



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Isomere Pentanole – Eigenschaften, Synthese und Verwendung

1. Erklären Sie am Beispiel von Pentan-1-ol und 3-Methylbutan-1-ol den Begriff der Isomerie. Erklären Sie die unterschiedlichen Siedetemperaturen dieser beiden Pentanole und die unterschiedlichen Siedetemperaturen von Pentan-1-ol und Pentan. Begründen Sie, weshalb sich Pentan-1-ol im Gegensatz zu Ethanol nur wenig in Wasser löst.
(18 Punkte)
2. Bestätigen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, dass bei der Gewinnung von 3-Methylbutan-1-ol aus 3-Methylbutanal eine Redoxreaktion abläuft. Begründen Sie, warum man 2-Methylbutan-2-ol nicht durch katalytische Hydrierung einer Carbonylverbindung gewinnen kann. Entwickeln Sie unter Angabe des Reaktionstyps die Reaktionsgleichung und die charakteristischen Reaktionsschritte für die Synthese von 2-Methylbutan-2-ol aus 2-Chlor-2-methylbutan.
(24 Punkte)
3. Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Synthese von Ethansäureisopentylester aus 3-Methylbutan-1-ol und Ethansäure an. Erläutern Sie für diese Reaktion, warum man keine 100%ige Ausbeute erhält. Erläutern Sie konkrete Maßnahmen zur Erhöhung der Ausbeute bzw. zur Optimierung der vorliegenden Synthese unter wirtschaftlichen Aspekten.
(18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Bei der alkoholischen Gärung zuckerhaltiger Flüssigkeiten entstehen neben Ethanol auch Methanol und kleine Mengen unterschiedlicher höher siedender Produkte, die als Fuselöle bezeichnet werden. Den Hauptbestandteil der Fuselöle bilden isomere Pentanole, u. a. 3-Methylbutan-1-ol (Isopentanol). Die Pentanole dienen z. B. als Ausgangsstoffe für die Herstellung wichtiger Ester. Synthetisch können Pentanole in folgender Weise hergestellt werden:

Ein Syntheseweg zur Gewinnung von Pentanolisomeren ist die Hydrierung der entsprechenden isomeren Pentanale (Aldehyde) oder Pentanone (Ketone). Dazu werden diese Carbonylverbindungen mithilfe spezieller Katalysatoren unter erhöhtem Druck mit elementarem Wasserstoff zur Reaktion gebracht. So wird z. B. 3-Methylbutan-1-ol durch eine Hydrierung aus 3-Methylbutanal hergestellt.

Bei einem anderen Syntheseverfahren dienen die entsprechenden isomeren Halogenpentane als Edukte. 2-Methylbutan-2-ol kann hergestellt werden, indem man 2-Chlor-2-methylbutan mit einem Überschuss an Natronlauge versetzt.

Unter den vielen Estern, die aus Pentanolisomeren gewonnen werden können, ist Ethansäureisopentylester (Isopentylacetat) besonders bedeutsam. Er wird u. a. als Lösemittel verwendet und verleiht Schuhcreme einen angenehmen Geruch. Ethansäureisopentylester kann aus Ethansäure (Essigsäure) und 3-Methylbutan-1-ol hergestellt werden, indem man beide Edukte vermischt, eine starke Säure als Katalysator hinzugibt und das Gemisch erhitzt. Man erhält bei der Synthese keine 100%ige Ausbeute. Die Ausbeute bzw. der wirtschaftliche Ertrag kann durch geeignete Maßnahmen optimiert werden.



Name: _____

Zusatzinformationen:

Wasserlöslichkeit (bei 20 °C):

Pentan-1-ol: 22 g/L

Ethanol: unbegrenzt

Ausbeute:

Die Ausbeute ist der Quotient aus der Stoffmenge an real gewonnenem Produkt und der theoretisch maximal möglichen Stoffmenge an Produkt. Sie wird in der Regel in Prozent ausgedrückt.

Schwefelsäure:

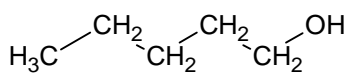
Schwefelsäure ist eine starke Säure mit hygroskopischer (d. h. wasserbindender) Wirkung.
Siedetemperatur : $t_b \approx 335 \text{ °C}$.

Chemikalienpreise (Februar 2014):

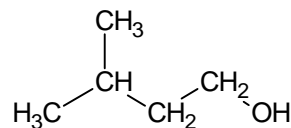
3-Methylbutan-1-ol: 1 Liter (0,813 kg) kostet derzeit ca. 39 €

Essigsäure: 1 Liter (1,05 kg) kostet derzeit ca. 12 €

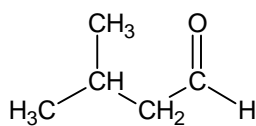
Substanz	Siedetemperatur (°C)
Pentan-1-ol	138
3-Methylbutan-1-ol (Isopentanol)	131
Pentan	36
Ethansäure (Essigsäure)	118
Ethansäureisopentylester (Isopentylacetat)	142



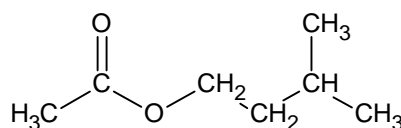
Pentan-1-ol



3-Methylbutan-1-ol



3-Methylbutanal



Ethansäureisopentylester

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Isomere Pentanole – Eigenschaften, Synthese und Verwendung

1. Erklären Sie am Beispiel von Pentan-1-ol und 3-Methylbutan-1-ol den Begriff der Isomerie. Erklären Sie die unterschiedlichen Siedetemperaturen dieser beiden Pentanole und die unterschiedlichen Siedetemperaturen von Pentan-1-ol und Pentan. Begründen Sie, weshalb sich Pentan-1-ol im Gegensatz zu Ethanol nur wenig in Wasser löst.
(18 Punkte)
2. Bestätigen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, dass bei der Gewinnung von 3-Methylbutan-1-ol aus 3-Methylbutanal eine Redoxreaktion abläuft. Begründen Sie, warum man 2-Methylbutan-2-ol nicht durch katalytische Hydrierung einer Carbonylverbindung gewinnen kann. Entwickeln Sie unter Angabe des Reaktionstyps die Reaktionsgleichung und die charakteristischen Reaktionsschritte für die Synthese von 2-Methylbutan-2-ol aus 2-Chlor-2-methylbutan.
(24 Punkte)
3. Geben Sie eine Reaktionsgleichung für die Synthese von Ethansäureisopentylester aus 3-Methylbutan-1-ol und Ethansäure an. Erläutern Sie für diese Reaktion, warum man keine 100%ige Ausbeute erhält. Erläutern Sie konkrete Maßnahmen zur Erhöhung der Ausbeute bzw. zur Optimierung der vorliegenden Synthese unter wirtschaftlichen Aspekten.
(18 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Breitmaier, E.; Jung, G.: Organische Chemie, 5. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2005
- Fieser, F. F.; Fieser, M.: Organische Chemie, 2. Aufl., Verlag Chemie, Weinheim 1972
- Glöckner, W. (Hrsg.): Handbuch der experimentellen Chemie, Sekundarbereich II, Bd. 10, Aulis Verlag Deubner, Köln 2008
- <http://www.process.vogel.de/index.cfm?pid=2995&title=Birnenether> (Zugriff 10.03.2014)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

