



Name: \_\_\_\_\_

# Abiturprüfung 2014

## Chemie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Reinigung einer Messingschale

1. Skizzieren Sie eine beschriftete Versuchsanordnung für die Reinigung der Messingschale unter Verwendung einer Aluminiumfolie mit Kennzeichnung von Anode und Kathode. Erklären Sie, warum Kupfer bei diesem Verfahren an den oxidierten Stellen gebildet wird. Erläutern Sie die Bildung der Gasbläschen auf der Aluminiumoberfläche.  
(18 Punkte)
2. Erklären Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, warum durch Behandeln von blankem Messing mit Salzsäure bei einer Konzentration von  $c(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-6} \text{ mol/L}$  keine Zink-Ionen in Lösung gehen und die Oberfläche nicht kupferfarben wird. Prüfen Sie, ob eine vollständig oxidierte Messingoberfläche prinzipiell mit verdünnter Salzsäure gereinigt werden könnte.  
(14 Punkte)
3. Erklären Sie die Beobachtungen im Verlauf der Elektrolyse. Geben Sie die Elektrodenreaktionen für die elektrolytische Behandlung der Messingschale an. Ermitteln Sie, ob sich die Konzentrationen in der Elektrolytlösung bei diesem Verfahren ändern.  
(14 Punkte)
4. Berechnen Sie, welche Kupfermasse bei der Elektrolyse auf der Schale abgeschieden wird. Prüfen Sie, ob es eine Elektrolytmischung aus Kupfer(II)-sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) und Zinksulfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) geben kann, mit der durch Elektrolyse Messing auf einer Messing-Elektrode abgeschieden werden kann.  
(20 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

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



Name: \_\_\_\_\_

### Fachspezifische Vorgaben:

Gegenstände aus Messing, einer Legierung aus Kupfer und Zink ( $w(\text{Cu}) = 70 \%$ ,  $w(\text{Zn}) = 30 \%$ ), werden im Alltag recht häufig verwendet. Eine Messingoberfläche glänzt goldfarbig. Durch Einwirkung von Luft und Wasser wird Messing im Laufe der Zeit oxidiert, wodurch die Oberfläche matt und dunkel wird. Vereinfachend kann hierbei angenommen werden, dass sich auf der Oberfläche Kupferoxid und Zinkoxid bilden. Das wasserlösliche Zinkoxid wird durch Kontakt mit Wasser abgespült, während das nicht wasserlösliche Kupferoxid auf der Oberfläche zurückbleibt.

Eine Messingschale hatte durch Oxidation dunkle Stellen bekommen. Zum Reinigen wurde sie in Aluminiumfolie gewickelt und für mehrere Stunden in Salzwasser (Natriumchlorid-Lösung, NaCl) gelegt.

An der Oberfläche der Aluminiumfolie bildeten sich Gasbläschen, die Folie verlor langsam ihren Glanz und wurde brüchig. Die Schale wies nach dem Auswickeln an den zuvor oxidierten Stellen (und nur dort) eine rot glänzende Kupferschicht auf, sodass die Schale fleckig wirkte.

Nach diesem nicht zufriedenstellenden Reinigungsversuch wurde die Schale in Salzsäure ( $c(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol/L}$ ) gelegt, um durch eine Reaktion von Salzsäure mit Messing überall eine kupferfarbige Oberfläche zu erzielen.

Durch die Säurebehandlung änderte sich das Aussehen der Oberfläche nicht.

In einem weiteren Reinigungsversuch wurde eine Elektrolyse-Zelle aufgebaut mit einem Messingblech als Anode, der Schale als Kathode und einer Elektrolytlösung, die Kupfersulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) und Zinksulfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) enthielt. Die Schale tauchte vollständig in die Elektrolytlösung ein. Dadurch sollte eine gleichmäßige Messingabscheidung erzielt werden. Die Spannung wurde so gering gewählt, dass keine Gasentwicklung auftrat. Die Stromstärke wurde auf konstant  $I = 0,04 \text{ A}$  eingestellt, die Versuchsdauer betrug  $t = 500$  Minuten.

Die Messing-Anode löste sich im Laufe der Zeit teilweise auf. Dabei verfärbte sich die Oberfläche des Blechs kupferfarbig. Auf der Schale schied sich kein Messing ab, sondern Kupfer.



Name: \_\_\_\_\_

### Zusatzinformationen:

Kupferoxid wird durch Kochsalzlösung nicht angegriffen, Zinkoxid löst sich in Wasser langsam unter Bildung von Zink-Ionen ( $\text{Zn}^{2+}$ ) und Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ). In Säuren lösen sich sowohl Kupferoxid als auch Zinkoxid.

**Faraday-Konstante:**  $F = 96485 \text{ C/mol} = 96485 \text{ As/mol}$

### Elektrochemische Spannungsreihe

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

1.	Al/Al <sup>3+</sup>	-1,66
2.	Zn/Zn <sup>2+</sup>	-0,76
3.	H <sub>2</sub> /2 H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	<b>0,00</b>
4.	Messing/Zn <sup>2+</sup>	0,23
5.	Messing/Cu <sup>2+</sup>	0,32
6.	Cu/Cu <sup>2+</sup>	0,35

**Unterlagen für die Lehrkraft****Abiturprüfung 2014**  
**Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Reinigung einer Messingschale**

1. Skizzieren Sie eine beschriftete Versuchsanordnung für die Reinigung der Messingschale unter Verwendung einer Aluminiumfolie mit Kennzeichnung von Anode und Kathode. Erklären Sie, warum Kupfer bei diesem Verfahren an den oxidierten Stellen gebildet wird. Erläutern Sie die Bildung der Gasbläschen auf der Aluminiumoberfläche. (18 Punkte)
2. Erklären Sie mithilfe der Nernst-Gleichung, warum durch Behandeln von blankem Messing mit Salzsäure bei einer Konzentration von  $c(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-6} \text{ mol/L}$  keine Zink-Ionen in Lösung gehen und die Oberfläche nicht kupferfarben wird. Prüfen Sie, ob eine vollständig oxidierte Messingoberfläche prinzipiell mit verdünnter Salzsäure gereinigt werden könnte. (14 Punkte)
3. Erklären Sie die Beobachtungen im Verlauf der Elektrolyse. Geben Sie die Elektrodenreaktionen für die elektrolytische Behandlung der Messingschale an. Ermitteln Sie, ob sich die Konzentrationen in der Elektrolytlösung bei diesem Verfahren ändern. (14 Punkte)
4. Berechnen Sie, welche Kupfermasse bei der Elektrolyse auf der Schale abgeschieden wird. Prüfen Sie, ob es eine Elektrolytmischung aus Kupfer(II)-sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) und Zinksulfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) geben kann, mit der durch Elektrolyse Messing auf einer Messing-Elektrode abgeschieden werden kann. (20 Punkte)

**3. Materialgrundlage**

- Klemm, W.; Hoppe, R.: Anorganische Chemie, de Gruyter, Berlin, New York, S. 245
- <http://www.patentstorm.us/patents/5762778/fulltext.html> (Zugriff 14.04.2013)
- [http://www.uni-duisburg-essen.de/ibpm/Scripte/Studenten\\_Elektrochemie.pdf](http://www.uni-duisburg-essen.de/ibpm/Scripte/Studenten_Elektrochemie.pdf) (Zugriff 30.04.2013)
- <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/GER/default.asp?catid=178&pageid=2144416648> (Zugriff 30.04.2013)

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i></p> <p>Themenfeld: Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie in der Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Elektrolyse im Labor und Faraday-Gesetze</li> <li>• Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise</li> <li>• Galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz</li> <li>• Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential</li> <li>• Nernst-Gleichung (quantitative Behandlung) am Beispiel folgender Systeme             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Metall/Metallion</li> <li>– Wasserstoff/Oxoniumion</li> <li>– Hydroxidion/Sauerstoff</li> </ul> </li> </ul> <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entfällt</li> </ul>
--

