



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

# Abiturprüfung 2013

## Chemie, Grundkurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Eloxieren von Aluminium

1. Geben Sie die Edukte und Produkte für die Reaktionen an, die beim Vorbereiten des Aluminiumblechs für das Eloxieren ablaufen. Begründen Sie, warum das Blech nach dem Einsetzen der Gasentwicklung aus der Lösung genommen und mit destilliertem Wasser abgespült werden muss. Beurteilen Sie, ob es sich bei den Reaktionen während der Vorbereitung des Aluminiumblechs für das Eloxieren um Redoxreaktionen handelt. *(18 Punkte)*
2. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze der Versuchsanordnung zum Eloxieren von Aluminium. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die beim Eloxieren ablaufenden Elektrodenreaktionen einschließlich der Gesamtreaktion auf. Berechnen Sie die während des Modellexperiments umgesetzte Aluminium-Masse. *(24 Punkte)*
3. Erklären Sie die Beobachtungen bei Färbung, Versiegelung des eloxierten Aluminiumblechs und Prüfung der Versiegelung. Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für das Entfernen einer Aluminiumoxidschicht mit alkalischer Lösung. *(18 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

Aluminium ist ein sehr unedles Metall, aber trotzdem ein bedeutsamer und in vielen Bereichen eingesetzter Werkstoff. An Aluminiumoberflächen bildet sich mit Luft eine dünne Schicht aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), durch die das Metall gegen weitere Oxidation an der Luft oder Oxidation durch verdünnte Säure geschützt wird. Die so gebildete Oxidschicht von Aluminium ist sehr dünn und nicht kratzfest.

Mit dem sogenannten Eloxal-Verfahren („Elektrochemische Oxidation von Aluminium“) kann die Oxidschicht von Aluminium deutlich verstärkt werden. Dabei wird zunächst die vorhandene Oxidschicht mit verdünnter Natronlauge entfernt. Dann wird durch Elektrolyse eine dickere neue Schicht aus Aluminiumoxid gebildet (**Eloxieren**). In der von der Oberfläche nach innen wachsenden Oxidschicht bilden sich Vertiefungen aus, in die ein Farbstoff eingelagert werden kann. Anschließend werden die Vertiefungen verschlossen, indem man die Oberfläche mit siedendem Wasser zu Aluminiumoxidhydroxid ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ) reagieren lässt. Diese Schicht ist sehr hart und beständig gegenüber vielen Chemikalien.

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

#### 1. Vorbereitung eines Aluminiumblechs:

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

#### 2. Eloxieren des Aluminiumblechs:

Das zu eloxierende Blech und ein weiteres Aluminiumblech wurden vollständig in eine Schwefelsäure-Lösung mit  $\text{pH} = 0$  eingetaucht und an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen.

Die Spannungsquelle wurde so eingestellt, dass sich eine konstante Stromstärke von  $I = 0,86 \text{ A}$  ergab. Am Aluminiumblech, das an den Minuspol angeschlossen wurde, bildeten sich dabei Gasbläschen. Nach einer Versuchszeit von  $t = 4500 \text{ s}$  wurde der Versuch beendet.

#### 3. Färbung und Versiegelung des eloxierten Aluminiumblechs:

Das eloxierte Aluminiumblech wurde mit destilliertem Wasser abgespült und in die Lösung eines Universalindikators gelegt. Nach einer Stunde wurde das Blech aus der Lösung genommen und kurz mit Wasser abgespült. Das Blech war jetzt eingefärbt. Es wurde nun zur Hälfte in siedendes Wasser getaucht, sodass auf dieser Hälfte des Blechs die Vertiefungen versiegelt wurden.

#### 4. Prüfung der Versiegelung:

Das Blech wurde in eine alkalische Lösung ( $\text{pH} = 10$ ) gelegt. Nach einiger Zeit änderte sich auf der nicht versiegelten Hälfte des Blechs die Farbe und löste sich ab. Außerdem bildeten sich an diesem Teil des Blechs Gasbläschen. An der versiegelten Hälfte des Blechs waren keine Veränderungen zu beobachten.



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

**Zusatzinformationen:**

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

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

**Elektrochemische Spannungsreihe**

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

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

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2013

## Chemie, Grundkurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

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

#### Eloxieren von Aluminium

1. Geben Sie die Edukte und Produkte für die Reaktionen an, die beim Vorbereiten des Aluminiumblechs für das Eloxieren ablaufen. Begründen Sie, warum das Blech nach dem Einsetzen der Gasentwicklung aus der Lösung genommen und mit destilliertem Wasser abgespült werden muss. Beurteilen Sie, ob es sich bei den Reaktionen während der Vorbereitung des Aluminiumblechs für das Eloxieren um Redoxreaktionen handelt. *(18 Punkte)*
2. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze der Versuchsanordnung zum Eloxieren von Aluminium. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für die beim Eloxieren ablaufenden Elektrodenreaktionen einschließlich der Gesamtreaktion auf. Berechnen Sie die während des Modellexperiments umgesetzte Aluminium-Masse. *(24 Punkte)*
3. Erklären Sie die Beobachtungen bei Färbung, Versiegelung des eloxierten Aluminiumblechs und Prüfung der Versiegelung. Entwickeln Sie eine Reaktionsgleichung für das Entfernen einer Aluminiumoxidschicht mit alkalischer Lösung. *(18 Punkte)*

### 3. Materialgrundlage

- <http://electrochem.cwru.edu/encycl/art-a02-anodizing.htm> (Zugriff 13.02.2012)
- <http://www.ksh.edu/uploads/media/15.Eloxieren.pdf> (Zugriff 14.02.2012)
- [http://www.alutecta.de/alutecta\\_home/eloxal\\_2.html](http://www.alutecta.de/alutecta_home/eloxal_2.html) (Zugriff 13.02.2012)
- [http://fdzchemie.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/fd\\_zentrum\\_chemie/Arbeitsanleitungen\\_Schulversuche\\_AC/Woche7.pdf](http://fdzchemie.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/fd_zentrum_chemie/Arbeitsanleitungen_Schulversuche_AC/Woche7.pdf) (Zugriff 14.02.2012)

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

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i>          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>• Konzentrationsabhängigkeit der Potentiale ohne Berechnung</li> </ul> <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entfällt</li> </ul>
---