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
- Stoffklassen: Alkane, Alkene, Halogenalkane, Alkanole, Alkanale/Alkanone, Carbonsäuren, Ester
- Einfluss der Molekülstrukturen auf das Reaktionsverhalten

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- 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	erklärt am Beispiel von Pentan-1-ol und 3-Methylbutan-1-ol den Begriff der Isomerie, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die beiden Pentanole besitzen dieselbe Summenformel, aber unterschiedliche Strukturformeln. 	2
2a	erklärt die unterschiedlichen Siedetemperaturen dieser beiden Pentanole und die unterschiedlichen Siedetemperaturen von Pentan-1-ol und Pentan, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei beiden Pentanolen können aufgrund der Hydroxygruppen intermolekulare Wasserstoffbrückenbindungen ausgebildet werden. Diese starken Anziehungskräfte müssen beim Sieden zusätzlich zu den schwächeren Van-der-Waals-Kräften überwunden werden. • Die Stärke der Van-der-Waals-Kräfte hängt von der molaren Masse und der Moleküloberfläche von 3-Methylbutan-1-ol bzw. Pentan-1-ol ab. Die Ausbildung von Van-der-Waals-Kräften ist bei den verzweigten 3-Methylbutan-1-ol-Molekülen weniger günstig als bei den kettenförmigen Pentan-1-ol-Molekülen, daher ist die Siedetemperatur von 3-Methylbutan-1-ol niedriger als die von Pentan-1-ol. 	8

2b	<p>erklärt die unterschiedlichen Siedetemperaturen dieser beiden Pentanole und die unterschiedliche Siedetemperatur von Pentan-1-ol und Pentan, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pentan ist ein unpolares Alkan. Es treten keine Wasserstoffbrückenbindungen auf, sondern ausschließlich die schwächeren Van-der-Waals-Kräfte. • Die Siedetemperatur ist daher deutlich niedriger als die von Pentan-1-ol. 	4
3	<p>begründet, weshalb sich Pentan-1-ol im Gegensatz zu Ethanol nur wenig in Wasser löst, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pentan-1-ol-Moleküle können wegen der polaren Hydroxygruppe, genau wie Ethanol-Moleküle, Wasserstoffbrückenbindungen zu den polaren Wasser-Molekülen ausbilden. • Die unpolare Alkylgruppe ist bei Pentan-1-ol-Molekülen jedoch länger als bei Ethanol-Molekülen, sodass die Löslichkeit von Pentan-1-ol geringer ist. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>bestätigt mithilfe von Oxidationszahlen, dass bei der Gewinnung von 3-Methylbutan-1-ol aus 3-Methylbutanal eine Redoxreaktion abläuft, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Oxidationszahl des C₁-Atoms sinkt von +I bei 3-Methylbutanal auf –I bei 3-Methylbutan-1-ol, es findet eine Reduktion statt. • Die Oxidationszahl der Wasserstoff-Atome steigt von 0 im elementaren Wasserstoff auf +I im 3-Methylbutan-1-ol, hier liegt eine Oxidation vor. • Insgesamt handelt es sich um eine Redoxreaktion. 	6
2	<p>begründet, warum man 2-Methylbutan-2-ol nicht durch katalytische Hydrierung einer Carbonylverbindung gewinnen kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2-Methylbutan-2-ol kann nicht durch eine Hydrierung gewonnen werden, da es sich um einen tertiären Alkohol handelt. • Denn durch Hydrierung werden Aldehyde zu primären Alkoholen und Ketone zu sekundären Alkoholen reduziert. <p><i>(Alternativ: Bei der Hydrierung von Carbonylverbindungen handelt es sich um die Umkehrung der Oxidation von Alkoholen. Tertiäre Alkohole können nicht ohne Zerstörung des Kohlenstoffgerüsts oxidiert werden, daher ist auch keine Gewinnung durch Reduktion möglich.)</i></p>	6
3a	<p>entwickelt unter Angabe des Reaktionstyps die Reaktionsgleichung und die charakteristischen Reaktionsschritte für die Synthese von 2-Methylbutan-2-ol aus 2-Chlor-2-methylbutan, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsgleichung: $(\text{CH}_3)_2\text{CClCH}_2\text{CH}_3 + \text{OH}^- \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{COHCH}_2\text{CH}_3 + \text{Cl}^-$ • Reaktionstyp: nucleophile Substitution 	6