#### 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 eine beschriftete Versuchsanordnung für die Reinigung der Messingschale unter Verwendung einer Aluminiumfolie mit Kennzeichnung von Aluminium als Anode und Messing als Kathode.	4
2	erklärt, warum Kupfer bei diesem Verfahren an den oxidierten Stellen gebildet wird, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die oxidierten Stellen der Messingschale bestehen aus Kupferoxid, das wasserlösliche Zinkoxid ist gelöst.</li> <li>• An diesen Stellen bildet sich in Gegenwart von Aluminium Kupfer.</li> <li>• Aufgrund der großen Potentialdifferenz zwischen Kupfer bzw. Messing und Aluminium wandern Elektronen von Aluminium zu Kupfer bzw. Messing.</li> <li>• Kupfer-Ionen aus dem Kupferoxid nehmen die Elektronen auf und werden zu Kupfer reduziert. Aluminium wird oxidiert und Aluminium-Ionen gehen in Lösung: Die Folie wird brüchig.</li> </ul>	8
3	erläutert die Bildung von Gasbläschen auf der Aluminiumoberfläche. (Hinweis: Es wird erwartet, dass das Redoxpotential von Wasserstoff mit dem von Aluminium verglichen und unter Angabe einer Reaktionsgleichung auf die Bildung von Wasserstoff geschlossen wird.)	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt mithilfe der Nernst-Gleichung, warum durch Behandeln von blankem Messing mit Salzsäure bei einer Konzentration von <math>c(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-6} \text{ mol/L}</math> keine Zink-Ionen in Lösung gehen und die Oberfläche nicht kupferfarben wird, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zink-Ionen gehen in Lösung, wenn Zink durch Wasserstoff-Ionen oxidiert wird.</li> <li>• Dafür muss gelten: <math>U(\text{Messing}/\text{Zn}^{2+}) &lt; U^\circ(\text{H}_2/\text{H}^+)</math>.</li> <li>• <math>U(\text{Messing}/\text{Zn}^{2+}) = 0,23 \text{ V} + 0,059 \text{ V} / 2 \cdot \lg(10^{-6}) = 0,053 \text{ V}</math></li> <li>• Da das Potential <math>U(\text{Messing}/\text{Zn}^{2+})</math> bei einer Konzentration von <math>c(\text{Zn}^{2+}) = 10^{-6} \text{ mol/L}</math> größer als <math>U^\circ(\text{H}_2/\text{H}^+)</math> ist, gehen keine Zink-Ionen aus dem Messing in Lösung, sodass keine kupferfarbene Oberfläche entstehen kann.</li> </ul>	8
2	<p>prüft, ob eine vollständig oxidierte Messingoberfläche prinzipiell mit verdünnter Salzsäure gereinigt werden könnte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kupferoxid ist in Salzsäure löslich. Dabei läuft folgende Reaktion ab: <math>\text{CuO} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}</math>.</li> <li>• Die Oxidschicht kann daher mit Salzsäure entfernt werden und eine oxidierte Messingoberfläche könnte daher mit Salzsäure gereinigt werden.</li> <li>• Messing wird durch verdünnte Salzsäure kaum angegriffen, da: <math>U(\text{Messing}/\text{Zn}^{2+}) &gt; U(\text{H}_2/\text{H}^+)</math>.</li> </ul>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Beobachtungen im Verlauf der Elektrolyse, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messing der Anode wird oxidiert; dabei wird bevorzugt Zink oxidiert, da es ein kleineres Potential als Kupfer besitzt.</li> <li>• Kupfer wird nicht oxidiert, was die Bildung der kupferfarbigen Oberfläche an der Anode zeigt.</li> <li>• An der Kathode (Schale) wird nur Kupfer abgeschieden, da es ein größeres Potential besitzt als Zink.</li> </ul>	6
2	<p>gibt die Elektrodenreaktionen für die elektrolytische Behandlung der Messingschale an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anode: <math>\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-</math></li> <li>• Kathode: <math>\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}</math></li> </ul>	4
3	<p>ermittelt, ob sich die Konzentrationen in der Elektrolytlösung bei diesem Verfahren ändern, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Da an der Anode bevorzugt Zink oxidiert wird, nimmt die Konzentration der Zink-Ionen zu.</li> <li>• Da an der Kathode nur Kupfer reduziert wird, nimmt die Konzentration der Kupfer-Ionen im Elektrolyten ab.</li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	berechnet, welche Kupfermasse bei der Elektrolyse auf der Schale abgeschieden wird, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>n(\text{Cu}) = I \cdot t / 2 \cdot F</math></li> <li>• <math>m(\text{Cu}) = n(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu})</math></li> </ul>	6
1b	berechnet, welche Kupfermasse bei der Elektrolyse auf der Schale abgeschieden wird, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>n(\text{Cu}) = 0,04 \text{ A} \cdot 500 \cdot 60 \text{ s} / 2 \cdot (96485 \text{ As/mol}) = 0,00622 \text{ mol}</math></li> <li>• <math>m(\text{Cu}) = 0,395 \text{ g}</math></li> </ul>	6
2	prüft, ob es eine Elektrolytmischung aus Kupfer(II)-sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) und Zinksulfat ( $\text{ZnSO}_4$ ) geben kann, mit der durch Elektrolyse Messing auf einer Messing-Elektrode abgeschieden werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Potentiale von Messing in Kupfer- sowie Messing in Zink-Lösung müssen gleich sein: <math>U(\text{Messing}/\text{Zn}^{2+}) = U(\text{Messing}/\text{Cu}^{2+})</math>.</li> <li>• <math>U(\text{Messing}/\text{Zn}^{2+}) = U(\text{Messing}/\text{Cu}^{2+})</math></li> <li>• <math>0,23 \text{ V} + 0,059 \text{ V} / 2 \cdot \lg(c(\text{Zn}^{2+})) = 0,32 \text{ V} + 0,059 \text{ V} / 2 \cdot \lg(c(\text{Cu}^{2+}))</math></li> <li>• <math>0,00089 = c(\text{Cu}^{2+}) / c(\text{Zn}^{2+})</math> wäre ein geeignetes Mischungsverhältnis für direkte Abscheidung von Messing.</li> </ul> <p><i>(Hinweis: Wenn anstelle der Potentiale von Messing mit den Standardpotentialen von Kupfer und Zink argumentiert wird, kommt man hier zum Ergebnis, dass es kein sinnvolles Mischungsverhältnis für eine direkte Abscheidung gibt. Diese Argumentation wird als richtig anerkannt.)</i></p>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (4)	

## 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"> <li>• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich,</li> <li>• verwendet eine differenzierte und präzise Sprache,</li> <li>• veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc.,</li> <li>• gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.</li> </ul>	4

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	skizziert eine beschriftete ...	4			
2	erklärt, warum Kupfer ...	8			
3	erläutert die Bildung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			

**Teilaufgabe 2**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	erklärt mithilfe der ...	8			
2	prüft, ob eine ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>	<b>14</b>			

**Teilaufgabe 3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	erklärt die Beobachtungen ...	6			
2	gibt die Elektrodenreaktionen ...	4			
3	ermittelt, ob sich ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>14</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1a	berechnet, welche Kupfermasse ...	6			
1b	berechnet, welche Kupfermasse ...	6			
2	prüft, ob es ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (4) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>20</b>			
	<b>Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

**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			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>150</b>			
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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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 2014