#### 5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

#### 6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

##### Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

##### Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Edukte und Produkte für die Reaktionen an, die beim Vorbereiten des Aluminiumblechs für das Eloxieren ablaufen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunächst reagieren <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{H}_2\text{O}</math> und <math>\text{OH}^-</math> unter Bildung von <math>[\text{Al}(\text{OH})_4]^-</math>.</li> <li>• Bei Gasentwicklung reagieren <math>\text{Al}</math>, <math>\text{H}_2\text{O}</math> und <math>\text{OH}^-</math> unter Bildung von <math>\text{H}_2</math> und <math>[\text{Al}(\text{OH})_4]^-</math>.</li> </ul>	6
2	begründet, warum das Blech nach dem Einsetzen der Gasentwicklung aus der Lösung genommen und mit destilliertem Wasser abgespült werden muss, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Einsetzen der Gasentwicklung zeigt an, dass die Aluminiumoxidschicht abgelöst ist.</li> <li>• Das nun freiliegende Aluminium reagiert mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff.</li> <li>• Die Einwirkung von Natronlauge muss daher durch Abspülen beendet werden.</li> </ul>	6
3	beurteilt, ob es sich bei den Reaktionen während der Vorbereitung des Aluminiumblechs für das Eloxieren um Redoxreaktionen handelt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Auflösen von Aluminiumoxid ist keine Redoxreaktion.</li> <li>• Die Reaktion von Aluminium, Wasser und Hydroxid-Ionen zu Aluminat-Ionen und Wasserstoff ist eine Redoxreaktion, da Aluminium von der Oxidationszahl 0 zur Oxidationszahl +III oxidiert wird und Wasserstoff von der Oxidationszahl +I in Wasser zur Oxidationszahl 0 in Wasserstoff reduziert wird.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	zeichnet eine beschriftete Skizze für die Versuchsanordnung zum Eloxieren von Aluminium. <i>(Hinweis: In der Skizze werden erwartet: Spannungsquelle, Aluminiumbleche, die in Schwefelsäure-Lösung tauchen, wobei das zu eloxierende Aluminiumblech als Anode (Pluspol), das andere als Kathode (Minuspol) geschaltet ist.)</i>	6
2a	stellt die Reaktionsgleichungen für die beim Eloxieren ablaufenden Elektrodenreaktionen auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anode: <math>\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^-</math></li> <li style="padding-left: 2em;"><math>2 \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{H}^+(\text{aq})</math></li> <li>• Kathode: <math>2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})</math></li> </ul> <i>(Alternativ: <math>2 \text{Al(s)} + 9 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^-</math>)</i>	6
2b	stellt die Reaktionsgleichung für die beim Eloxieren ablaufende Gesamtreaktion auf, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>2 \text{Al(s)} + 3 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g})</math></li> </ul>	4
3	berechnet die während des Modellexperiments umgesetzte Aluminium-Masse, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>I \cdot t = n \cdot z \cdot F</math></li> <li>• <math>I = 0,86 \text{ A}; t = 4500 \text{ s}; z = 3</math></li> <li>• <math>n(\text{Al}) = 0,86 \text{ A} \cdot 4500 \text{ s} / (3 \cdot 96485 \text{ As/mol}) \approx 0,0134 \text{ mol}</math></li> <li>• <math>m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al})</math></li> <li>• <math>m(\text{Al}) = 0,0134 \text{ mol} \cdot 26,98 \text{ g/mol} \approx 0,36 \text{ g}</math></li> </ul>	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erklärt die Beobachtungen bei Färbung, Versiegelung des eloxierten Aluminiumblechs und Prüfung der Versiegelung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Färbung des eloxierten Aluminiumblechs lagert sich der Farbstoff in die Vertiefungen in der Oxidschicht ein.</li> <li>• Durch Eintauchen in heißes Wasser sind in der einen Hälfte des Blechs die Vertiefungen durch Versiegelung mit Aluminiumoxidhydroxid geschlossen worden.</li> </ul>	6
1b	erklärt die Beobachtungen bei Färbung, Versiegelung des eloxierten Aluminiumblechs und Prüfung der Versiegelung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beim Einlegen des Blechs in eine alkalische Lösung ist nur am nicht versiegelten Teil des Blechs eine Farbänderung zu erkennen.</li> <li>• Die Farbänderung beruht auf der Reaktion des Indikators, der in den offenen Vertiefungen der Oxidschicht eingelagert ist, mit der alkalischen Lösung.</li> <li>• Ohne Versiegelung reagieren Aluminiumoxid und auch Aluminium mit der alkalischen Lösung. Daher löst sich die Aluminiumoxidschicht mit dem Farbstoff ab.</li> <li>• Durch Reaktion von Aluminium mit Wasser bildet sich Wasserstoffgas.</li> </ul>	8
2	entwickelt eine Reaktionsgleichung für das Entfernen einer Aluminiumoxidschicht mit alkalischer Lösung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 [\text{Al}(\text{OH})_4]^-(\text{aq})</math></li> </ul>	4
3	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"> <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>	3

**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	gibt die Edukte ...	6			
2	begründet, warum das ...	6			
3	beurteilt, ob es ...	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	zeichnet eine beschriftete ...	6			
2a	stellt die Reaktionsgleichungen ...	6			
2b	stellt die Reaktionsgleichung ...	4			
3	berechnet die während ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>	<b>24</b>			

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



**Teilaufgabe 3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1a	erklärt die Beobachtungen ...	6			
1b	erklärt die Beobachtungen ...	8			
2	entwickelt eine Reaktionsgleichung ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe</b>	<b>60</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>67</b>			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
<b>Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe</b>	<b>67</b>			
<b>Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe</b>	<b>67</b>			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>134</b>			
<b>aus der Punktsumme 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 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 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



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

# Abiturprüfung 2013

## Chemie, Grundkurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Die Schwefelung von Wein

1. Geben Sie Reaktionsgleichungen für die Bildung von Hydrogensulfit-Ionen und Sulfit-Ionen bei der Schwefelung von Wein an. Erläutern Sie anhand dieser Reaktionsgleichungen das Säure-Base-Konzept nach Brönsted und erklären Sie, warum die Bildung der im Wein vorliegenden Teilchen vom pH-Wert abhängig ist. *(20 Punkte)*
2. Geben Sie die Reaktionsgleichungen für die Teilschritte an, die bei der beschriebenen Analyse des Weißweins ablaufen. Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerquellen bei den Analyseschritten und deren Auswirkung auf das Analyseergebnis. Begründen Sie, warum mit der beschriebenen Analyse die Konzentration der gesamten „freien Schwefligen Säure“ ermittelt werden kann. *(24 Punkte)*
3. Skizzieren Sie für die Säure-Base-Titration einen beschrifteten Versuchsaufbau. Berechnen Sie die Massenkonzentration an freier Schwefliger Säure im untersuchten Weißwein und beurteilen Sie, ob dieser Weißwein für den Verzehr zugelassen werden kann. *(16 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

Schon seit der Antike wird Wein durch die sogenannte Schwefelung haltbar gemacht. Heute leiten die Winzer dazu meist Schwefeldioxidgas,  $\text{SO}_2(\text{g})$ , in den Wein ein.

Dabei laufen folgende Reaktionen unter Bildung von Schwefliger Säure,  $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ , ab:

- (1)  $\text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{aq})$
- (2)  $\text{SO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$

Diese reagiert mit dem im Wein enthaltenen Wasser weiter zu Hydrogensulfit- und Sulfit-Ionen.

Durch die Schwefelung liegen im Wein also Schwefeldioxid, Schweflige Säure, Hydrogensulfit- und Sulfit-Ionen vor, deren Bildung vom pH-Wert abhängt. Diese Teilchen reagieren – vom Winzer erwünscht – mit verschiedenen Inhaltsstoffen des Weins.

Schwefeldioxid, Schweflige Säure, Hydrogensulfit- und Sulfit-Ionen, die nicht durch die erwünschten Reaktionen verbraucht werden, fasst man im Weinbau unter dem Begriff „freie Schweflige Säure“ zusammen.