3b	<p>entwickelt unter Angabe des Reaktionstyps die Reaktionsgleichung und die charakteristischen Reaktionsschritte für die Synthese von 2-Methylbutan-2-ol aus 2-Chlor-2-methylbutan, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das partiell negativ geladene Chlor-Atom wird als Chlorid-Ion abgespalten. • Das entstehende tertiäre Carbenium-Ion wird durch die positiven induktiven Effekte der drei Alkylgruppen stabilisiert. • Durch nucleophilen Angriff eines Hydroxid-Ions an das Carbenium-Ion entsteht 2-Methylbutan-2-ol. <p>(Hinweis: Die alternative Darstellung der Reaktionsschritte nach dem hier nicht zutreffenden S_N2-Mechanismus unter Bildung eines Übergangszustandes mit Rückseitenangriff kann ebenfalls mit der vollen Punktzahl bewertet werden.)</p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>gibt eine Reaktionsgleichung für die Synthese von Ethansäureisopentylester aus 3-Methylbutan-1-ol und Ethansäure an, z. B.:</p> $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow{(\text{H}^+)} \text{H}_2\text{O} + (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OOCCH}_3$	4
2	<p>erläutert für diese Reaktion, warum man keine 100%ige Ausbeute erhält, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es handelt sich um eine Veresterung, eine unvollständig ablaufende Reaktion. • Im geschlossenen System stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, in dem sowohl Produkte als auch Edukte vorliegen. 	4
3a	<p>erläutert konkrete Maßnahmen zur Erhöhung der Ausbeute bzw. zur Optimierung der vorliegenden Synthese unter wirtschaftlichen Aspekten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Gleichgewichtsreaktionen kann die Ausbeute grundsätzlich erhöht werden, indem ein Produkt aus dem Reaktionsansatz entfernt und so die Hinreaktion zur Produktseite begünstigt wird (Prinzip von Le Chatelier). • Das Produkt Wasser könnte aufgrund der Siedetemperatur von 100 °C abdestilliert werden oder durch die Zugabe eines wasserentziehenden Stoffes, z. B. Schwefelsäure als Katalysator, aus dem Gleichgewicht gezogen und so die Ausbeute erhöht werden. • Ein Abtrennen des Esters durch Destillation ist bei der vorliegenden Synthese aufgrund der hohen Siedetemperatur jedoch nicht möglich: Die Siedetemperatur des Esters liegt mit 142 °C über der der Edukte (118 °C bzw. 131 °C). 	6
3b	<p>erläutert konkrete Maßnahmen zur Erhöhung der Ausbeute bzw. zur Optimierung der vorliegenden Synthese unter wirtschaftlichen Aspekten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unter wirtschaftlichen Aspekten könnte es sinnvoll sein, mit einem Überschuss an einem der Edukte zu arbeiten. • Aufgrund der Preise für die Edukte könnte ein Überschuss an Ethansäure eingesetzt werden, damit der teurere Alkohol möglichst vollständig zu Ester umgesetzt wird. 	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.	4
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.	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	erklärt am Beispiel ...	2			
2a	erklärt die unterschiedlichen ...	8			
2b	erklärt die unterschiedlichen ...	4			
3	begründet, weshalb sich ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		18			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	bestätigt mithilfe von ...	6			
2	begründet, warum man ...	6			
3a	entwickelt unter Angabe ...	6			
3b	entwickelt unter Angabe ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		24			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	gibt eine Reaktionsgleichung ...	4			
2	erläutert für diese ...	4			
3a	erläutert konkrete Maßnahmen ...	6			
3b	erläutert konkrete Maßnahmen ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	18			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsomme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktsomme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktsomme resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu 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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 54
mangelhaft plus	3	53 – 45
mangelhaft	2	44 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Citronensäure in Lebensmitteln und Zahngesundheit

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Titration des Eistees. Berechnen Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung für die bei der Titration ablaufende Reaktion die Konzentration der Citronensäure im untersuchten Eistee unter der vereinfachenden Annahme, dass Citronensäure als einzige Säure vorliegt. Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Herstellerangabe. *(22 Punkte)*
2. Erläutern Sie anhand der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion von Citronensäure mit Wasser für die erste Protolysestufe. Erläutern Sie, welche Auswirkung das Kauen eines citronensäurehaltigen Fruchtgummis auf den pH-Wert des Speichels sowie auf das Hydroxylapatit des Zahnschmelzes hat. *(16 Punkte)*
3. Beurteilen Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen die Wirksamkeit von Zahnpflegekaugummi. Begründen Sie, warum ein geringer pH-Wert der Zahnpasten die Fluorapatitbildung begünstigt. Berechnen Sie die Masse m von Kinderzahnpaste, die ein Kleinkind (Körpergewicht 12 kg) bis zum Erreichen der toxischen Dosis verschlucken kann. *(22 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

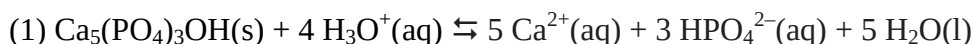
Fachspezifische Vorgaben:

Einige Süßwaren und Getränke wie saure Drops, saure Weingummiprodukte oder Eistee enthalten neben Zucker auch einen hohen Anteil an Citronensäure. Citronensäure ist als Zusatzstoff für Lebensmittel zugelassen. Ein Volumen von $V = 100 \text{ mL}$ eines handelsüblichen Eistees enthält laut Herstellerangaben etwa 250 mg Citronensäure und 8 g Zucker. In einem Versuch wurde der Citronensäuregehalt des Eistees bestimmt.

Versuch:

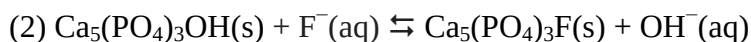
Ein Volumen von $V = 10 \text{ mL}$ Eistee wurde mit destilliertem Wasser auf ca. 100 mL aufgefüllt, mit Phenolphthalein als Indikator versetzt und mit Natronlauge ($c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$) bis zum Farbumschlag titriert. Es wurden $V(\text{NaOH}) = 3,5 \text{ mL}$ Natronlauge verbraucht.

Zucker- und citronensäurehaltige Getränke können die Bildung von Karies fördern. Zahnschmelz besteht weitgehend aus Hydroxylapatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, der härtesten Substanz unseres Körpers, die aber durch Säuren angegriffen werden kann. Bei pH-Werten des Speichels von $\text{pH} < 5,5$ kann Zahnschmelz angelöst werden, wobei Calcium- und Hydrogenphosphat-Ionen in Lösung gehen:



Durch Bakterien, die sich auf den Zähnen im Zahnbelag (Plaque) befinden, werden Kohlenhydrate u. a. zu Milchsäure abgebaut. Somit kann der Zahnschmelz über einen längeren Zeitraum der Säureeinwirkung ausgesetzt sein, was zu Karies führen kann. Wenn keine Möglichkeit zum Zähneputzen besteht, können Zahnpflegekaugummis benutzt werden, die u. a. Calciumcarbonat (CaCO_3) enthalten können.

Zur Härtung von Zahnschmelz enthalten viele Zahnpasten Fluorid-Ionen. Die Fluorid-Ionen können in den Zahnschmelz eingebaut werden. Es entsteht Fluorapatit, das wesentlich beständiger gegenüber Säuren ist.



Viele Fluorid-Ionen-haltige Zahnpasten haben einen pH-Wert kleiner als 7, die Fluorapatitbildung kann dadurch begünstigt werden.

