur Herstellung von Kontaktlinsen unter Berücksichtigung der genannten Materialanforderungen. (20 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Müller-Treiber, A.: Kontaktlinsen – Materialien, Hygiene, Pflegemittel, Konradin Verlag, Leinfelden-Echterdingen 2007
- Gimpl, G.: Biochemisches Praktikum für Fortgeschrittene (F1) – Praktikumsvorschrift 2012, www.bio.chemie.uni-mainz.de/Dateien/Skript_F1_GG_Woche_4.pdf (Zugriff 02.03.2012)
- Bruice, P. Y.: Organische Chemie, 5. Aufl., Pearson-Spektrum, München 2007, S. 1175

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Theoriekonzept: Makromoleküle Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polymerisate durch radikalische Polymerisation; Polyester; Polyamide; Proteine; Polyurethane)</p> <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt
--

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Strukturformel des Monomers zur Synthese von Polymer A an, z. B.: $ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	2
2a	erläutert unter Angabe der Reaktionsgleichungen und des Reaktionstyps den Reaktionsmechanismus für die Bildung von Polymer B, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung von Startradikalen: Bildung von zwei Startradikalen aus einem Azo-bis-(isobutyronitril)-Molekül unter Bildung eines Stickstoff-Moleküls, • Kettenstart: Reaktion des Startradikals mit einem HEMA-Molekül, • Kettenwachstum: Reaktion des gebildeten Radikals mit einem weiteren HEMA-Molekül, • Kettenabbruch: Reaktion zweier Radikale zu einem Molekül, das kein Radikal ist. 	4

2b	<p>erläutert unter Angabe der Reaktionsgleichungen und des Reaktionstyps den Reaktionsmechanismus für die Bildung von Polymer B, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung von Startradikalen: $\begin{array}{c} \text{CN} \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{N}=\text{N}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{CN} \end{array} \longrightarrow 2 \begin{array}{c} \text{CN} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}\cdot \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{N}\equiv\text{N}$ • Kettenstart: $\begin{array}{c} \text{CN} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}\cdot \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{C}=\text{C} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CN} \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\cdot \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \end{array}$ • Kettenwachstum: $\begin{array}{c} \text{CN} \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\cdot \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \end{array} + \text{H}_2\text{C}=\text{C} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CN} \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\cdot \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{C}=\text{O} \quad \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \quad \quad \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array}$ • Kettenabbruch: $\begin{array}{c} \text{CN} \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\cdot \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{C}=\text{O} \quad \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{CN} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}\cdot \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CN} \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{CN} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{C}=\text{O} \quad \quad \text{C}=\text{O} \quad \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \quad \quad \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array}$ • Reaktionstyp: radikalische Polymerisation 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt die unterschiedliche Wasseraufnahme der Polymere A und B anhand ihrer Molekülstruktur, indem er z. B. darauf eingeht, dass Polymer B aufgrund der Hydroxygruppen in den Seitenketten hydrophiler bzw. polarer ist als Polymer A und daher Polymer B im Unterschied zu Polymer A über die Hydroxygruppen Wasser-Moleküle durch Wasserstoffbrückenbindungen binden kann.	8