Bleibt ein zu hoher Gehalt an „freier Schwefliger Säure“ im Wein zurück, so beeinträchtigt dies den Geschmack des Weins und kann für den Menschen gesundheitsschädlich sein. Daher darf die Massenkonzentration bei der Abfüllung in Flaschen bei einem Weißwein z. B. nicht über  $\beta(\text{H}_2\text{SO}_3) = 50 \text{ mg/L}$  liegen.

Die Massenkonzentration an freier Schwefliger Säure im verkaufsfertigen Wein kann man z. B. durch folgende Analyse bestimmen.

### Analyse:

Im 1. Schritt wird der Wein mit einer starken Säure erhitzt. Das frei werdende Schwefeldioxidgas soll vollständig ausgetrieben und in eine wässrige Wasserstoffperoxid-Lösung ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) eingeleitet werden, in der die sich bildende Schweflige Säure dann zu Schwefelsäure oxidiert wird.

Im 2. Schritt wird die Schwefelsäure-Lösung mit Natronlauge ( $c = 0,01 \text{ mol/L}$ ) in Gegenwart von Phenolphthalein als Indikator titriert.

Bei der Analyse von 50 mL eines Weißweins wurden  $V(\text{NaOH}) = 7,2 \text{ mL}$  Natronlauge verbraucht.

### Zusatzinformationen:

$$\text{p}K_5(\text{H}_2\text{SO}_3/\text{HSO}_3^-) = 1,81 \quad \text{p}K_6(\text{HSO}_3^-/\text{SO}_3^{2-}) = 7,04$$
$$M(\text{H}_2\text{SO}_3) = 82 \text{ g/mol}$$

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2013

## Chemie, Grundkurs

---

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

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

#### Die Schwefelung von Wein

1. Geben Sie Reaktionsgleichungen für die Bildung von Hydrogensulfit-Ionen und Sulfit-Ionen bei der Schwefelung von Wein an. Erläutern Sie anhand dieser Reaktionsgleichungen das Säure-Base-Konzept nach Brönsted und erklären Sie, warum die Bildung der im Wein vorliegenden Teilchen vom pH-Wert abhängig ist. *(20 Punkte)*
2. Geben Sie die Reaktionsgleichungen für die Teilschritte an, die bei der beschriebenen Analyse des Weißweins ablaufen. Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerquellen bei den Analyseschritten und deren Auswirkung auf das Analyseergebnis. Begründen Sie, warum mit der beschriebenen Analyse die Konzentration der gesamten „freien Schwefligen Säure“ ermittelt werden kann. *(24 Punkte)*
3. Skizzieren Sie für die Säure-Base-Titration einen beschrifteten Versuchsaufbau. Berechnen Sie die Massenkonzentration an freier Schwefliger Säure im untersuchten Weißwein und beurteilen Sie, ob dieser Weißwein für den Verzehr zugelassen werden kann. *(16 Punkte)*

### 3. Materialgrundlage

- Zimmermann, T.: Grundkurs Schweflige Säure. Staatliches Weinbauinstitut Freiburg 2008; [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1233476\\_11/WBI\\_DBW%202008\\_10%20Grundkurs%20Schweflige%20S%C3%A4ure.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1233476_11/WBI_DBW%202008_10%20Grundkurs%20Schweflige%20S%C3%A4ure.pdf) (Zugriff 15.02.2012)
- Eder, R.: Was ist Schwefeldioxid bzw. Schwefelige Säure? Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Österreich; [www.oehboku.at/uploads/media/BOKU-WCH-MIBI-4.ppt](http://www.oehboku.at/uploads/media/BOKU-WCH-MIBI-4.ppt) (Zugriff 15.02.2012)

---

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

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

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

#### 5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

#### 6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

##### Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

##### Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Reaktionsgleichungen für die Bildung von Hydrogensulfit-Ionen und Sulfit-Ionen bei der Schwefelung von Wein an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• (3) <math>\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})</math>,</li> <li>• (4) <math>\text{HSO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})</math>.</li> </ul>	6
2	erläutert anhand dieser Reaktionsgleichungen das Säure-Base-Konzept nach Brönsted. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die Säure-Base-Definition nach Brönsted nennt und auf eines der o. a. Gleichgewichte anwendet, also z. B. Schweflige Säure als Protonendonator und damit nach Brönsted als Säure und Wasser als Protonenakzeptor und damit als Base charakterisiert.)</i>	6
3	erklärt, warum die Bildung der im Wein vorliegenden Teilchen vom pH-Wert abhängig ist, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei einer sehr geringen Oxonium-Ionen-Konzentration liegt das Gleichgewicht (4) auf der Seite der Produkte. Sulfit-Ionen werden also in größeren Mengen nur dann im Wein vorliegen, wenn dieser einen relativ hohen pH-Wert hat.</li> <li>• Ein Anstieg der Oxonium-Ionen-Konzentration bewirkt eine Verschiebung dieses Gleichgewichts auf die Seite der Edukte und damit eine Erhöhung der Konzentration der Hydrogensulfit-Ionen. Sie liegen daher bei einem niedrigeren pH-Wert im Wein vor.</li> <li>• Eine hohe Oxonium-Ionen-Konzentration verschiebt Gleichgewicht (3) auf die Seite der Edukte und damit auch die Gleichgewichte (2) und (1). In sehr saurem Wein werden demnach vor allem <math>\text{SO}_2(\text{aq})</math>- und <math>\text{H}_2\text{SO}_3</math>-Moleküle vorliegen.</li> </ul>	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>gibt die Reaktionsgleichungen für die Teilschritte an, die bei der beschriebenen Analyse des Weißweins ablaufen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Austreiben des Schwefeldioxidgases durch Zugabe einer starken Säure:  <math>\text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})</math>  <math>\text{HSO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})</math>  <math>\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})</math></li> </ul> <p>(Hinweis: Die Angabe von Reaktionsgleichungen ausgehend von Sulfit-Ionen über Hydrogensulfit-Ionen und Schwefliger Säure zu Schwefeldioxidgas ist ebenso zu akzeptieren.)</p>	6
1b	<p>gibt die Reaktionsgleichungen für die Teilschritte an, die bei der beschriebenen Analyse des Weißweins ablaufen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktionen in <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>-Lösung:  <math>\text{SO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})</math>  <math>\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})</math></li> <li>Neutralisation bei der Titration:  <math>\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})</math></li> </ul>	6
2	<p>erläutert zwei mögliche Fehlerquellen bei den Analyseschritten und deren Auswirkung auf das Analyseergebnis, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schwefeldioxid wird nicht vollständig ausgetrieben oder nicht vollständig in die Wasserstoffperoxid-Lösung überführt; das Ergebnis würde dann zu niedrig sein.</li> <li>Andere Säuren mit niedriger Siedetemperatur könnten mit ausgetrieben werden; das Ergebnis würde zu hoch sein.</li> </ul> <p>(Hinweis: Auch andere Fehlerquellen, z. B. Titrationsfehler, können erläutert werden.)</p>	4
3	<p>begründet, warum mit der beschriebenen Analyse die Konzentration der gesamten „freien Schwefligen Säure“ ermittelt werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Erhöhung der Oxonium-Ionen-Konzentration durch die Säurezugabe bewirkt eine Gleichgewichtsverschiebung der Gleichgewichte 1 bis 4 jeweils auf die Seite des Edukts (siehe auch Aufgabe 1).</li> <li>Durch das Austreiben des Schwefeldioxidgases wird eine Gleichgewichtseinstellung verhindert, sodass Sulfit-Ionen, Hydrogensulfit-Ionen und Schweflige Säure und damit alle Bestandteile der Schwefligen Säure zu Schwefeldioxidgas reagieren.</li> <li>Dadurch ist es möglich, die gesamte freie Schweflige Säure als Schwefeldioxidgas aus der Weinprobe in die Wasserstoffperoxid-Lösung zu überführen.</li> <li>Dort reagiert sie zu Schwefelsäure, deren Konzentration durch die Titration bestimmt werden kann. Daher ist davon auszugehen, dass durch die Analyse die Massenkonzentration der gesamten freien Schwefligen Säure ermittelt werden kann.</li> </ul>	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	skizziert für die Säure-Base-Titration einen beschrifteten Versuchsaufbau. (Hinweis: Es wird erwartet, dass die Skizze aus einem Glasgefäß, gefüllt mit Schwefelsäure und Phenolphthalein, sowie aus einer Bürette mit Natronlauge besteht. Ggf. wird noch ein Magnetrührer dargestellt. Die Skizze soll vollständig beschriftet sein.)	6
2	berechnet die Massenkonzentration an freier Schwefliger Säure im untersuchten Weißwein, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>Für die Titration von Schwefelsäure mit Natronlauge gilt: <math>n(\text{H}_2\text{SO}_4) / n(\text{NaOH}) = 1/2</math>.</li> <li><math>n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,036 \text{ mmol}</math>.</li> <li><math>n(\text{H}_2\text{SO}_3) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,036 \text{ mmol}</math>.</li> <li><math>m(\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,036 \text{ mmol} \cdot 82 \text{ g/mol} = 2,952 \text{ mg}</math>.</li> <li>Aus 2,952 mg in 50 mL ergibt sich die Massenkonzentration von <math>\beta(\text{H}_2\text{SO}_3) = 59,04 \text{ mg/L}</math>.</li> </ul>	8
3	beurteilt, ob dieser Weißwein für den Verzehr zugelassen werden kann, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Massenkonzentration an freier Schwefliger Säure liegt in diesem Weißwein oberhalb des zugelassenen Grenzwertes. Er darf nicht zugelassen werden.</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.	4
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>	3