Tabelle 1: Fluoridgehalt einiger Kariesprophylaxeprodukte

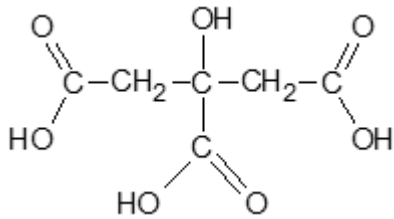
Prophylaxeprodukt	Fluoridanteil (in Massenprozent)
Zahnpasta	max. 0,15 %
Kinderzahnpasta	max. 0,05 %
Fluoridsalz	0,025 %



Name: _____

Zusatzinformationen:

Strukturformel der Citronensäure:



Bei der Bearbeitung der vorliegenden Aufgabe kann für Citronensäure die vereinfachte Formel H_3Cit benutzt werden.

$$M(H_3Cit) = 192,13 \text{ g/mol}$$

Die toxische Dosis an Fluorid-Ionen beträgt etwa 5 mg/kg Körpergewicht.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Citronensäure in Lebensmitteln und Zahngesundheit

1. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Titration des Eistees. Berechnen Sie unter Angabe einer Reaktionsgleichung für die bei der Titration ablaufende Reaktion die Konzentration der Citronensäure im untersuchten Eistee unter der vereinfachenden Annahme, dass Citronensäure als einzige Säure vorliegt. Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Herstellerangabe. (22 Punkte)
2. Erläutern Sie anhand der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion von Citronensäure mit Wasser für die erste Protolysestufe. Erläutern Sie, welche Auswirkung das Kauen eines citronensäurehaltigen Fruchtgummis auf den pH-Wert des Speichels sowie auf das Hydroxylapatit des Zahnschmelzes hat. (16 Punkte)
3. Beurteilen Sie unter Angabe von Reaktionsgleichungen die Wirksamkeit von Zahnpflegekaugummis. Begründen Sie, warum ein geringer pH-Wert der Zahnpasten die Fluorapatitbildung begünstigt. Berechnen Sie die Masse m von Kinderzahnpaste, die ein Kleinkind (Körpergewicht 12 kg) bis zum Erreichen der toxischen Dosis verschlucken kann. (22 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Brown, T. L.; LeMay, H. E.; Bursten, B. E.: Chemie Studieren kompakt, 10. Aufl., Pearson Deutschland GmbH, München 2011
- Meyer-Lückel, H.; Paris, S.; Ekstrand, K. R.: Karies, 1. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2012
- Schmuck, C.; Engels, B.; Schimeister, T.; Fink, R.: Chemie für Mediziner, 1. Aufl., Pearson Studium, München 2008
- Roulet, J. F.; Zimmer, S.: Prophylaxe und Präventivzahnmedizin, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2002

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protolysen als Gleichgewichtsreaktionen: Säure-Base-Begriff nach Brönsted, Autoprotolyse des Wassers, pH-, p<i>K</i>_s-Wert • Einfache Titrations mit Endpunktbestimmungen <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt
--

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- 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	skizziert einen beschrifteten Versuchsaufbau zur Titration des Eistees. (<i>Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Vorlage und Bürette mit eingefüllten Flüssigkeiten darstellt und beschriftet.</i>)	8
2	berechnet unter Angabe einer Reaktionsgleichung für die bei der Titration ablaufende Reaktion die Konzentration der Citronensäure im untersuchten Eistee, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • $\text{H}_3\text{Cit} + 3 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{Cit} + 3 \text{H}_2\text{O}$ • $n(\text{H}_3\text{Cit}) : n(\text{NaOH}) = 1 : 3$ • $n(\text{H}_3\text{Cit}) = 1/3 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 1/3 \cdot 0,1 \text{ mol/L} \cdot 3,5 \text{ mL} = 0,117 \text{ mmol}$ • $c(\text{H}_3\text{Cit}) = n(\text{H}_3\text{Cit}) : V(\text{H}_3\text{Cit}) = 0,117 \text{ mmol} : 10 \text{ mL} = 0,0117 \text{ mol/L}$ 	8
3	vergleicht das Ergebnis mit der Herstellerangabe, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Masse von Citronensäure in 1 L Eistee: $m(\text{H}_3\text{Cit}) = n(\text{H}_3\text{Cit}) \cdot M(\text{H}_3\text{Cit}) = 0,0117 \text{ mol} \cdot 192,13 \text{ g/mol} = 2,242 \text{ g}$ • Das ermittelte Ergebnis liegt etwas unterhalb des vom Hersteller angegebenen Wertes von 250 mg/100 mL bzw. 2,5 g/L. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert anhand der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion von Citronensäure mit Wasser für die erste Protolysestufe, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\text{H}_3\text{Cit} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{Cit}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ • Citronensäure-Moleküle: Säure (Protonendonator), Dihydrogencitrat-Ionen: korrespondierende Base, • Wasser-Moleküle: Base (Protonenakzeptor), Oxonium-Ionen: korrespondierende Säure. <p><i>(Hinweis: Die Bezeichnung „Dihydrogencitrat-Ionen“ wird nicht erwartet.)</i></p>	6
2a	<p>erläutert, welche Auswirkung das Kauen eines citronensäurehaltigen Fruchtgummis auf den pH-Wert des Speichels hat, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch das Kauen eines citronensäurehaltigen Fruchtgummis wird Citronensäure im Speichel gelöst, die teilweise unter Bildung von Oxonium-Ionen protolysiert. • Die Konzentration an Oxonium-Ionen im Speichel steigt an, der pH-Wert des Speichels sinkt. 	4
2b	<p>erläutert, welche Auswirkung das Kauen eines citronensäurehaltigen Fruchtgummis auf das Hydroxylapatit des Zahnschmelzes hat, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch die erhöhte Konzentration an Oxonium-Ionen im Speichel wird in der angegebenen Gleichgewichtsreaktion zwischen gelösten und gebundenen Calcium-Ionen die Hinreaktion bevorzugt. • Das Hydroxylapatit löst sich auf und es werden hydratisierte Calcium-Ionen und Hydrogenphosphat-Ionen sowie Wassermoleküle freigesetzt. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	beurteilt unter Angabe von Reaktionsgleichungen die Wirksamkeit von Zahnpflegekaugummi, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Zahnpflegekaugummi enthalten Calciumcarbonat. Die Carbonat-Ionen reagieren mit Oxonium-Ionen zu Kohlensäure, wobei Calcium-Ionen in Lösung gehen. • Die Verminderung der Konzentration von Oxonium-Ionen führt zu einer geringeren bzw. keiner Demineralisation des Zahnschmelzes. • $\text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{CO}_3$ 	8
1b	beurteilt unter Angabe von Reaktionsgleichungen die Wirksamkeit von Zahnpflegekaugummi, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Zufuhr von Calcium-Ionen begünstigt in der Gleichgewichtsreaktion die Bildung des Hydroxylapatits, d. h. die Rückreaktion. • Die Entfernung der Oxonium-Ionen aus diesem Gleichgewicht begünstigt ebenfalls die Rückreaktion, sodass Hydroxylapatit in wachsendem Maße gebildet wird und Zahnpflegekaugummi durchaus der Entstehung von Karies entgegenwirken können. 	4
2	begründet, warum ein geringer pH-Wert der Zahnpasten die Fluorapatitbildung begünstigt. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling beispielsweise ausführt, dass im angegebenen Gleichgewicht Hydroxid-Ionen entstehen und dass diese mit Oxonium-Ionen zu Wasser reagieren. Durch die Entfernung der Hydroxid-Ionen wird die Bildung von Fluorapatit bevorzugt.)</i>	4
3	berechnet die Masse m von Kinderzahnpaste, die ein Kleinkind (Körpergewicht 12 kg) bis zum Erreichen der toxischen Dosis verschlucken kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Kleinkind darf bis zum Erreichen der toxischen Dosis $12 \cdot 5 \text{ mg} = 60 \text{ mg}$ Fluorid-Ionen zu sich nehmen. • Maximaler Massenanteil an Fluorid-Ionen in Kinderzahnpaste $w = 0,05 \%$ • Das Kleinkind kann $60 \text{ mg} : 50 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g} = 120 \text{ g}$ Kinderzahnpaste verschlucken, bis die toxische Dosis an Fluorid-Ionen erreicht ist. 	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.	4
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. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	skizziert einen beschrifteten ...	8			
2	berechnet unter Angabe ...	8			
3	vergleicht das Ergebnis ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		22			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert anhand der ...	6			
2a	erläutert, welche Auswirkung ...	4			
2b	erläutert, welche Auswirkung ...	6			
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				
1a	beurteilt unter Angabe ...	8			
1b	beurteilt unter Angabe ...	4			
2	begründet, warum ein ...	4			
3	berechnet die Masse ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	22			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsomme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktsomme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktsomme resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu 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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 54
mangelhaft plus	3	53 – 45
mangelhaft	2	44 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Farbnachweise für die Aminosäuren Phenylalanin und Tyrosin