### Chemie, Leistungskurs

---

#### Aufgabenstellung:

##### Hydrogencarbonat-Ionen im Trinkwasser

1. Stellen Sie die Messwerte der amperometrischen Titration grafisch dar und erläutern Sie den Kurvenverlauf. Berechnen Sie die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration der Trinkwasserprobe. *(18 Punkte)*
2. Erläutern Sie die schwach saure Reaktion von Regenwasser nach Aufnahme von Kohlenstoffdioxid. Erklären Sie mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion des schwach sauren Regenwassers mit Calciumcarbonat des Bodens. Erklären Sie in diesem Zusammenhang die Abhängigkeit der Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration im Grundwasser vom Calciumcarbonat-Gehalt im Boden. *(14 Punkte)*
3. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau für die titrimetrische Bestimmung der Säurekapazität einer Trinkwasserprobe nach dem beschriebenen Verfahren. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration und Säurekapazität. Erklären Sie, weshalb es sinnvoll ist, bei einem Verbrauch von weniger als  $V = 2$  mL Salzsäure ( $c = 0,1$  mol/L) die Titration mit Salzsäure ( $c = 0,02$  mol/L) zu wiederholen. *(16 Punkte)*
4. Berechnen Sie die Säurekapazität und die Massenkonzentration  $\beta$  der Hydrogencarbonat-Ionen im untersuchten Trinkwasser. Erklären Sie, warum man die Massenkonzentration der Hydrogencarbonat-Ionen bestimmen kann, indem man die Säurekapazität mit dem Faktor 61 multipliziert. Beurteilen Sie unter Angabe eines geeigneten Indikators, wie sinnvoll eine Schnellmessung vor Ort ist. *(18 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

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



Name: \_\_\_\_\_

### Fachspezifische Vorgaben:

Trinkwasser ist das wichtigste Lebensmittel. Je nach Entnahmeort enthält es verschiedene gelöste Stoffe in unterschiedlichen Mengen. Hydrogencarbonat-Ionen ( $\text{HCO}_3^-$ ) sind stets vorhanden.

Regenwasser nimmt Kohlenstoffdioxid aus der Luft auf. Daher hat Regenwasser in einigen Gebieten einen pH-Wert von etwa  $\text{pH} = 5,6$ . Sickert das schwach saure Regenwasser durch den Boden, so kann sich die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Bodens ändern. Je größer der Gehalt an schlecht in Wasser löslichem Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) im Boden ist, desto höher ist die Konzentration an gut in Wasser löslichem Calciumhydrogencarbonat im Grundwasser. Aus dem Grundwasser wird dann Trinkwasser gewonnen.

Die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration einer Trinkwasserprobe wird mithilfe einer sogenannten amperometrischen Titration bestimmt. Dabei misst man bei konstanter Spannung die Stromstärke als Maß für die Leitfähigkeit der Lösung.

In ein Becherglas werden  $V = 200 \text{ mL}$  Trinkwasser gegeben und mit Salzsäure der Konzentration  $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$  titriert. Es ergeben sich folgende Messwerte:

$V(\text{HCl})$ in mL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$I$ in mA	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,8	3,0	3,6	4,3	4,8	5,4	6,0	6,7	7,2	7,8

Trinkwasser wird regelmäßig nach genau festgelegten Normen untersucht. Eine wichtige Messgröße in der Trinkwasseranalytik ist die sogenannte Säurekapazität. Die Säurekapazität ist ein Maß für die pH-Wert-Stabilität einer wässrigen Lösung. Dies bedeutet, dass sich in einer Lösung mit einer hohen Säurekapazität der pH-Wert bei Zugabe von Säuren kaum verändert.

Zur Bestimmung der Säurekapazität wird eine Messung nach dem folgenden Verfahren durchgeführt:

$V = 100 \text{ mL}$  der Wasserprobe werden in ein Titriergefäß pipettiert. Anschließend wird mit Salzsäure ( $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$ ) unter Verwendung eines pH-Meters bis zu einem pH-Wert von  $\text{pH} = 4,3$  titriert. Das Volumen der zugegebenen Salzsäure wird notiert. Werden weniger als  $V = 2 \text{ mL}$  Säure verbraucht, wird die Titration mit Salzsäure ( $c(\text{HCl}) = 0,02 \text{ mol/L}$ ) wiederholt.

Aus dem verbrauchten Salzsäurevolumen für  $V = 100 \text{ mL}$  Probenwasser lässt sich die Säurekapazität in der Einheit  $\text{mmol/L}$  berechnen. Es gilt: Die Maßzahl des Salzsäurevolumens entspricht der Säurekapazität des Wassers. Wird die Säurekapazität mit dem Faktor 61 multipliziert, erhält man die Massenkonzentration  $\beta$  der Hydrogencarbonat-Ionen in  $\text{mg/L}$ .

Bei der Untersuchung einer Trinkwasserprobe nach dem oben angegebenen Verfahren wurde ein Verbrauch von  $V = 3,5 \text{ mL}$  Salzsäure ( $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$ ) gemessen.

Zur Überprüfung der Grundwasserqualität wird als Schnellmessung vor Ort zur Bestimmung der Säurekapazität eine Endpunkttitration mit einem Indikator vorgeschlagen.



Name: \_\_\_\_\_

**Zusatzinformationen:**

Die Leitfähigkeit der Oxonium-Ionen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) und der Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ) ist deutlich höher als die Leitfähigkeit anderer Ionen.

Kohlensäure ist eine schwache Säure.

$$M(\text{HCO}_3^-) = 61 \text{ g/mol}$$

**Umschlagsbereiche von pH-Indikatoren:**

<b>Indikator</b>	<b>Umschlagsbereich</b>	<b>Farbumschlag</b>
Methylorange	3,0 – 4,4	rot – gelborange
Methylrot	4,4 – 6,2	rot – gelborange
Bromthymolblau	6,0 – 7,6	gelb – blau
Thymolblau	8,2 – 9,8	gelb – blau
Phenolphthalein	8,2 – 9,8	farblos – rotviolett

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2014

## Chemie, Leistungskurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

### 2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>

#### Hydrogencarbonat-Ionen im Trinkwasser

1. Stellen Sie die Messwerte der amperometrischen Titration grafisch dar und erläutern Sie den Kurvenverlauf. Berechnen Sie die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration der Trinkwasserprobe. (18 Punkte)
2. Erläutern Sie die schwach saure Reaktion von Regenwasser nach Aufnahme von Kohlenstoffdioxid. Erklären Sie mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion des schwach sauren Regenwassers mit Calciumcarbonat des Bodens. Erklären Sie in diesem Zusammenhang die Abhängigkeit der Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration im Grundwasser vom Calciumcarbonat-Gehalt im Boden. (14 Punkte)
3. Skizzieren Sie einen beschrifteten Versuchsaufbau für die titrimetrische Bestimmung der Säurekapazität einer Trinkwasserprobe nach dem beschriebenen Verfahren. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration und Säurekapazität. Erklären Sie, weshalb es sinnvoll ist, bei einem Verbrauch von weniger als  $V = 2 \text{ mL}$  Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) die Titration mit Salzsäure ( $c = 0,02 \text{ mol/L}$ ) zu wiederholen. (16 Punkte)
4. Berechnen Sie die Säurekapazität und die Massenkonzentration  $\beta$  der Hydrogencarbonat-Ionen im untersuchten Trinkwasser. Erklären Sie, warum man die Massenkonzentration der Hydrogencarbonat-Ionen bestimmen kann, indem man die Säurekapazität mit dem Faktor 61 multipliziert. Beurteilen Sie unter Angabe eines geeigneten Indikators, wie sinnvoll eine Schnellmessung vor Ort ist. (18 Punkte)