**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	gibt die Reaktionsgleichungen ...	6			
2	erläutert anhand dieser ...	6			
3	erklärt, warum die ...	8			
4	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
1a	gibt die Reaktionsgleichungen ...	6			
1b	gibt die Reaktionsgleichungen ...	6			
2	erläutert zwei mögliche ...	4			
3	begründet, warum mit ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>24</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 für die ...	6			
2	berechnet die Massenkonzentration ...	8			
3	beurteilt, ob dieser ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>16</b>			
	<b>Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe</b>	<b>60</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>67</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>	<b>67</b>			
<b>Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe</b>	<b>67</b>			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>134</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 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 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



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

# Abiturprüfung 2013

## Chemie, Grundkurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Methylenblau in sich selbst zerstörenden DVDs

1. Erläutern Sie die Reaktionsschritte für die Synthese von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol unter Angabe des Reaktionstyps. Begründen Sie den Ort der Nitrosierung bei dieser Reaktion. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Folgereaktion zu 1-(Dimethylamino)-4-aminobenzol um eine Reduktion von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol handelt. (20 Punkte)
2. Erklären Sie anhand des Absorptionsspektrums von Methylenblau den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit. Erläutern Sie anhand der Molekülstruktur, warum Methylenblau farbig, Leukomethylenblau jedoch farblos ist. Geben Sie eine weitere mesomere Grenzstruktur für Methylenblau an. (22 Punkte)
3. Entwickeln Sie zum einen für die Abspaltung des Substituenten der Verbindung A und zum anderen für die bei der Dunkelfärbung der DVD ablaufende Reaktion die Reaktionsgleichungen. Geben Sie die entsprechenden Reaktionstypen an. Beurteilen Sie, ob für die selbstzerstörende DVD auch ein violetter Farbstoff eingesetzt werden könnte. (18 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

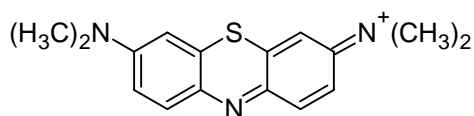
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

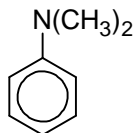
Anfang dieses Jahrhunderts kamen sich selbst zerstörende DVDs auf den Markt, die die konventionellen Leih-DVDs ersetzen sollten. Diese DVDs haben eine begrenzte Nutzungsdauer, indem sie durch Dunkelfärbung unbrauchbar gemacht werden. Die Dunkelfärbung kann durch die Bildung des Farbstoffs Methylenblau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



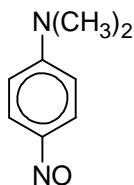
Methylenblau-Kation

Methylenblau wird in einem mehrstufigen Prozess aus den Edukten 1-(Dimethylamino)-benzol, 1-(Dimethylamino)-4-aminobenzol und elementarem Schwefel hergestellt.

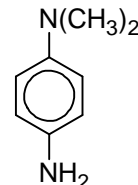
Das Edukt 1-(Dimethylamino)-4-aminobenzol kann aus 1-(Dimethylamino)-benzol in zwei Stufen synthetisiert werden. Dazu wird im ersten Schritt 1-(Dimethylamino)-benzol mit Nitrosyl-Kationen ( $\text{NO}^+$ ), die sich in einem Gemisch aus Schwefelsäure und Natriumnitrit ( $\text{NaNO}_2$ ) bilden, zur Reaktion gebracht. Das Produkt dieser Reaktion (1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol) wird in einem Zink-Salzsäure-Gemisch zu 1-(Dimethylamino)-4-aminobenzol reduziert.



1-(Dimethylamino)-  
benzol



1-(Dimethylamino)-  
4-nitrosobenzol

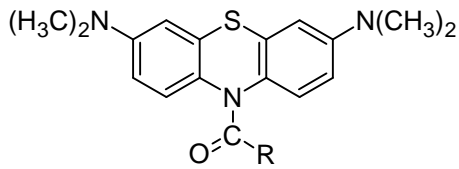


1-(Dimethylamino)-  
4-aminobenzol

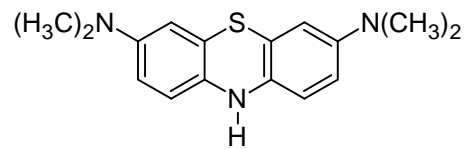
Die Einweg-DVDs sind aus zwei miteinander verklebten Schichten aufgebaut. Die obere Schicht enthält die Daten, die vom DVD-Laser mithilfe eines Laserstrahls der Wellenlänge  $\lambda = 650 \text{ nm}$  durch die untere Schicht hindurch gelesen werden können. Die untere Schicht besteht aus einem luftdurchlässigen Kunststoff. Der Kleber zwischen beiden Schichten enthält eine substituierte Form des farblosen Leuko-Methylenblaus (Verbindung A). Der Substituent (-COR) verhindert eine Oxidation mit Luftsauerstoff während der Produktion der DVD.