1. Geben Sie die Farbstoffklasse für den bei der Pauly-Reaktion mit Tyrosin gebildeten Farbstoff A anhand von Strukturmerkmalen an. Erläutern Sie die Pauly-Reaktion mit Tyrosin unter Angabe der Reaktionsgleichungen. Begründen Sie die Notwendigkeit der Kühlung bei der Reaktion. *(22 Punkte)*
2. Erklären Sie mithilfe des Absorptionsspektrums den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigeit. Erläutern Sie anhand der Molekülstruktur, warum Farbstoff A farbig ist. Geben Sie eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur zu Farbstoff A an. *(18 Punkte)*
3. Erläutern Sie den schrittweisen Ablauf der Xanthoprotein-Reaktion am Beispiel von Tyrosin. Geben Sie die Strukturformel für den aus Tyrosin entstehenden Farbstoff B begründet an. Erläutern Sie, warum man Versuch 3 zu einer Abschätzung des Tyrosin-Phenylalanin-Verhältnisses im Blutserum nutzen kann. *(20 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

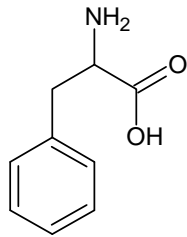
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



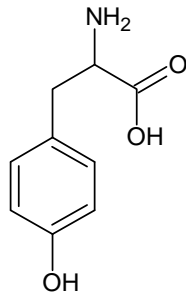
Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

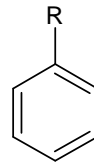
Die Aminosäure Tyrosin ist Ausgangsverbindung für die Bildung einiger Hormone. Sie wird – in Proteinen gebunden – mit der Nahrung aufgenommen. Weiterhin entsteht Tyrosin beim Stoffwechsel im Organismus durch enzymatische Hydroxylierung von Phenylalanin, das ebenfalls mit der Nahrung aufgenommen wird.



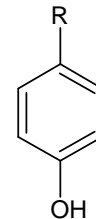
Phenylalanin



Tyrosin



Phenylalanin



Tyrosin

(vereinfachte Darstellung)

Zur Diagnose einer Stoffwechselerkrankung, bei der die Umwandlung von Phenylalanin in Tyrosin gestört ist, muss das Verhältnis von Phenylalanin und Tyrosin im Blutserum überprüft werden.

Zum qualitativen Nachweis und zur Unterscheidung von Tyrosin und Phenylalanin können folgende Farbnachweise herangezogen werden.

Versuch 1: Pauly-Reaktion

Eine Lösung von Sulfanilsäure in verdünnter Salzsäure wird unter Kühlung mit einer Natriumnitrit-Lösung versetzt. Diese Mischung wird zu einer alkalischen, farblosen Tyrosin-Lösung gegeben. Es bildet sich eine intensiv rot gefärbte Lösung (Farbstoff A). Führt man den gleichen Versuch mit Phenylalanin durch, ist keine Färbung zu erkennen.

Versuch 2: Xanthoprotein-Reaktion

Eine Tyrosin-Lösung wird mit konzentrierter Salpetersäure-Lösung versetzt und erhitzt. Es tritt eine intensive Gelbfärbung (Farbstoff B) auf. Gibt man zu einer Phenylalanin-Lösung Salpetersäure und erhitzt, ist ebenfalls eine intensive Gelbfärbung zu erkennen.

Versuch 3:

Die Pauly- und Xanthoprotein-Reaktionen werden mit zwei Lösungen durchgeführt:

- Lösung 1 mit einem hohen Tyrosin- und einem geringen Phenylalanin-Gehalt,
- Lösung 2 mit einem geringen Tyrosin- und einem hohen Phenylalanin-Gehalt.

Die Pauly-Reaktion ergibt mit Lösung 1 eine intensive Rotfärbung, während Lösung 2 sich nur schwach färbt. Die Xanthoprotein-Reaktion ergibt bei beiden Lösungen eine intensive Gelbfärbung.

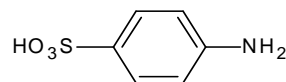


Name: _____

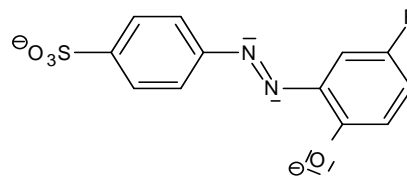
Zusatzinformationen:

Als reaktive Teilchen bei der Xanthoprotein-Reaktion wirken Nitryl-Kationen (NO_2^+), die in Salpetersäure (HNO_3) gebildet werden.

Zur Vereinfachung soll der dirigierende Effekt des organischen Restes (-R) in Tyrosin vernachlässigt werden.