### 3. Materialgrundlage

- <http://www.merck-chemicals.com/colormetric-test-kits> (Zugriff 26.05.13)
- [http://www.uni-stuttgart.de/hkom/publikationen/themenheft/08/wasser\\_umwelt-gesamt.pdf](http://www.uni-stuttgart.de/hkom/publikationen/themenheft/08/wasser_umwelt-gesamt.pdf) (Zugriff 26.05.2013)

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

##### 1. Inhaltliche Schwerpunkte

Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung

- Protolysen als Gleichgewichtsreaktionen: Säure-Base-Begriff nach Brönsted, Autoprotolyse des Wassers, pH-,  $pK_s$ -Wert
- Einfache Titrations mit Endpunktbestimmungen
- Potentiometrie
- Redoxtitration

##### 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	stellt die Messwerte der amperometrischen Titration grafisch dar. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner grafischen Darstellung der x-Achse das Volumen $V(HCl)$ und der y-Achse die Stromstärke zuordnet und einen Maßstab wählt, der den Äquivalenzpunkt erkennen lässt.)	4
2	erläutert den Kurvenverlauf. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seinen Erläuterungen den Kurvenverlauf beschreibt und das unterschiedliche Steigungsverhalten der Kurve mit der Änderung der Leitfähigkeiten aufgrund der Änderung der Konzentrationen der beteiligten Ionen in Verbindung bringt. Der bis zum Äquivalenzpunkt sehr geringe Anstieg der Stromstärke erklärt sich durch den Ersatz der Hydrogencarbonat-Ionen durch Chlorid-Ionen. Nach dem Erreichen des Äquivalenzpunktes steigt die Stromstärke aufgrund der zugesetzten Oxonium-Ionen aus der Salzsäure stärker an.)	8

3	berechnet die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration der Trinkwasserprobe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Äquivalenzpunkt liegt bei <math>V(\text{HCl}) = 6,8 \text{ mL}</math>.</li> <li>• Mit <math>n(\text{HCL}) = V(\text{HCl}) \cdot c(\text{HCl}) = 0,00068 \text{ mol}</math> folgt <math>n(\text{HCO}_3^-) = n(\text{HCL}) = 0,00068 \text{ mol}</math> (in <math>V = 200 \text{ mL}</math>).</li> <li>• Somit ergibt sich:  <math>c(\text{HCO}_3^-) = n(\text{HCO}_3^-) / V(\text{Probe})</math> von <math>c(\text{HCO}_3^-) = 0,0034 \text{ mol/L}</math>.</li> </ul> <i>(Hinweis: Es sind Werte im Bereich <math>6,6 \text{ mL} \leq V(\text{Salzsäure}) \leq 7,0 \text{ mL}</math> akzeptabel. Bei der Beispielrechnung wurde für den Äquivalenzpunkt <math>V = 6,8 \text{ mL}</math> Salzsäure gewählt. Wenn ein Prüfling einen anderen Wert für den Äquivalenzpunkt bestimmt hat, so ist dieser Wert der Rechnung zugrunde zu legen.)</i>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

### Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert die schwach saure Reaktion von Regenwasser nach Aufnahme von Kohlenstoffdioxid, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von Kohlensäure durch Reaktion von Kohlenstoffdioxid der Luft mit Wasser,</li> <li>• Protolyse der (schwachen Säure) Kohlensäure.</li> </ul>	4
2	erklärt mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted die Reaktion des schwach sauren Regenwassers mit Calciumcarbonat des Bodens, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq})</math></li> <li>• Die Oxonium-Ionen sind der Protonendonator (Säure), die Wasser-Moleküle sind die korrespondierende Base.</li> <li>• Die Carbonat-Ionen sind somit der Protonenakzeptor (Base), die Hydrogencarbonat-Ionen die hierzu korrespondierende Säure.</li> </ul>	6
3	erklärt die Abhängigkeit der Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration im Grundwasser vom Calciumcarbonat-Gehalt im Boden. <i>(Hinweis: Es wird z. B. erwartet, dass der Prüfling auf der Basis der Reaktion von Kohlensäure mit Calciumcarbonat die erhöhte Konzentration des Calciumhydrogencarbonats im Trinkwasser erklärt.)</i>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>skizziert einen beschrifteten Versuchsaufbau für die titrimetrische Bestimmung der Säurekapazität einer Trinkwasserprobe nach dem angegebenen Verfahren. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Zeichnung z. B. folgende Materialien verwendet und beschriftet: Becherglas mit Wasserprobe, Bürette mit Salzsäure, pH-Meter, pH-Elektrode, Magnetrührer und Magnetrührstab.)</p>	6
2	<p>erläutert den Zusammenhang zwischen der Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration und der Säurekapazität, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Hydrogencarbonat-Ionen reagieren mit Oxonium-Ionen zu Kohlensäure und Wasser, sodass der pH-Wert auch bei Zugabe von Säuren relativ konstant bleibt, solange Hydrogencarbonat-Ionen in der Lösung vorhanden sind.</li> <li>• Je höher die Konzentration der Hydrogencarbonat-Ionen ist, desto mehr Oxonium-Ionen können abgefangen werden, desto höher ist der Wert der Säurekapazität.</li> </ul>	6
3	<p>erklärt, weshalb es sinnvoll ist, bei einem Verbrauch von weniger als <math>V = 2</math> mL Salzsäure (<math>c = 0,1</math> mol/L) die Titration mit Salzsäure (<math>c = 0,02</math> mol/L) zu wiederholen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei einem sehr geringen Verbrauch kommt es leicht zu Titrierfehlern, wie z. B. Ablese-Ungenauigkeiten. Dies führt bei der Berechnung zu relativ großen Fehlern.</li> <li>• Daher wird mit einer HCl-Lösung geringerer Konzentration titriert, wobei der Verbrauch nun deutlich höher liegt.</li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	berechnet die Säurekapazität und die Massenkonzentration $\beta$ der Hydrogencarbonat-Ionen im untersuchten Trinkwasser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit <math>V(\text{HCl}) = 3,5 \text{ mL}</math> und <math>c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}</math> gilt:  <math>n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,35 \text{ mmol}</math> für <math>V = 100 \text{ mL}</math>.</li> <li>• Daraus folgt eine Säurekapazität von <math>3,5 \text{ mmol/L}</math>.</li> <li>• Dies entspricht einer Massenkonzentration an Hydrogencarbonat-Ionen von <math>\beta = 213,5 \text{ mg/L}</math>.</li> </ul>	6
2	erklärt, warum man die Massenkonzentration der Hydrogencarbonat-Ionen bestimmen kann, indem man die Säurekapazität mit dem Faktor 61 multipliziert: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>n(\text{HCl}) = n(\text{HCO}_3^-)</math></li> <li>• Säurekapazität entspricht der Stoffmengenkonzentration.</li> <li>• Der Faktor 61 entspricht dem Zahlenwert der molaren Masse von Hydrogencarbonat-Ionen. Daraus ergibt sich die Massenkonzentration:  <math>\beta(\text{HCO}_3^-) = c(\text{HCO}_3^-) \cdot M(\text{HCO}_3^-) = 3,5 \text{ mmol} \cdot 61 \text{ g/mol} = 213,5 \text{ mg/L}</math></li> </ul>	6
3	beurteilt unter Angabe eines geeigneten Indikators, wie sinnvoll eine Schnellmessung vor Ort ist, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein geeigneter Indikator für die Schnellmessung ist Methylorange.</li> <li>• Eine Schnellmessung liefert mit relativ einfachen Mitteln einen ungefähren Wert der Säurekapazität.</li> <li>• Aufgrund des zu erwartenden geringen Verbrauchs von Salzsäure kann es sich hier aber nur um einen Richtwert handeln. Daher sollte bei Abweichung von der empfohlenen Norm noch eine genauere Messung durchgeführt werden.</li> </ul>	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"> <li>• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich,</li> <li>• verwendet eine differenzierte und präzise Sprache,</li> <li>• veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc.,</li> <li>• gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.</li> </ul>	4