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



Verbindung A

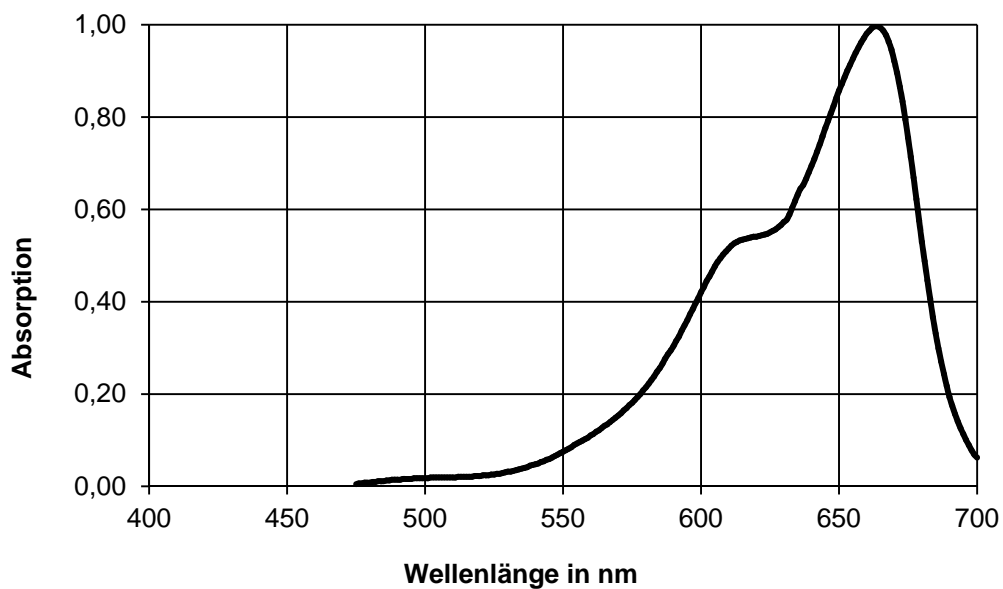


Leuko-Methylenblau

Unmittelbar vor dem luftdichten Verpacken der DVD wird der Substituent durch eine Reaktion mit Wasser abgespalten, sodass Leuko-Methylenblau in der Kleberschicht vorliegt. Nach Entnahme der zunächst farblosen und lesbaren DVD aus der Verpackung wird Leuko-Methylenblau durch Reaktion mit Luftsauerstoff in einem ca. 48 Stunden andauernden Prozess in das farbige Methylenblau überführt. Die dadurch eingefärbte DVD ist nicht mehr lesbar, weil das Licht des Lasers absorbiert wird.

### Zusatzinformationen:

#### Spektrum von Methylenblau





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

**Zusammenhang von absorbierter Strahlung, zugehöriger Spektralfarbe und beobachteter Komplementärfarbe**

<b>Wellenlänge <math>\lambda</math> in nm</b>	<b>Spektralfarbe</b>	<b>Komplementärfarbe</b>
400 – 435	violett	gelbgrün
435 – 480	blau	gelb
480 – 490	grünblau	orange
490 – 500	blaugrün	rot
500 – 560	grün	purpur
560 – 580	gelbgrün	violett
580 – 595	gelb	blau
595 – 605	orange	grünblau
605 – 770	rot	blaugrün

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

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Methylenblau in sich selbst zerstörenden DVDs**

1. Erläutern Sie die Reaktionsschritte für die Synthese von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol unter Angabe des Reaktionstyps. Begründen Sie den Ort der Nitrosierung bei dieser Reaktion. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Folgereaktion zu 1-(Dimethylamino)-4-aminobenzol um eine Reduktion von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol handelt. (20 Punkte)
2. Erklären Sie anhand des Absorptionsspektrums von Methylenblau den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit. Erläutern Sie anhand der Molekülstruktur, warum Methylenblau farbig, Leukomethylenblau jedoch farblos ist. Geben Sie eine weitere mesomere Grenzstruktur für Methylenblau an. (22 Punkte)
3. Entwickeln Sie zum einen für die Abspaltung des Substituenten der Verbindung A und zum anderen für die bei der Dunkelfärbung der DVD ablaufende Reaktion die Reaktionsgleichungen. Geben Sie die entsprechenden Reaktionstypen an. Beurteilen Sie, ob für die selbstzerstörende DVD auch ein violetter Farbstoff eingesetzt werden könnte. (18 Punkte)

**3. Materialgrundlage**

- U.S. Patent No. 6,756,103 B2
- <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Disney-testet-Wegwerf-DVD-85119.html> (Zugriff 20.02.2012)
- Bohne, U. L.; Kreher, R. P.: Methylenblau, NiU 10 (1999) H. 52, S. 36 ff.
- Willmes, A.: Taschenbuch Chemische Substanzen: Elemente, Anorganika, Organika, Naturstoffe, Polymere, Harri Deutsch Verlag, Frankfurt a. M. 2007, S. 94 f.
- Breitmaier, E.; Jung, G.: Organische Chemie, Grundlagen, Verbindungsklassen, Reaktionen, Konzepte, Molekülstrukturen, 6. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2009

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



#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

<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

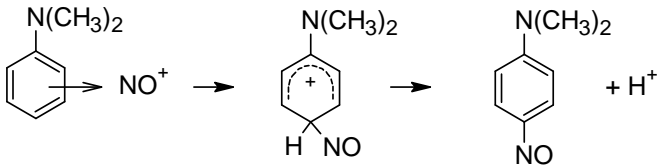
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

#### 6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

##### Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

##### Teilaufgabe 1

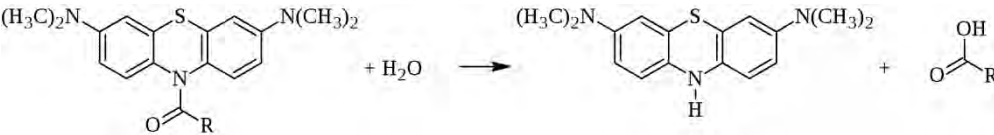
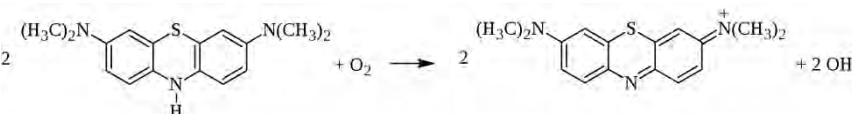
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>erläutert die Reaktionsschritte für die Synthese von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol, z. B.:</p> $2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_2^- \rightleftharpoons \text{NO}^+ + 3 \text{H}_2\text{O}$	4
1b	<p>erläutert die Reaktionsschritte für die Synthese von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol unter Angabe des Reaktionstyps, z. B.:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Nitrosyl-Kation tritt als elektrophiles Teilchen mit den <math>\pi</math>-Elektronen des 1-(Dimethylamino)-benzol-Moleküls in Wechselwirkung (<math>\pi</math>-Komplex).</li> <li>• Es wird ein mesomeriestabilisierter <math>\sigma</math>-Komplex gebildet.</li> <li>• Abschließend erfolgt die Rearomatisierung durch Protonenabspaltung.</li> <li>• Reaktionstyp: elektrophile Substitution.</li> </ul>	8
2	<p>begründet den Ort der Nitrosierung bei dieser Reaktion, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die <math>\text{N}(\text{CH}_3)_2</math>-Gruppe besitzt einen +M-Effekt und dirigiert in <i>o</i>- und <i>p</i>-Stellung.</li> <li>• Die <i>p</i>-Position ist aus sterischen Gründen begünstigt.</li> </ul>	4