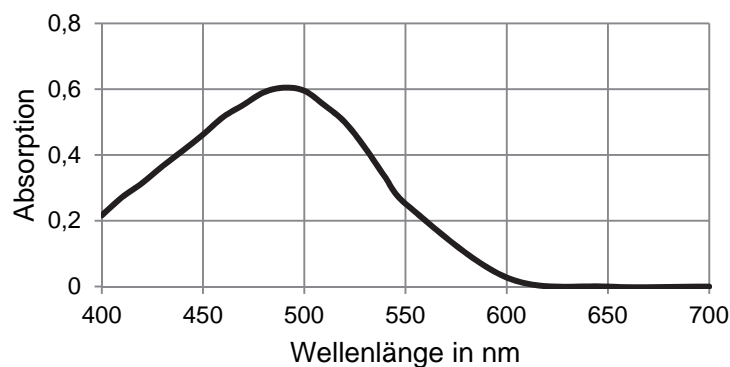


Sulfanilsäure



Farbstoff A
(in alkalischer Lösung)

Spektrum des Farbstoffs A in alkalischer Lösung



Zusammenhang von absorbiertener 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 2015

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Farbnachweise für die Aminosäuren Phenylalanin und Tyrosin

1. Geben Sie die Farbstoffklasse für den bei der Pauly-Reaktion mit Tyrosin gebildeten Farbstoff A anhand von Strukturmerkmalen an. Erläutern Sie die Pauly-Reaktion mit Tyrosin unter Angabe der Reaktionsgleichungen. Begründen Sie die Notwendigkeit der Kühlung bei der Reaktion. (22 Punkte)
2. Erklären Sie mithilfe des Absorptionsspektrums den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigekeit. Erläutern Sie anhand der Molekülstruktur, warum Farbstoff A farbig ist. Geben Sie eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur zu Farbstoff A an. (18 Punkte)
3. Erläutern Sie den schrittweisen Ablauf der Xanthoprotein-Reaktion am Beispiel von Tyrosin. Geben Sie die Strukturformel für den aus Tyrosin entstehenden Farbstoff B begründet an. Erläutern Sie, warum man Versuch 3 zu einer Abschätzung des Tyrosin-Phenylalanin-Verhältnisses im Blutserum nutzen kann. (20 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Eisenbrandt, G.; Schreier, P.: RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie, Thieme-Verlag, Stuttgart 2006, Stichwort: Phenylalanin, Tyrosin
- <http://www.seilnacht.com/Lexikon/xantho.html> (Zugriff 08.05.2014)
- <http://online-media.uni-marburg.de/physiolchem/praktikum/Aminosaeuren.pdf> (Zugriff 08.05.2014)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Theoriekonzept: Das aromatische System

Themenfeld: Farbstoffe und Farbigekeit (Azofarbstoffe, Indigofarbstoffe)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

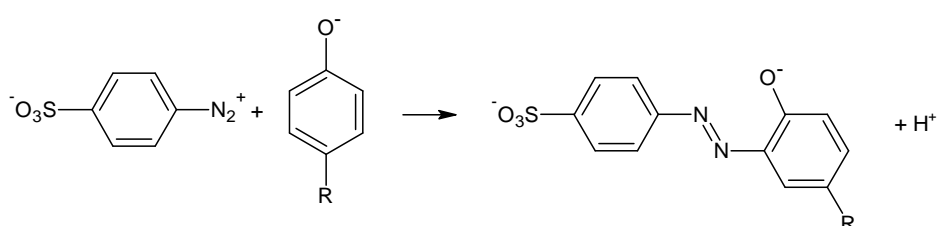
6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

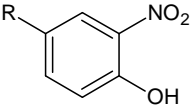
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>gibt die Farbstoffklasse für den bei der Pauly-Reaktion mit Tyrosin gebildeten Farbstoff A anhand von Strukturmerkmalen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Farbstoff A handelt es sich um einen Azofarbstoff. • Azofarbstoffe besitzen als gemeinsames Strukturmerkmal die Azo-Gruppe (-N=N-). 	4
2a	<p>erläutert die Pauly-Reaktion mit Tyrosin unter Angabe der Reaktionsgleichungen, z. B.:</p> <p>1. Schritt: Bildung von Diazonium-Ionen durch Reaktion der salpetrigen Säure mit Sulfanilsäure (Diazotierung):</p> $\text{HO}_3\text{S}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2 + \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ \longrightarrow \text{HO}_3\text{S}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}_2^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$	8

2b	<p>erläutert die Pauly-Reaktion mit Tyrosin unter Angabe der Reaktionsgleichungen, z. B.:</p> <p>2. Schritt: Bildung des Farbstoffes aus dem Diazonium-Ion und Tyrosin als Kuppelungskomponente in alkalischer Lösung (Azokupplung):</p> 	8
3	begründet die Notwendigkeit der Kühlung, um die Zersetzung des Diazonium-Ions zu unterbinden.	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt mithilfe des Absorptionsspektrums den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Farbstoff A weist eine maximale Absorption im Wellenlängenbereich von ca. 480 nm bis 500 nm auf. Dies entspricht der Absorption von grünblauem bzw. blaugrünem Licht. • Die Farbe des absorbierten Lichts und der wahrgenommene Farbeindruck des Gegenstands sind komplementär. • Der Farbstoff erscheint daher orange bzw. rot. 	6
2	<p>erläutert anhand der Molekülstruktur, warum Farbstoff A farbig ist, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Farbstoff A liegt ein ausgedehntes System delocalisierter Elektronen vor, das sich über zwei durch eine Azogruppe verbundene Phenylringe erstreckt. • Delokalisierte Elektronen können von sichtbarem Licht angeregt werden. • Das π-Elektronensystem wird durch ein negativ geladenes Sauerstoff-Atom am Phenylring mit +M-Effekt erweitert. 	8
3	gibt eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur zu Farbstoff A an.	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert den schrittweisen Ablauf der Xanthoprotein-Reaktion am Beispiel von Tyrosin. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling diese Reaktion als die elektrophile Substitution an Tyrosin durch das als Elektrophil wirkende Nitryl-Kation bezeichnet und die Reaktionsgleichung angibt.)</p>	6
2	<p>gibt die Strukturformel für den aus Tyrosin entstehenden Farbstoff B begründet an, z. B.:</p> <div style="text-align: center;">  <p>Farbstoff B (gelb)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> Die Substitution am Tyrosin erfolgt in ortho-Stellung zur Hydroxygruppe, die aufgrund ihres +M-Effektes die Substitution bevorzugt in ortho- oder para-Stellung dirigiert. Die para-Stellung ist durch den organischen Rest R blockiert. 	6
3	<p>erläutert, warum man Versuch 3 zu einer Abschätzung des Tyrosin-Phenylalanin-Verhältnisses im Blutserum nutzen kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Xanthoprotein-Reaktion weist beide Aminosäuren durch Gelbfärbung nach, d. h., eine Unterscheidung ist nicht möglich. Die Pauly-Reaktion zeigt nur bei Tyrosin eine Rotfärbung, eine Unterscheidung der Aminosäuren ist möglich. Die Intensität der Rotfärbung bei der Pauly-Reaktion lässt Rückschlüsse auf die Konzentration von Tyrosin im Gemisch zu, während die Intensität der Gelbfärbung bei der Xanthoprotein-Reaktion Hinweise auf die Gesamtkonzentration von Tyrosin und Phenylalanin liefert. Beide Nachweisreaktionen zusammen geben daher Hinweise auf das Tyrosin-Phenylalanin-Verhältnis. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
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. 	3