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe 1**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
1	stellt die Messwerte ...	4			
2	erläutert den Kurvenverlauf.	8			
3	berechnet die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>		<b>18</b>			

**Teilaufgabe 2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert die schwach ...	4			
2	erklärt mithilfe der ...	6			
3	erklärt die Abhängigkeit ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>14</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe 3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	skizziert einen beschrifteten ...	6			
2	erläutert den Zusammenhang ...	6			
3	erklärt, weshalb es ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>16</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	berechnet die Säurekapazität ...	6			
2	erklärt, warum man ...	6			
3	beurteilt unter Angabe ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

**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			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>150</b>			
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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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 2014

### Chemie, Leistungskurs

---

#### Aufgabenstellung:

##### Pigmentscharlach und Hansarot – Druckerfarben

1. Erläutern Sie die Bildung von *o*-Nitrotoluol, ausgehend von Toluol, (1. Schritt der Synthese von *o*-Aminobenzoesäure) anhand von Reaktionsgleichungen in Einzelschritten und unter Angabe des Reaktionstyps. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von *o*-Nitrotoluol zu *o*-Aminobenzoesäure (2. Syntheseschritt) um eine intramolekulare Redoxreaktion handelt. (20 Punkte)
2. Geben Sie die Strukturformel der zur Herstellung von Pigmentscharlach benötigten R-Säure an. Erläutern Sie die Bildung des Diazonium-Ions aus Anthranilsäure und die anschließende Bildung des Farbstoffes, auch mithilfe von Strukturformeln. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Diazonium-Ions an das Naphtholderivat. (18 Punkte)
3. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Struktur und Farbigkeit am Beispiel von Pigmentscharlach. Zeichnen Sie dazu eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur und geben Sie einen Bereich für das erwartete Absorptionsmaximum begründet an. (14 Punkte)
4. Erläutern Sie, welche zwischenmolekularen Kräfte zwischen Pigmentscharlach und Cellulose-Molekülen ausgebildet werden können. Erläutern Sie die Löslichkeit von Pigmentscharlach im Vergleich zu Hansarot in Wasser und beurteilen Sie die Eignung dieser beiden Farbstoffe zum Bedrucken von Wertpapieren. (14 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

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

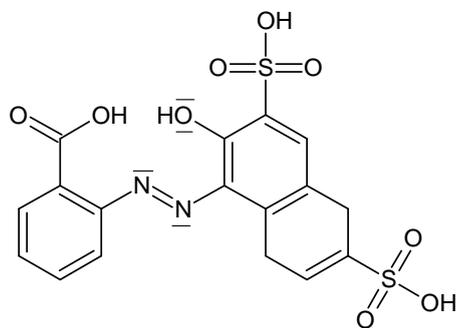


Name: \_\_\_\_\_

### Fachspezifische Vorgaben:

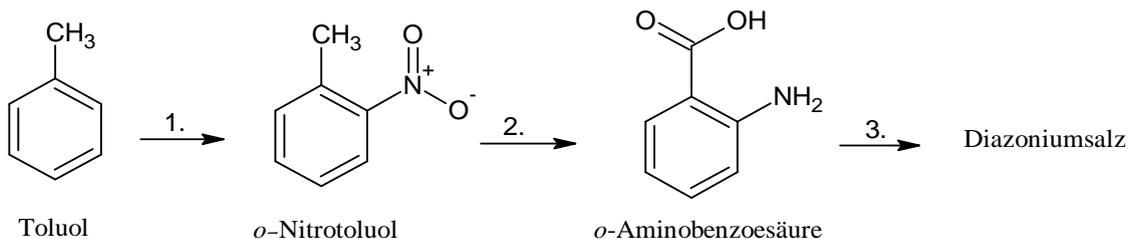
Für das Bedrucken von Wertpapieren werden an die verwendeten Farbstoffe besondere Anforderungen gestellt. Sie sollen gut auf Papier haften, bei Einstrahlung von Licht nicht ausbleichen und in Wasser unlöslich sein. Diese Anforderungen erfüllen die sogenannten Pigmente.

Als rote Pigmente sind Azofarbstoffe, bei deren Synthese als Kupplungskomponente Naphtholderivate eingesetzt werden, bedeutsam. Ein Beispiel hierfür ist Pigmentscharlach, ein Farbstoff, der eine hohe Lichtbeständigkeit aufweist und auch heute noch Verwendung findet.

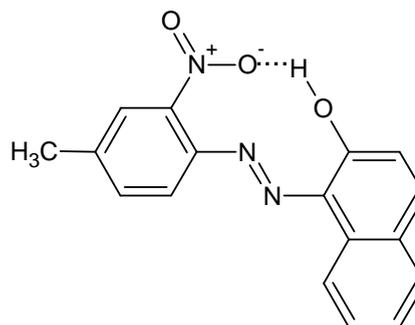


Pigmentscharlach

Die Ausgangsstoffe zur Herstellung von Pigmentscharlach sind die sogenannte R-Säure als Naphtholderivat und *o*-Aminobenzoesäure (Anthranilsäure), die aus Nitrotoluol durch eine intramolekulare Redoxreaktion entsteht. Nitrotoluol wird bei der Umsetzung von Toluol mit Nitriersäure, einem Gemisch aus konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure, gebildet.



Einer der Nachteile von Pigmentscharlach ist eine gewisse Löslichkeit in Wasser. Daher wurden Pigmente mit geringerer Wasserlöslichkeit entwickelt, wie z. B. Hansarot (Litholechtscharlach RN). Dieses ist nahezu unlöslich in Wasser und Ethanol. Zudem ist es – ebenso wie Pigmentscharlach – in Aceton und Benzin nahezu unlöslich.



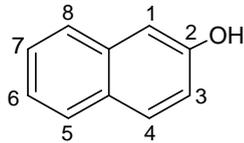
Hansarot



Name: \_\_\_\_\_

### Zusatzinformationen:

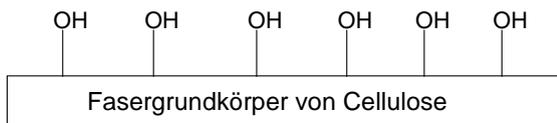
**Pigment:** Ein Pigment ist ein in seinem Anwendungsmedium unlösliches Farbmittel.



2-Naphthol

**Derivat:** Als Derivat wird eine von einer entsprechenden Grundsubstanz (Stammverbindung) abgeleitete Verbindung mit ähnlicher Struktur bezeichnet. Ihre Moleküle besitzen anstelle eines H-Atoms oder einer funktionellen Gruppe ein anderes Atom oder eine andere Atomgruppe.