3	begründet mithilfe von Oxidationszahlen, warum es sich bei der Folgereaktion zu 1-(Dimethylamino)-4-aminobenzol um eine Reduktion von 1-(Dimethylamino)-4-nitrosobenzol handelt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidationszahl des Stickstoff-Atoms an der Nitroso-Gruppe: +I.</li> <li>• Oxidationszahl des Stickstoff-Atoms an der Amino-Gruppe: –III.</li> <li>• Die Abnahme der Oxidationszahl bedeutet eine Reduktion.</li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt anhand des Absorptionsspektrums von Methylenblau den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbigkeit, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Absorptionsmaximum des Farbstoffs liegt im roten Spektralbereich (Wellenlängen von 660 nm bis 670 nm).</li> <li>• Die Farbe des absorbierten Lichts und der wahrgenommene Farbeindruck des Gegenstands sind komplementär. Der Farbstoff erscheint daher blaugrün.</li> </ul>	6
2a	erläutert anhand der Molekülstruktur, warum Methylenblau farbig, Leukomethylenblau jedoch farblos ist, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Methylenblau liegt ein ausgedehntes System delokalisierter Elektronen über zwei Phenylringe vor.</li> <li>• Delokalisierte Elektronen können von sichtbarem Licht angeregt werden.</li> <li>• Die funktionellen Gruppen mit +M- und –M-Effekt erweitern das System der delokalisierten Elektronen.</li> </ul>	6
2b	erläutert anhand der Molekülstruktur, warum Methylenblau farbig, Leukomethylenblau jedoch farblos ist, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• In den Molekülen der Leukoform ist das System der konjugierten Doppelbindungen (Elektronendelokalisierung) unterbrochen.</li> <li>• Eine Elektronendelokalisierung ist nur innerhalb der Phenylringe möglich, daher können die Elektronen nur von energiereichem kurzwelligem Licht außerhalb des sichtbaren Spektrums angeregt werden und die Leukoform erscheint farblos.</li> </ul>	6
3	gibt eine weitere mesomere Grenzstruktur für Methylenblau an.	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>entwickelt eine Reaktionsgleichung für die Abspaltung des Substituenten der Verbindung A, z. B.:</p> 	4
1b	<p>entwickelt eine Reaktionsgleichung für die bei der Dunkelfärbung der DVD ablaufende Reaktion, z. B.:</p> 	4
2	<p>gibt die entsprechenden Reaktionstypen an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Reaktion zur Abspaltung des Substituenten handelt es sich um eine nucleophile Substitution am Kohlenstoff-Atom der Carbonylgruppe. (Alternativ: Hydrolyse)</li> <li>• Bei der Reaktion von Leuko-Methylenblau mit Luftsauerstoff zu Methylenblau handelt es sich um eine Redoxreaktion. (Alternativ: Oxidation der Leukoform)</li> </ul>	4
3	<p>beurteilt, ob für die selbstzerstörende DVD auch ein violetter Farbstoff eingesetzt werden könnte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Violette Farbstoffe besitzen ein Absorptionsmaximum bei einer Wellenlänge von 560 nm bis 580 nm.</li> <li>• Sie können daher das monochromatische Licht eines DVD-Lasers mit der Wellenlänge 650 nm nicht oder nicht ausreichend absorbieren.</li> <li>• Der Einsatz des Farbstoffs würde die DVD zwar für das menschliche Auge stark einfärben, jedoch nicht zu einer Unlesbarkeit der DVD durch den Laser führen.</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.	4
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>	3

**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 Reaktionsschritte ...	4			
1b	erläutert die Reaktionsschritte ...	8			
2	begründet den Ort ...	4			
3	begründet mithilfe von ...	4			
4	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	erklärt anhand des ...	6			
2a	erläutert anhand der ...	6			
2b	erläutert anhand der ...	6			
3	gibt eine weitere ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>22</b>			

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

**Teilaufgabe 3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1a	entwickelt eine Reaktionsgleichung ...	4			
1b	entwickelt eine Reaktionsgleichung ...	4			
2	gibt die entsprechenden ...	4			
3	beurteilt, ob für ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe</b>	<b>60</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>67</b>			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
<b>Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe</b>	<b>67</b>			
<b>Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe</b>	<b>67</b>			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>134</b>			
<b>aus der Punktsumme 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 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 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0



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

# Abiturprüfung 2013

## Chemie, Grundkurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Polyvinylchlorid in Modelliermassen

1. Erläutern Sie die Bildung von Polyvinylchlorid aus Vinylchlorid, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Geben Sie den vorliegenden Reaktionstyp an. Erklären Sie die Bildung feiner Polyvinylchlorid-Kügelchen bei der Synthese. *(24 Punkte)*
2. Erklären Sie die geringe Verformbarkeit der PVC-Kügelchen auf der molekularen Ebene. Erklären Sie die Bedeutung von Acetyltributylcitrat für die gute Verformbarkeit der Modelliermasse vor dem Erwärmen. Deuten Sie das Aneinanderhaften der Kügelchen im Backofen bei 110 °C auf der molekularen Ebene und die damit verbundene Härtung der abgekühlten Modelliermasse. *(18 Punkte)*
3. Stellen Sie eine Vermutung zur Bildung von Chlorwasserstoff bei starker Erwärmung unter Angabe einer Reaktionsgleichung auf und erklären Sie den Ablauf der Reaktion in Einzelschritten anhand von Strukturformeln. Erklären Sie die Wirkung von Calciumcarbonat zur Verhinderung der Freisetzung von gebildetem Chlorwasserstoff, auch anhand einer Reaktionsgleichung. *(18 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

Modelliermassen auf Basis von Polyvinylchlorid lassen sich leicht mit den Fingern kneten und modellieren. Schon bei 110 °C im Backofen härtet die Modelliermasse aus.

Die Bestandteile der Modelliermasse sind:

- Polyvinylchlorid (PVC) 60 %
- Acetyltributylcitrat 30 %
- weitere Bestandteile, z. B. Farbpigmente und Calciumcarbonat

### Herstellung von Polyvinylchlorid

Zur Herstellung von Polyvinylchlorid wird Vinylchlorid bei geeigneten Bedingungen durch intensives Rühren in Wasser in Form kleiner Tröpfchen verteilt. Als Initiator für die folgende Reaktion wird Azo-bis-(isobutyronitril) verwendet, das sich gut im Vinylchlorid löst. Das Polyvinylchlorid bildet sich in Form von festen Kügelchen und wird nach Beendigung der Reaktion vom Wasser getrennt, gewaschen und getrocknet. Die so erhaltenen Polyvinylchlorid-Kügelchen sind im Gegensatz zur Modelliermasse nur gering verformbar.