2	begründet die geringere Härte des Polymers B nach der Wasseraufnahme, indem er z. B. darauf eingeht, dass sich im Polymer B Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Hydroxygruppen des Polymers und Wasser-Molekülen ausbilden und damit die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den benachbarten Polymerketten im Polymer B geschwächt werden. Aufgrund der geringeren zwischenmolekularen Wechselwirkung sind die Polymerketten in Polymer B nach der Wasseraufnahme besser gegeneinander verschiebbar.	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Bildung von Polymer C, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildung von Copolymer-Molekülen durch Polymerisation der Monomere HEMA und Methacrylsäure. • Die gebildeten Makromolekülketten enthalten mehr HEMA-Einheiten als Methacrylsäure-Einheiten. 	3
2a	<p>erklärt unter Angabe eines Strukturformelausschnittes die Ausbildung von Vernetzungen zwischen den Molekülketten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In den Seitenketten der Copolymer-Moleküle liegen Carboxygruppen und Hydroxygruppen vor. • Die Verknüpfung von Copolymer-Molekülen erfolgt durch Esterbildung zwischen den Carboxy- und Hydroxygruppen der Seitenketten gegenüberliegender Makromoleküle. • Es treten nicht zwischen allen Carboxygruppen und Hydroxygruppen Vernetzungen auf, sodass noch freie Carboxygruppen und Hydroxygruppen im Polymer C vorliegen. 	5
2b	<p>erklärt unter Angabe eines Strukturformelausschnittes die Ausbildung von Vernetzungen zwischen den Molekülketten, z. B.:</p> $ \begin{array}{cccc} \text{CH}_3 & \text{CH}_3 & \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \\ & & & \\ \text{---CH}_2\text{---C---CH}_2\text{---C---CH}_2\text{---C---CH}_2\text{---C---CH}_2\text{---} \\ & & & \\ \text{C=O} & \text{C=O} & \text{C=O} & \text{C=O} \\ & & & \\ \text{O} & \text{O} & \text{O} & \text{OH} \\ & & & \\ \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \\ & & & \\ \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \\ & & & \\ \text{OH} & \text{O} & \text{OH} & \\ & & & \\ & \text{C=O} & & \\ & & & \\ & \text{---CH}_2\text{---C---} & & \\ & & & \\ & \text{CH}_3 & & \end{array} $	6
3	erklärt die Entstehung einer sauren Lösung beim Einlegen von Polymer C in Wasser, indem er z. B. darauf eingeht, dass im Polymer C unveresterte Carboxygruppen vorliegen, die Protonen abspalten können.	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>stellt die Strukturformel des Aminosäure-Sequenzabschnittes von Lysozym dar, z. B.:</p> $\begin{array}{cccccccc} \text{H} & \text{H} & \text{O} & & \text{H} & \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{H} & \text{O} \\ & & & & & & & & & & & & \\ \cdots - \text{N} - \text{C} - \text{C} - \cdots & \cdots \\ & & & & & & & & & & & & & \\ \text{CH}_2 & & & & \text{CH}_2 & \text{H}_3\text{C} & & & (\text{CH}_2)_3 & & \text{CH}_2 & & & \\ & & & & & & & & & & & & & \\ \text{S} & \cdots & \cdots & \cdots & \text{S} & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & \text{NH}_2 & & & \end{array}$	6
2	<p>erklärt, warum der angegebene Aminosäure-Sequenzabschnitt von Lysozym in der Tränenflüssigkeit positiv geladen ist und an welcher der drei Polymeroberflächen Lysozym mit dem vorgegebenen Aminosäure-Sequenzabschnitt am stärksten haftet, indem er z. B. auf folgende Aspekte eingeht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die $-\text{NH}_2$-Gruppe in der Lysin-Seitenkette reagiert basisch, sodass die Gruppe nach Aufnahme eines Protons von einem Wasser-Molekül positiv geladen ist. • Da die Seitenketten des Alanins und Cysteins weder sauer noch basisch reagieren, ist der gesamte Strukturformelausschnitt positiv geladen. • Lysozym haftet mit dem positiv geladenen Aminosäure-Sequenzabschnitt am stärksten an Polymer C, da der positiv geladene Aminosäure-Sequenzabschnitt zu den in wässriger Lösung vorliegenden Carboxylatgruppen des Polymers C eine starke ionische Wechselwirkung ausbilden kann. <p>(Hinweis: Erklärt der Prüfling, dass Lysozym am stärksten an Polymer B haftet und begründet die Entscheidung mit der Polarität des Polymers, so ist für diesen Teil der Aufgabe die Hälfte der vorgesehenen vier Punkte zu vergeben.)</p>	8
3	<p>diskutiert die Eignung der drei Polymere zur Herstellung von Kontaktlinsen unter Berücksichtigung der genannten Materialanforderungen.</p> <p>(Hinweis: Es handelt sich hierbei um eine offene Aufgabenstellung, bei der der Prüfling zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann. Die Diskussion muss schlüssig auf Basis der Eigenschaften der drei Polymere und der genannten Anforderungen an das Kontaktlinsenmaterial erfolgen.</p> <p>Polymer C ist aufgrund seiner hohen Wasseraufnahmefähigkeit, Weichheit, geringen Formveränderung bei Wasseraufnahme und hohen Sauerstoffdurchlässigkeit nach dem Einlegen in heißes Wasser trotz der Acidität und der Anfälligkeit für Lysozym-Anhaftungen ebenfalls sehr gut als Kontaktlinsenmaterial geeignet. Die sich bildende saure Lösung wird durch die Tränenflüssigkeit abgepuffert, sodass keine physiologischen Probleme zu erwarten sind. Wird Polymer C aufgrund seiner Acidität jedoch als ungeeignet ausgewiesen, so ist dies im Rahmen der Materialvorgabe auch als richtig zu bewerten.)</p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	gibt die Strukturformel ...	2			
2a	erläutert unter Angabe ...	4			
2b	erläutert unter Angabe ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		14			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt die unterschiedliche ...	8			
2	begründet die geringere ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		16			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Bildung ...	3			
2a	erklärt unter Angabe ...	5			
2b	erklärt unter Angabe ...	6			
3	erklärt die Entstehung ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt die Strukturformel ...	6			
2	erklärt, warum der ...	8			
3	diskutiert die Eignung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 4. Teilaufgabe	20			
	Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	führt seine Gedanken ...	5			
2	strukturiert seine Darstellung ...	4			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

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

Unterschrift, Datum

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0