### Stark vereinfachte schematische Darstellung eines Strukturausschnittes von Cellulose (Papier)



### Zusammenhang von absorbiertes Strahlung, zugehöriger Spektralfarbe und beobachteter Komplementärfarbe

Wellenlänge $\lambda$ in nm	Spektralfarbe	Komplementärfarbe
< 400	ultraviolett	farblos
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 2014

## Chemie, Leistungskurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

### 2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>

#### Pigmentscharlach und Hansarot – Druckerfarben

1. Erläutern Sie die Bildung von *o*-Nitrotoluol, ausgehend von Toluol, (1. Schritt der Synthese von *o*-Aminobenzoesäure) anhand von Reaktionsgleichungen in Einzelschritten und unter Angabe des Reaktionstyps. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Reaktion von *o*-Nitrotoluol zu *o*-Aminobenzoesäure (2. Syntheseschritt) um eine intramolekulare Redoxreaktion handelt. (20 Punkte)
2. Geben Sie die Strukturformel der zur Herstellung von Pigmentscharlach benötigten R-Säure an. Erläutern Sie die Bildung des Diazonium-Ions aus Anthranilsäure und die anschließende Bildung des Farbstoffes, auch mithilfe von Strukturformeln. Begründen Sie den Ort der Anlagerung des Diazonium-Ions an das Naphtholderivat. (18 Punkte)
3. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Struktur und Farbigkeit am Beispiel von Pigmentscharlach. Zeichnen Sie dazu eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur und geben Sie einen Bereich für das erwartete Absorptionsmaximum begründet an. (14 Punkte)
4. Erläutern Sie, welche zwischenmolekularen Kräfte zwischen Pigmentscharlach und Cellulose-Molekülen ausgebildet werden können. Erläutern Sie die Löslichkeit von Pigmentscharlach im Vergleich zu Hansarot in Wasser und beurteilen Sie die Eignung dieser beiden Farbstoffe zum Bedrucken von Wertpapieren. (14 Punkte)

### 3. Materialgrundlage

- Kratzert, W.; Peichert, R.: Farbstoffe, Quelle und Meyer, Heidelberg 1981, S. 85 ff.
- Goldschmidt, A.; Streitberger, H.: BASF-Handbuch Lackiertechnik, Vincentz Network 2002, S. 154 ff.

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i>          Theoriekonzept: Das aromatische System          Themenfeld: Farbstoffe und Farbigkeit (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Indigofarbstoffe)</p> <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entfällt</li> </ul>
--

#### 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	
1a	erläutert die Bildung von <i>o</i> -Nitrotoluol, ausgehend von Toluol, anhand von Reaktionsgleichungen in Einzelschritten, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung des Nitrylkations aus Salpetersäure mit Schwefelsäure als Katalysator,</li> <li>• das Nitryl-Kation tritt mit den <math>\pi</math>-Elektronen des Toluol-Moleküls in Wechselwirkung (<math>\pi</math>-Komplex),</li> <li>• Bildung des mesomeriestabilisierten <math>\sigma</math>-Komplexes,</li> <li>• Rearomatisierung durch Protonenabspaltung.</li> </ul>	8
1b	erläutert die Bildung von <i>o</i> -Nitrotoluol, ausgehend von Toluol, anhand von Reaktionsgleichungen in Einzelschritten und unter Angabe des Reaktionstyps, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktionstyp: elektrophile Substitution,</li> <li>• entsprechende Reaktionsgleichungen unter Verwendung von Strukturformeln.</li> </ul>	6
2	begründet mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich im zweiten Syntheseschritt um eine intramolekulare Redoxreaktion handelt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Oxidationszahl des N-Atoms wird von +III in Nitrotoluol zu –III in <i>o</i>-Aminobenzoessäure erniedrigt.</li> <li>• Gleichzeitig wird die Oxidationszahl des C-Atoms der Methylgruppe von –III in <i>o</i>-Nitrotoluol zu +III in <i>o</i>-Aminobenzoessäure erhöht.</li> <li>• Demnach finden hier innerhalb eines Moleküls eine Reduktion (Erniedrigung der Oxidationszahl) und eine Oxidation (Erhöhung der Oxidationszahl) statt.</li> </ul>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Strukturformel der zur Herstellung von Pigmentscharlach benötigten R-Säure an. (Hinweis: Unter der Bezeichnung Pigmentscharlach existieren verschiedene Farbstoffe. Bei dem angegebenen Farbstoff handelt es sich um den Farbstoff Pigmentscharlach mit dem Zusatz 3B.)	2
2a	erläutert die Bildung des Diazonium-Ions aus Anthranilsäure und die anschließende Bildung des Farbstoffes, auch mithilfe von Strukturformeln. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in seiner Erläuterung auf die Bildung von salpetriger Säure bzw. Nitrosyl-Kationen aus Natriumnitrit und Salzsäure, auf die Diazotierung von o-Aminobenzoessäure und auf die Azokupplung des Diazonium-Ions mit der angegebenen Kupplungskomponente eingeht.)	6
2b	erläutert die Bildung des Diazonium-Ions aus Anthranilsäure und die anschließende Bildung des Farbstoffes, auch mithilfe von Strukturformeln: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktionsgleichung für die Diazotierung unter Verwendung von Strukturformeln,</li> <li>• Reaktionsgleichung für die Azokupplung unter Verwendung von Strukturformeln.</li> </ul>	4
3	begründet den Ort der Anlagerung des Diazonium-Ions an das Naphtholderivat, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es handelt sich hier um eine elektrophile Drittsubstitution an das Naphthol-Derivat.</li> <li>• Die Hydroxygruppe besitzt aufgrund des freien Elektronenpaares am Sauerstoff-Atom einen +M-Effekt und dirigiert in o- bzw. p-Stellung.</li> <li>• Die Sulfonsäuregruppe dirigiert aufgrund des –M-Effektes in m-Stellung.</li> <li>• Daher kommt es zu einer Anlagerung an dem angegebenen Ort.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit am Beispiel von Pigmentscharlach. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit darstellt und Aussagen macht zur Anregung von delokalisierten $\pi$ -Elektronen und zu dem Vorliegen eines ausgedehnten $\pi$ -Elektronensystems sowie zum Einfluss der Hydroxygruppe mit ihrem +M-Effekt.)	6
2	zeichnet dazu eine weitere relevante mesomere Grenzstruktur. (Hinweis: Es muss eine Grenzstruktur angegeben werden, die für die Erklärung der Farbigkeit von Bedeutung ist.)	4
3	gibt einen Bereich für das erwartete Absorptionsmaximum begründet an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die sichtbare Farbe der Substanz ist Rot.</li> <li>• Sie ist die Komplementärfarbe zur Spektralfarbe der absorbierten Wellenlänge: Die absorbierte Spektralfarbe ist somit Blaugrün.</li> <li>• Daher liegt das Absorptionsmaximum in einem Bereich von <math>\lambda = 490-500</math> nm.</li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erläutert, welche zwischenmolekularen Kräfte zwischen Pigmentscharlach und Cellulose-Molekülen ausgebildet werden können. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen macht zur Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen, Ionen-Dipol-Wechselwirkungen und Van-der-Waals-Kräften zwischen den funktionellen Gruppen der Cellulosefaser und dem Pigmentscharlach.)</i>	6
2	erläutert die Löslichkeit von Pigmentscharlach im Vergleich zu Hansarot in Wasser. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen macht über die intramolekulare Wasserstoffbrückenbindungen, die bei Hansarot zu einer Abschirmung der polaren Gruppen führen, und über die daraus resultierende schlechtere Wasserlöslichkeit von Hansarot gegenüber Pigmentscharlach. Weiterhin sollte der Prüfling darauf eingehen, dass sich zwar zwischen der Carboxy- und der Hydroxygruppe in Pigmentscharlach ebenfalls intramolekulare Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden können, aber Pigmentscharlach aufgrund der Sulfonsäuregruppen eine höhere Wasserlöslichkeit aufweist.)</i>	6
3	beurteilt die Eignung dieser beiden Farbstoffe zum Bedrucken von Wertpapieren, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>Hansarot ist aus oben genannten Gründen besser für das Bedrucken von Wertpapieren geeignet, da neben der hohen Reinheit des Farbtons noch eine Unempfindlichkeit gegenüber Lösungsmitteln hinzukommt.</li> </ul>	2
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"> <li>strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich,</li> <li>verwendet eine differenzierte und präzise Sprache,</li> <li>veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc.,</li> <li>gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.</li> </ul>	4