### Aufbau und Aushärtung der Modelliermasse

Die Modelliermasse kann vereinfacht als stabile Suspension kleiner PVC-Kügelchen in flüssigem Acetyltributylcitrat angesehen werden. Die Abbildung 1 zeigt modellhaft den Aufbau der Knetmasse auf der mikroskopischen Ebene. In diesem Zustand ist die Modelliermasse gut formbar. Nach der Formgebung ist die Modelliermasse für 30 Minuten bei 110 °C in einen Ofen zu geben. Bei dieser Temperatur diffundiert ein Teil des Acetyltributylcitrats in die einzelnen aufgeweichten PVC-Kügelchen hinein, sodass sich diese ausdehnen und gegenseitig berühren (vgl. Abbildung 2). An den Kontaktstellen haften die Kügelchen fest aneinander (vgl. Abbildung 3). Nach dem Abkühlen ist die Masse nicht mehr verformbar. (Anmerkung: Zwischen dem Polyvinylchlorid und Acetyltributylcitrat findet keine chemische Reaktion statt.)

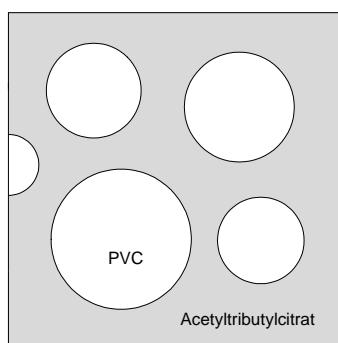


Abbildung 1: Modelliermasse vor dem Erwärmen

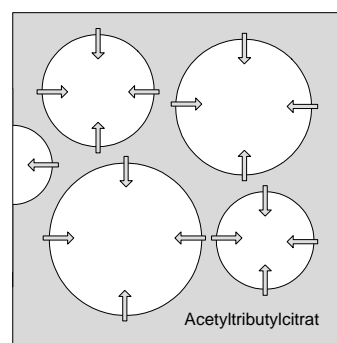


Abbildung 2: Modelliermasse bei Erwärmung im Backofen

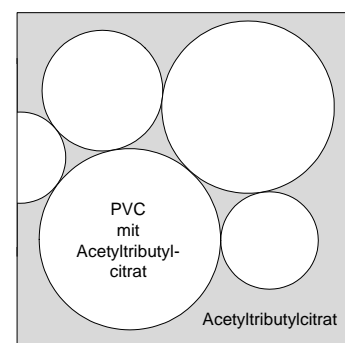


Abbildung 3: Ausgehärtete Modelliermasse





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

### Hinweis des Herstellers

Wird die Modelliermasse auf Temperaturen von über 150 °C erwärmt, kann das PVC unter Bildung von Chlorwasserstoff zersetzt werden. Damit die Freisetzung von gebildetem Chlorwasserstoff weitgehend verhindert wird, wird der Modelliermasse Calciumcarbonat beigelegt.

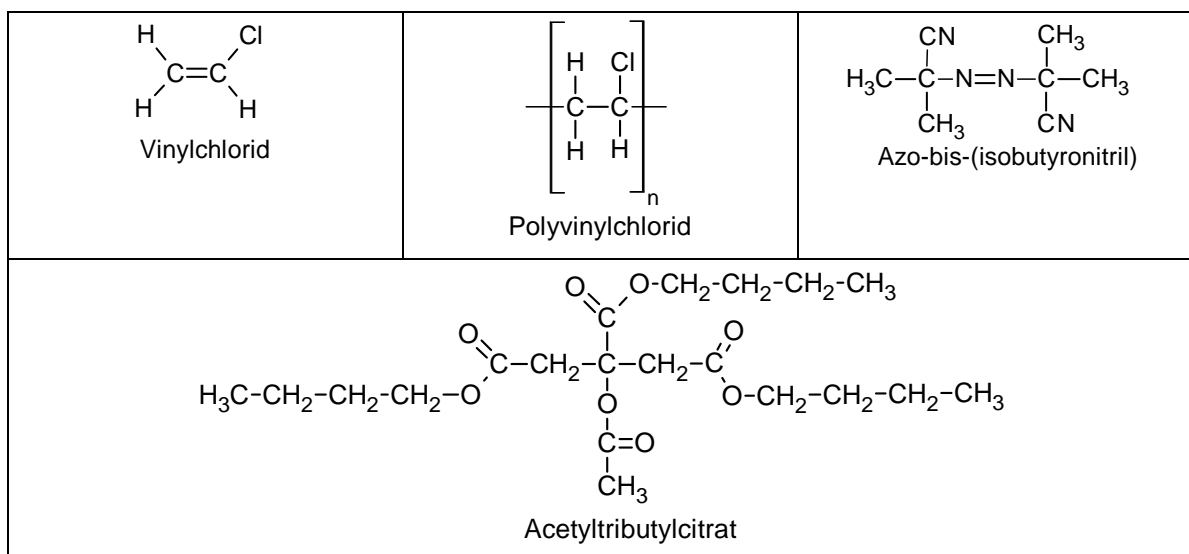
### Zusatzinformationen:

Suspension: heterogenes Gemisch, bei dem ein Feststoff in einer Flüssigkeit fein verteilt ist

Eigenschaft von Azo-bis-(isobutyronitril):

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

Strukturformeln bzw. Strukturausschnitte



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

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Polyvinylchlorid in Modelliermassen**

1. Erläutern Sie die Bildung von Polyvinylchlorid aus Vinylchlorid, auch anhand von Reaktionsgleichungen. Geben Sie den vorliegenden Reaktionstyp an. Erklären Sie die Bildung feiner Polyvinylchlorid-Kügelchen bei der Synthese. (24 Punkte)
2. Erklären Sie die geringe Verformbarkeit der PVC-Kügelchen auf der molekularen Ebene. Erklären Sie die Bedeutung von Acetyltributylcitrat für die gute Verformbarkeit der Modelliermasse vor dem Erwärmen. Deuten Sie das Aneinanderhaften der Kügelchen im Backofen bei 110 °C auf der molekularen Ebene und die damit verbundene Härtung der abgekühlten Modelliermasse. (18 Punkte)
3. Stellen Sie eine Vermutung zur Bildung von Chlorwasserstoff bei starker Erwärmung unter Angabe einer Reaktionsgleichung auf und erklären Sie den Ablauf der Reaktion in Einzelschritten anhand von Strukturformeln. Erklären Sie die Wirkung von Calciumcarbonat zur Verhinderung der Freisetzung von gebildetem Chlorwasserstoff, auch anhand einer Reaktionsgleichung. (18 Punkte)

**3. Materialgrundlage**

- Domininghaus, H.: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2005, S. 607

**4. Bezüge zu den Vorgaben 2013**

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*  
Theoriekonzept: Makromoleküle  
Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polymerisate durch radikalische Polymerisation; Polyester; Polyamide; Proteine)
2. *Medien/Materialien*
  - entfällt