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 Farbstoffklasse ...	4			
2a	erläutert die Pauly-Reaktion ...	8			
2b	erläutert die Pauly-Reaktion ...	8			
3	begründet die Notwendigkeit ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 1. Teilaufgabe		22			

Teilaufgabe 2

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt mithilfe des ...	6			
2	erläutert anhand der ...	8			
3	gibt eine weitere ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
Summe 2. Teilaufgabe		18			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert den schrittweisen ...	6			
2	gibt die Strukturformel ...	6			
3	erläutert, warum man ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	20			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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	67			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktzahl resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktsommen 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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 54
mangelhaft plus	3	53 – 45
mangelhaft	2	44 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Höher – schneller – leichter: Carbonfasern und ihre Verbundwerkstoffe

1. Stellen Sie den Herstellungsprozess eines carbonfaserverstärkten Kunststoffes ausgehend von Acrylnitril schematisch (z. B. in einem Fließdiagramm) dar. Nennen Sie Vor- und Nachteile, die beim Einsatz von carbonfaserverstärkten Kunststoffen entstehen.
(18 Punkte)
2. Stellen Sie die einzelnen Reaktionsschritte der Synthese von Polyacrylnitril aus Acrylnitril unter Angabe von Strukturformelausschnitten dar und erläutern Sie diese. Erklären Sie die Notwendigkeit, die Carbonisierung unter Stickstoffatmosphäre durchzuführen.
(20 Punkte)
3. Stellen Sie die Bildung eines Polyesters aus Maleinsäure und Glykol unter Angabe eines Strukturformelausschnittes dar und nennen Sie begründet den Reaktionstyp der Polymerherstellung. Erläutern Sie die Notwendigkeit der Oxidation der Carbonfaser und stellen Sie die Wechselwirkungen zwischen den funktionellen Gruppen auf der Oberfläche der Carbonfaser und den Polyester-Molekülen an Strukturformelausschnitten dar.
(22 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Ausgelöst durch die Diskussion über den Klimawandel und die immer weiter steigenden Energiepreise wurden in jüngster Zeit große Anstrengungen unternommen, um leichtere Werkstoffe für Flugzeuge und Kraftwagen zu entwickeln. Dabei müssen diese aber auch höchsten Ansprüchen in Bezug auf Belastung und Beständigkeit genügen. Carbonfasern (Kohlenstofffasern) sind hierfür derzeit die bedeutendsten Ersatzwerkstoffe. Sie werden in mehreren Schritten aus einer Kunststofffaser, wie zum Beispiel einer Polyacrylnitril-Faser, hergestellt und dann in ein Harz eingebettet. Dabei entstehen sogenannte Verbundwerkstoffe, die man carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) nennt. Im Alltag werden carbonfaserverstärkte Kunststoffe als „Carbon“ bezeichnet. Die Dichte von CFK ist etwa halb so groß wie die Dichte von Aluminium und beträgt nur ca. 1/5 der Dichte von Stahl. Dabei übertreffen carbonfaserverstärkte Kunststoffe aber vergleichbare metallische Werkstoffe in ihrer Festigkeit und Steifigkeit.

Bei der Herstellung von CFK wird in einem 1. Schritt Polyacrylnitril (PAN) durch radikalische Polymerisation aus Acrylnitril hergestellt. Danach wird aus Polyacrylnitril zuerst eine Faser gesponnen, die im nächsten Schritt bei einer Temperatur von ca. 200 °C durch Cyclisierung in eine nicht schmelzbare Faser umgewandelt wird: cyclisiertes Polyacrylnitril (Abbildung 1).

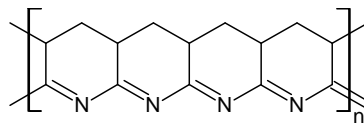


Abbildung 1: Molekülausschnitt aus einem cyclisierten Polyacrylnitril-Polymer

Darauf folgt die sogenannte Carbonisierung. Durch hohe Temperaturen (1300 bis 1500 °C) und unter Stickstoffatmosphäre werden in einem komplizierten Prozess die cyclisierten PAN-Fasern in Carbonfasern mit schichtartigen Strukturen (Abbildung 2) überführt. Diese Carbonfasern besitzen eine besonders hohe Festigkeit.

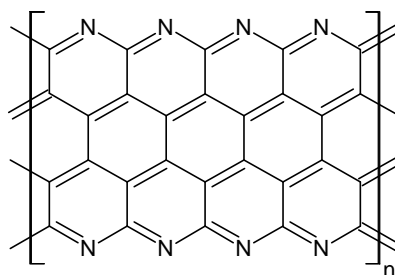


Abbildung 2: Ausschnitt aus einer Carbonfaser



Name: _____

Bei der Carbonisierung nehmen Polarität und Reaktivität stark ab. Deshalb wird die Carbonfaser an der Oberfläche oxidiert. Es entstehen dort Carbonyl-, Hydroxy- und Carboxygruppen, die für eine bessere Haftung mit den Harzen, in die die Carbonfasern eingebettet werden, sorgen.

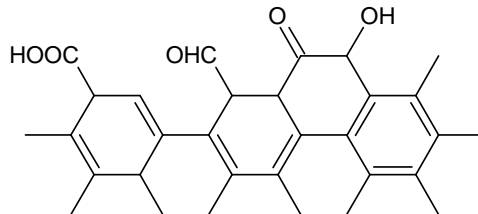
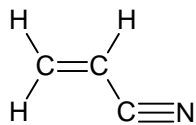


Abbildung 3: Beispiel für funktionelle Gruppen, die durch Oxidation der Oberflächen von Carbonfasern entstehen.

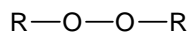
Abschließend werden die Fasern in Harze gegossen. Als Harze kommen unter anderem Polyester in Frage.