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe 1**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
1a	erläutert die Bildung ...	8			
1b	erläutert die Bildung ...	6			
2	begründet mithilfe von ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>		<b>20</b>			

**Teilaufgabe 2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	gibt die Strukturformel ...	2			
2a	erläutert die Bildung ...	6			
2b	erläutert die Bildung ...	4			
3	begründet den Ort ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>18</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe 3**

	Anforderungen  Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt den Zusammenhang ...	6			
2	zeichnet dazu eine ...	4			
3	gibt einen Bereich ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>14</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen  Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert, welche zwischenmolekularen ...	6			
2	erläutert die Löslichkeit ...	6			
3	beurteilt die Eignung ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>14</b>			
	<b>Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

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

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

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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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 2014

## Chemie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Sekundenkleber

1. Stellen Sie die Ladungsverteilung im Cyanacrylsäureester-Molekül dar und erläutern Sie diese. Erklären Sie, warum sich Cyanacrylsäureester für eine anionische Polymerisation eignet. *(12 Punkte)*
2. Erläutern Sie den Kettenstart und die Kettenfortpflanzungsreaktion der anionischen Polymerisation von Cyanacrylsäureester, auch mithilfe von geeigneten Reaktionsschemata und Strukturformeln. Erläutern Sie die Mesomeriestabilisierung des Anions, auch anhand einer weiteren mesomeren Grenzstruktur. Entwickeln Sie eine mögliche Reaktion für einen Kettenabbruch. *(20 Punkte)*
3. Erläutern Sie die Rolle von Wasser beim Aushärten des Klebers. Erläutern Sie die Hydrolyse von Polycyanacrylsäureester. *(16 Punkte)*
4. Skizzieren Sie einen beschrifteten Querschnitt der Verklebung. Erläutern Sie mögliche zwischenmolekulare Wechselwirkungen innerhalb der Kohäsionszone und innerhalb der Adhäsionszone bei der Verklebung von Glas als Füge­teil. Erläutern Sie die Rolle von Wasser bei der Stabilität von Verklebungen mit Sekundenkleber. *(18 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

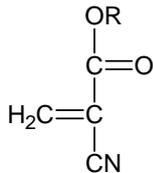
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: \_\_\_\_\_

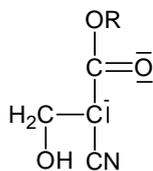
### Fachspezifische Vorgaben:

Sekundenkleber nutzt man besonders zum Kleben von Kleinteilen wie z. B. Porzellan und Glas. Sekundenkleber härten sehr schnell aus. Sie bestehen zu 100 % aus Cyanacrylsäureester (Cyanacrylat).

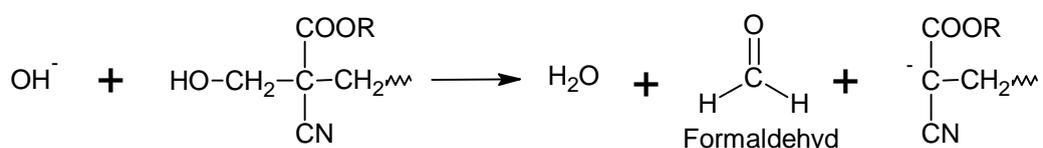
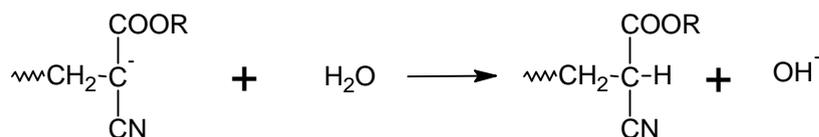
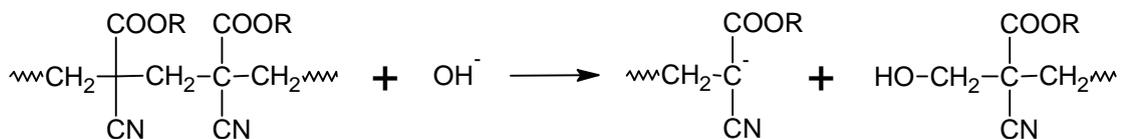


Cyanacrylsäureester

Der Klebevorgang wird durch Feuchtigkeit initiiert. Die Aushärtereaktion, die schon bei Luftfeuchtigkeit einsetzt, verläuft mit großer Geschwindigkeit. Es handelt sich dabei um eine anionische Polymerisation. Der Kettenstart erfolgt durch Addition eines Hydroxid-Ions an die C-C-Doppelbindung. Dabei wird das Hydroxid-Ion an die partiell positiv geladene CH<sub>2</sub>-Gruppe angelagert unter Bildung eines mesomeriestabilisierten Anions.



Auch Verklebungen durch Sekundenkleber sind nicht unter allen Bedingungen beständig. Eine zu hohe Feuchtigkeit kann zur Hydrolyse von Polycyanacrylsäureestern und zur Auflösung der Verklebung führen. Die Hydrolyse von Polycyanacrylsäureestern verläuft nach folgendem Schema:





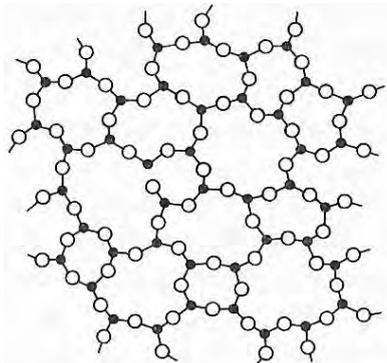
Name: \_\_\_\_\_

Kleben ist das Verbinden zweier sogenannter Fügeile mittels eines Klebstoffes. Der Klebstoff besteht aus Makromolekülen. Bei der Verklebung unterscheidet man (vereinfacht) zwischen Adhäsionszone und Kohäsionszone. Als Adhäsionszone wird die Grenzschicht zwischen Fügeileil und Klebstoff bezeichnet. Zwischen Fügeileil und Klebstoff wirken zwischenmolekulare Kräfte. Chemische Reaktionen zwischen der Oberfläche des Fügeileils und dem Klebstoff finden in der Regel nicht statt. Als Kohäsionszone wird die Zone innerhalb des Klebstoffes bezeichnet. Maßgeblich für die Belastbarkeit einer Klebestelle ist die schwächste Stelle innerhalb der Verklebung.

### Zusatzinformationen:

**Glas** besteht im Wesentlichen aus Siliciumdioxid. Glas ist eine erstarrte Schmelze, deren Atome keine kristalline Struktur ausgebildet haben. Glas besitzt eine amorphe Struktur.