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

### 5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

### 6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

#### Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

#### Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erläutert die Bildung von Polyvinylchlorid aus Vinylchlorid, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von zwei Startradikalen aus einem Azo-bis-(isobutyronitril)-Molekül, unter Bildung eines Stickstoff-Moleküls,</li> <li>• Reaktion eines Startradikals mit einem Vinylchlorid-Molekül, wobei ein neues Radikal entsteht (Kettenstart),</li> <li>• Reaktion des neu gebildeten Radikals mit einem weiteren Vinylchlorid-Molekül (Kettenwachstum),</li> <li>• Reaktion zweier Radikale zu einem Molekül, das kein Radikal ist, sodass die Reaktionskette abbricht (Kettenabbruch).</li> </ul>	8
1b	erläutert die Bildung von Polyvinylchlorid aus Vinylchlorid anhand von Reaktionsgleichungen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von Startradikalen  <math display="block">R-N=N-R \longrightarrow N_2 + 2R\cdot</math> </li> <li>• Kettenstart  <math display="block">R\cdot + \begin{array}{c} H &amp; Cl \\ &amp; \diagdown \diagup \\ &amp; C=C \\ &amp; \diagup \diagdown \\ H &amp; H \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} H &amp; Cl \\   &amp;   \\ C &amp; -C \\   &amp;   \\ H &amp; H \end{array}\cdot</math> </li> <li>• Kettenwachstum  <math display="block">\begin{array}{c} H &amp; Cl \\   &amp;   \\ R-C &amp; -C\cdot \\   &amp;   \\ H &amp; H \end{array} + \begin{array}{c} H &amp; Cl \\ &amp; \diagdown \diagup \\ &amp; C=C \\ &amp; \diagup \diagdown \\ H &amp; H \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} H &amp; Cl &amp; H &amp; Cl \\   &amp;   &amp;   &amp;   \\ C &amp; -C &amp; -C &amp; -C \\   &amp;   &amp;   &amp;   \\ H &amp; H &amp; H &amp; H \end{array}\cdot</math> </li> <li>• Kettenabbruch  <math display="block">\begin{array}{c} H &amp; Cl \\   &amp;   \\ R-C &amp; -C\cdot \\   &amp;   \\ H &amp; H \end{array} + \cdot\begin{array}{c} H &amp; H &amp; H &amp; H \\   &amp;   &amp;   &amp;   \\ C &amp; -C &amp; -C &amp; -C-R \\   &amp;   &amp;   &amp;   \\ Cl &amp; H &amp; Cl &amp; H \end{array} \longrightarrow R-\begin{array}{c} H &amp; Cl &amp; H &amp; H &amp; H &amp; H \\   &amp;   &amp;   &amp;   &amp;   &amp;   \\ C &amp; -C &amp; -C &amp; -C &amp; -C &amp; -C-R \\   &amp;   &amp;   &amp;   &amp;   &amp;   \\ H &amp; H &amp; Cl &amp; H &amp; Cl &amp; H \end{array}</math> </li> </ul>	8
2	gibt den vorliegenden Reaktionstyp an: radikalische Polymerisation	2
3	erklärt die Bildung feiner Polyvinylchlorid-Kügelchen bei der Synthese, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vinylchlorid löst sich nicht in Wasser.</li> <li>• Vinylchlorid liegt aufgrund des Rührens im Wasser als fein verteilte Tröpfchen vor.</li> <li>• Die Polymerisation von Polyvinylchlorid findet innerhalb der Tröpfchen statt, sodass das Polymer Kügelchen bildet.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**Teilaufgabe 2**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1	erklärt die geringe Verformbarkeit der PVC-Kügelchen auf der molekularen Ebene, indem er z. B. darauf eingeht, dass zusätzlich zu der Van-der-Waals-Kraft noch eine polare Wechselwirkung zwischen partiell negativ geladenen Chlor-Atomen und partiell positiv geladenen Kohlenstoff-Atomen benachbarter Polymerketten wirkt, sodass die PVC-Ketten schlecht gegeneinander verschiebbar sind.	6
2	erklärt die Bedeutung von Acetyltributylcitrat für die gute Verformbarkeit der Modelliermasse vor dem Erwärmen, indem er z. B. darauf eingeht, dass durch die Anordnung von Acetyltributylcitrat-Molekülen zwischen den Kügelchen die Wechselwirkung zwischen den PVC-Molekülen benachbarter Kügelchen gering ist und dass sich die Kügelchen aufgrund der geringen Wechselwirkung gut gegeneinander verschieben lassen.	6
3	deutet das Aneinanderhaften der Kügelchen im Backofen bei 110 °C auf der molekularen Ebene und die damit verbundene Härtung der abgekühlten Modelliermasse, indem er z. B. darauf eingeht, dass zwischen den PVC-Molekülen der sich berührenden aufgequollenen Kügelchen nun eine starke Wechselwirkung wirkt und eine Verschiebbarkeit der PVC-Kügelchen durch ihr Aneinanderhaften nicht mehr möglich ist.	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt eine Vermutung zur Bildung von Chlorwasserstoff bei starker Erwärmung unter Angabe einer Reaktionsgleichung an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminierung eines Chlorwasserstoff-Moleküls aus dem PVC-Molekül unter Bildung einer C-C-Doppelbindung.</li> <li>• <math display="block">\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{C}=\text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{HCl}</math></li> </ul>	4
2	<p>erklärt den Ablauf der Reaktion in Einzelschritten anhand von Strukturformeln, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im ersten Schritt eines radikalischen Mechanismus der Eliminierung wird eine Chlor-Kohlenstoff-Bindung im PVC-Molekül homolytisch unter Bildung eines Chlor- und eines Makromolekül-Radikals gespalten.</li> <li>• Im zweiten Reaktionsschritt erfolgt die homolytische Spaltung der benachbarten Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung unter Bildung einer C-C-Doppelbindung und eines Chlorwasserstoff-Moleküls.</li> <li>• <math display="block">\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ -\text{C}-\text{C}^{\bullet} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{Cl}^{\bullet} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{C}=\text{C} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{HCl}</math></li> </ul> <p>(Hinweis: Alternativ kann der Prüfling in seiner Erklärung auch einen ionischen Eliminierungsmechanismus formulieren, indem er z. B. auf die heterolytische Spaltung der Chlor-Kohlenstoff-Bindung unter Bildung eines Chlorid-Ions und eines Carbenium-Ions in einem ersten Schritt und auf die Abspaltung eines Protons aus dem Carbenium-Ion unter Ausbildung einer C-C-Doppelbindung in einem zweiten Schritt eingeht.)</p>	8
3	<p>erklärt die Wirkung von Calciumcarbonat zur Verhinderung der Freisetzung von gebildetem Chlorwasserstoff, indem er z. B. darauf eingeht, dass Chlorwasserstoff mit dem in der Modelliermasse enthaltenen Calciumcarbonat zu Calciumchlorid, Kohlenstoffdioxid und Wasser reagiert:</p> $2 \text{HCl}(\text{g}) + \text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}).$	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"> <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>	3

**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 ...	8			
2	gibt den vorliegenden ...	2			
3	erklärt die Bildung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>		<b>24</b>			

**Teilaufgabe 2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt die geringe ...	6			
2	erklärt die Bedeutung ...	6			
3	deutet das Aneinanderhaften ...	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	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	stellt eine Vermutung ...	4			
2	erklärt den Ablauf ...	8			
3	erklärt die Wirkung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe</b>	<b>60</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>67</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>	<b>67</b>			
<b>Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe</b>	<b>67</b>			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>134</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 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 – 52
mangelhaft plus	3	51 – 44
mangelhaft	2	43 – 36
mangelhaft minus	1	35 – 27
ungenügend	0	26 – 0