Zusatzinformationen:

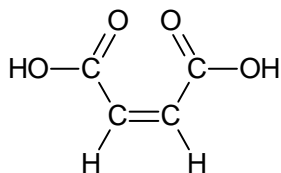
Acrylnitril:



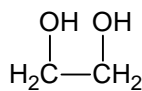
Organisches Peroxid:



Maleinsäure:



Glykol:



Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2015

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung¹

Höher – schneller – leichter: Carbonfasern und ihre Verbundwerkstoffe

1. Stellen Sie den Herstellungsprozess eines carbonfaserverstärkten Kunststoffes ausgehend von Acrylnitril schematisch (z. B. in einem Fließdiagramm) dar. Nennen Sie Vor- und Nachteile, die beim Einsatz von carbonfaserverstärkten Kunststoffen entstehen.
(18 Punkte)
2. Stellen Sie die einzelnen Reaktionsschritte der Synthese von Polyacrylnitril aus Acrylnitril unter Angabe von Strukturformelausschnitten dar und erläutern Sie diese. Erklären Sie die Notwendigkeit, die Carbonisierung unter Stickstoffatmosphäre durchzuführen.
(20 Punkte)
3. Stellen Sie die Bildung eines Polyesters aus Maleinsäure und Glykol unter Angabe eines Strukturformelausschnittes dar und nennen Sie begründet den Reaktionstyp der Polymerherstellung. Erläutern Sie die Notwendigkeit der Oxidation der Carbonfaser und stellen Sie die Wechselwirkungen zwischen den funktionellen Gruppen auf der Oberfläche der Carbonfaser und den Polyester-Molekülen an Strukturformelausschnitten dar.
(22 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Jäger, H.; Hauke, T.: Carbonfasern und ihre Verbundwerkstoffe. Verlag Moderne Industrie, München 2010
- VDI Zentrum Ressourceneffizienz: Publikationen: Kurzanalyse Nr. 3, Mai 2013, http://www.vdi-zre.de/fileadmin/user_upload/downloads/studien/2013_VDI_ZRE_Kohlenstofffaserverstaerkte_Kunststoffe_im_Fahrzeugbau_web.pdf (Zugriff 14.01.2014)
- https://www1.ethz.ch/structures/education/bachelor/faserverstaerkte_kunststoffe/Skript/151-0363-00L-V10-K7-Ausgangswerkstoffe.pdf (Zugriff 14.01.2014)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

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

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- 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>stellt den Herstellungsprozess eines carbonfaserverstärkten Kunststoffes ausgehend von Acrylnitril schematisch (z. B. in einem Fließdiagramm) dar, z. B.:</p> <pre> graph TD A[Acrylnitril] -- Polymerisieren --> B[Polyacrylnitril] B -- Spinnen --> C[Polyacrylnitril-Faser] C -- Cyclisieren --> D[cyclisierte Polyacrylnitril-Faser] D -- Carbonisieren --> E[Carbonfaser] E -- Oxidieren der Oberfläche --> F[Carbonfaser mit funktionellen Gruppen] F -- Einbetten in ein Harz --> G[carbonfaserverstärkter Kunststoff] </pre> <p>(Hinweis: Für jeden Teilschritt werden 2 Punkte gegeben.)</p>	12

2	nennt Vor- und Nachteile, die beim Einsatz von carbonfaserverstärkten Kunststoffen entstehen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Vorteile: große Festigkeit und hohe Steifigkeit bei geringer Masse, dadurch Energieersparnis beim Einsatz in Flugzeugen und Kraftwagen, • Nachteile: hoher Energieeinsatz bei der Produktion, Verwendung von Erdölressourcen, Recycling wahrscheinlich nur schwer möglich. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	stellt die einzelnen Reaktionsschritte der Synthese von Polyacrylnitril aus Acrylnitril unter Angabe von Strukturformelausschnitten dar. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling für die einzelnen Reaktionsschritte, wie die Bildung des Startradikals aus einem organischen Peroxid, die Anlagerung des Startradikals an ein Acrylnitril-Molekül als Kettenstart, die Reaktion des Startradikals mit einem weiteren Acrylnitril-Molekül als Kettenfortpflanzung und den Kettenabbruch, z. B. durch Rekombination zweier Radikale, Strukturformelausschnitte angibt.)</i>	8
2	erläutert die einzelnen Reaktionsschritte. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die in 1 dargestellten einzelnen Reaktionsschritte mit einem kurzen Text erläutert.)</i>	8
3	erklärt die Notwendigkeit, die Carbonisierung unter Stickstoffatmosphäre durchzuführen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Würde die Carbonisierung in Gegenwart von Sauerstoff durchgeführt, könnte der Sauerstoff mit dem Kunststoff reagieren. Der Kunststoff würde verbrennen. 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	stellt die Bildung eines Polyesters aus Maleinsäure und Glykol unter Angabe eines Strukturformelausschnittes dar. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die Herstellung des Polyesters in einem Reaktionsschema unter Angabe eines Strukturformelausschnittes darstellt.)</i>	6
2	nennt begründet den Reaktionstyp der Polymerherstellung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Verknüpfung von Maleinsäure- und Glykol-Molekülen zu Polyester-Molekülen werden kleine Moleküle, hier Wasser-Moleküle, abgespalten. • Polykondensation. 	4
3	erläutert die Notwendigkeit der Oxidation der Carbonfaser, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Oberfläche der nicht oxidierten Carbonfaser ist unpolar, dadurch sind nur schwache Van-der-Waals-Kräfte zwischen der Oberfläche der Carbonfaser und dem Polyesterharz möglich. • Befinden sich Hydroxy-, Carboxy- bzw. Carbonylgruppen auf der Oberfläche der Carbonfaser, sind auch stärkere Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen möglich und die Haftung zwischen Carbonfaser und Polyesterharz wird verbessert. 	6
4	stellt die Wechselwirkungen zwischen den funktionellen Gruppen auf der Oberfläche der Carbonfaser und den Polyester-Molekülen an Strukturformelausschnitten dar, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Skizzen zu Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, die zwischen Carbonylgruppen möglich sind, • Skizzen zu Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Carboxygruppen bzw. Hydroxygruppen der Carbonfaser und den Carbonylgruppen der Polyester-Moleküle. 	6
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
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. 	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt den Herstellungsprozess ...	12			
2	nennt Vor- und ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt die einzelnen ...	8			
2	erläutert die einzelnen ...	8			
3	erklärt die Notwendigkeit ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	20			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt die Bildung ...	6			
2	nennt begründet den ...	4			
3	erläutert die Notwendigkeit ...	6			
4	stellt die Wechselwirkungen ...	6			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	22			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	60			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	führt seine Gedanken ...	4			
2	strukturiert seine Darstellung ...	3			
	Summe Darstellungsleistung	7			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	67			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsomme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	67			
Übertrag der Punktsomme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	67			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	134			
aus der Punktsomme resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle				
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktsommen 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	134 – 128
sehr gut	14	127 – 121
sehr gut minus	13	120 – 114
gut plus	12	113 – 108
gut	11	107 – 101
gut minus	10	100 – 94
befriedigend plus	9	93 – 87
befriedigend	8	86 – 81
befriedigend minus	7	80 – 74
ausreichend plus	6	73 – 67
ausreichend	5	66 – 61
ausreichend minus	4	60 – 54
mangelhaft plus	3	53 – 45
mangelhaft	2	44 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0