### Aufbau von Glas:



- Silicium-Atom    ○ Sauerstoff-Atom

**Unterlagen für die Lehrkraft****Abiturprüfung 2014**  
**Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Sekundenkleber**

1. Stellen Sie die Ladungsverteilung im Cyanacrylsäureester-Molekül dar und erläutern Sie diese. Erklären Sie, warum sich Cyanacrylsäureester für eine anionische Polymerisation eignet. (12 Punkte)
2. Erläutern Sie den Kettenstart und die Kettenfortpflanzungsreaktion der anionischen Polymerisation von Cyanacrylsäureester, auch mithilfe von geeigneten Reaktionsschemata und Strukturformeln. Erläutern Sie die Mesomeriestabilisierung des Anions, auch anhand einer weiteren mesomeren Grenzstruktur. Entwickeln Sie eine mögliche Reaktion für einen Kettenabbruch. (20 Punkte)
3. Erläutern Sie die Rolle von Wasser beim Aushärten des Klebers. Erläutern Sie die Hydrolyse von Polycyanacrylsäureester. (16 Punkte)
4. Skizzieren Sie einen beschrifteten Querschnitt der Verklebung. Erläutern Sie mögliche zwischenmolekulare Wechselwirkungen innerhalb der Kohäsionszone und innerhalb der Adhäsionszone bei der Verklebung von Glas als Füge­teil. Erläutern Sie die Rolle von Wasser bei der Stabilität von Verklebungen mit Sekundenkleber. (18 Punkte)

**3. Materialgrundlage**

- Tiede, B. : Makromolekulare Chemie, 2. Aufl., WILEY-VCH Verlag, Weinheim 2005
- Informationsserie des Fonds der Chemischen Industrie, 27: Kleben/Klebstoffe, 2001
- <http://www.uhu.com/produkte/sekundenkleber.html> (Zugriff 11.06.2013)
- <http://www.uhu-profi.de/produkte/sekundenklebstoffe-cyanacrylat.html> (Zugriff 11.06.2011)

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2014

<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"> <li>• entfällt</li> </ul>
--

#### 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	stellt die Ladungsverteilung im Cyanacrylsäureester-Molekül dar. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling an der Strukturformel des Cyanacrylsäureester-Moleküls z. B. die negativen Partialladungen an der Cyanogruppe und der Estergruppe und die positive Partialladung an der CH <sub>2</sub> -Gruppe entsprechend kennzeichnet.)	2
2	erläutert die Ladungsverteilung im Cyanacrylsäureester-Molekül, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sauerstoff und Stickstoff haben eine höhere Elektronegativität als Kohlenstoff.</li> <li>• Die Estergruppe und die Cyanogruppe üben einen negativen induktiven Effekt auf die Doppelbindung aus.</li> <li>• Die CH<sub>2</sub>-Gruppe ist deshalb partiell positiv geladen, die Cyanogruppe und die Estergruppe sind partiell negativ geladen.</li> </ul>	4
3	erklärt, warum sich Cyanacrylsäureester für eine anionische Polymerisation eignet, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyanacrylsäureester-Moleküle besitzen eine Doppelbindung und eignen sich deshalb für eine Polymerisation.</li> <li>• Die Doppelbindung ist aufgrund der –I-Effekte der Cyano- und der Estergruppe relativ elektronenarm, weshalb ein Anion an die Doppelbindung addiert werden kann. Die Polymerisation verläuft nach dem Mechanismus der anionischen Polymerisation.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

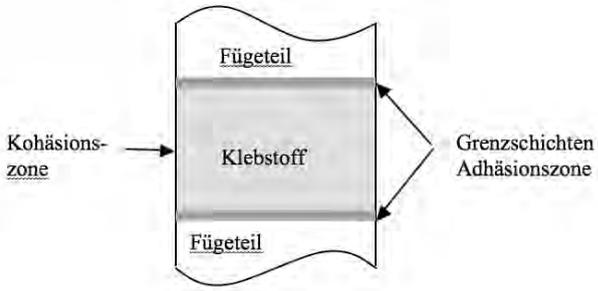
## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert den Kettenstart und die Kettenfortpflanzungsreaktion der anionischen Polymerisation von Cyanacrylsäureester, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Addition des Hydroxid-Ions an die Doppelbindung, dabei entsteht ein Carbanion.</li> <li>• Das Carbanion reagiert mit einem weiteren Cyanacrylsäureester-Molekül, wobei die Kette verlängert wird und ein neues Carbanion entsteht.</li> <li>• Die Kette kann verlängert werden, bis kein Edukt mehr vorhanden ist oder eine Abbruchreaktion stattfindet.</li> </ul> <p><i>(Hinweis: Der Begriff Carbanion wird nicht erwartet.)</i></p>	6
1b	<p>erläutert den Kettenstart und die Kettenfortpflanzungsreaktion der anionischen Polymerisation von Cyanacrylsäureester, auch mithilfe von geeigneten Reaktionsgleichungen (Strukturformeln):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe von entsprechenden Reaktionsgleichungen mit Strukturformeln.</li> </ul>	4
2	<p>erläutert die Mesomeriestabilisierung des Anions, auch anhand einer weiteren mesomeren Grenzstruktur, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe einer weiteren mesomeren Grenzstruktur mit der negativen Ladung am O-Atom,</li> <li>• Mesomeriestabilisierung des Moleküls durch Delokalisierung der negativen Ladung über mehrere Atome.</li> </ul>	6
3	<p>entwickelt eine mögliche Reaktion für einen Kettenabbruch.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling eine mögliche, sinnvolle Kettenabbruchreaktion, wie zum Beispiel die Addition eines Protons an das Carbanion, formuliert.)</i></p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Rolle von Wasser beim Aushärten des Klebers, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Aushärtung des Klebstoffes erfolgt durch Polymerisation.</li> <li>• Die Polymerisation wird durch Wasser gestartet.</li> <li>• Durch Wasser-Moleküle können eine Vielzahl von Kettenstarts ermöglicht werden.</li> <li>• Dadurch härtet der Kleber schneller aus, die einzelnen Polymerketten sind jedoch auch kürzer.</li> </ul>	8
2	<p>erläutert die Hydrolyse von Polycyanacrylsäureester, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Hydroxid-Ionen greifen am positiv polarisierten Kohlenstoffatom der CH<sub>2</sub>-Gruppe an.</li> <li>• Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung wird gespalten, dabei wird die Polymerkette verkürzt. Es entstehen zwei Polymerbruchstücke, ein Carbanion und ein Bruchstück mit einer Hydroxygruppe.</li> <li>• Das Carbanion reagiert mit Wasser unter Addition eines Protons und Bildung eines Hydroxid-Ions.</li> <li>• Das verkürzte Polymerbruchstück mit der Hydroxygruppe wird wie im ersten Schritt durch ein Hydroxid-Ion gespalten. Dabei entstehen Formaldehyd und Wasser.</li> </ul>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**Teilaufgabe 4**

Anforderungen		maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	skizziert einen beschrifteten Querschnitt der Verklebung, z. B.: 	4
2	erläutert mögliche zwischenmolekulare Wechselwirkungen innerhalb der Kohäsionszone und innerhalb der Adhäsionszone bei der Verklebung von Glas als Fügeteil. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf Van-der-Waals-Kräfte und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen zwischen Glas und Polycyanacrylsäureester eingeht.)	6
3	erläutert die Rolle von Wasser bei der Stabilität von Verklebungen mit Sekundenkleber, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Wasser wird Polycyanacrylsäureester hydrolysiert.</li> <li>• Durch die Hydrolyse werden die Polymerketten kürzer.</li> <li>• Zwischen den einzelnen kürzeren Molekülen können sich nur schwächere zwischenmolekulare Kräfte ausbilden.</li> <li>• Dadurch werden die zwischenmolekularen Kräfte sowohl in der Adhäsionszone als auch in der Kohäsionszone geschwächt.</li> </ul>	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.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich,</li> <li>• verwendet eine differenzierte und präzise Sprache,</li> <li>• veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc.,</li> <li>• gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.</li> </ul>	4

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe 1**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
1	stellt die Ladungsverteilung ...	2			
2	erläutert die Ladungsverteilung ...	4			
3	erklärt, warum sich ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>		<b>12</b>			

**Teilaufgabe 2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	erläutert den Kettenstart ...	6			
1b	erläutert den Kettenstart ...	4			
2	erläutert die Mesomeriestabilisierung ...	6			
3	entwickelt eine mögliche ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>20</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe 3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	erläutert die Rolle ...	8			
2	erläutert die Hydrolyse ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>16</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	skizziert einen beschrifteten ...	4			
2	erläutert mögliche zwischenmolekulare ...	6			
3	erläutert die Rolle ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der 1., 2., 3. und 4. Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

**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			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>150</b>			
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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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