



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

# Abiturprüfung 2011

## Chemie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Der Nickel-Eisen-Akkumulator

1. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle, die einem entladenen technischen Nickel-Eisen-Akkumulator entspricht. Geben Sie die Elektrodenreaktionen und die Gesamtreaktion für den Ladevorgang an. Berechnen Sie die Spannung eines technischen Nickel-Eisen-Akkumulators unter Annahme von Standardbedingungen in stark alkalischer Lösung. (18 Punkte)
2. Vergleichen Sie die Elektrodenmaterialien des entladenen Modell-Akkumulators mit denen des technischen Nickel-Eisen-Akkumulators. Erklären Sie die Beobachtungen beim Modellexperiment unter Berücksichtigung der beim Laden des Modell-Akkumulators an den Elektroden ablaufenden Reaktionen. Erklären Sie, wie die nach dem Entfernen der Spannungsquelle gemessene Spannung durch Rechnung überprüft werden kann. (22 Punkte)
3. Begründen Sie, warum beim Laden eines Nickel-Eisen-Akkumulators immer auch Wasser elektrolysiert wird. Erläutern Sie, warum es bei der Selbstentladung des Akkumulators zur Bildung von elementarem Sauerstoff kommt. Prüfen Sie, ob in Betriebspausen des Nickel-Eisen-Akkumulators Wasserstoff gebildet wird. (14 Punkte)
4. Erklären Sie, warum ein Nickel-Eisen-Akkumulator auch nach langer Betriebspause durch Nachfüllen von destilliertem Wasser und Aufladen regeneriert werden kann. Erklären Sie, wie sich Änderungen der Anteile von Nickel(II)-hydroxid und Nickel(III)-oxidhydroxid in der „Nickel“-Elektrode auf die Spannung des Nickel-Eisen-Akkumulators auswirken. (12 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

Schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelte Edison den Nickel-Eisen-Akkumulator. Heute werden Nickel-Eisen-Akkumulatoren noch immer eingesetzt. Sie haben den Vorzug, auch nach langen Betriebspausen durch Aufladen vollständig regeneriert werden zu können.

Die Bezeichnung Nickel-Eisen-Akkumulator ist ungenau: Bei technischen Nickel-Eisen-Akkumulatoren wird als „Nickel“-Elektrode eine Mischung aus Nickel(II)-hydroxid ( $\text{Ni(OH)}_2$ ) und Nickel(III)-hydroxid ( $\text{Ni(OH)}_3$ ) verwendet. Die elektrische Leitfähigkeit dieser „Nickel“-Elektrode wird durch Graphit erreicht.

Für die Herstellung der Eisen-Elektrode wird Eisen mit einer Oxidschicht überzogen, die Eisen(II)-oxid ( $\text{FeO}$ ) enthält. Als Elektrolyt wird häufig Kalilauge eingesetzt.

Beim Laden des Nickel-Eisen-Akkumulators läuft an der Eisen-Elektrode die Reaktion von Eisen(II)-oxid zu elementarem Eisen ab. An der „Nickel“-Elektrode reagiert Nickel(II)-hydroxid zu Nickel(III)-oxidhydroxid ( $\text{NiO(OH)}$ ). In einer Nebenreaktion wird Wasser elektrolysiert. Daher muss im Akkumulator gelegentlich destilliertes Wasser nachgefüllt werden.

Sowohl beim Ladevorgang als auch in nutzungsfreien Zeiten wird in Nickel-Eisen-Akkumulatoren an der „Nickel“-Elektrode elementarer Sauerstoff gebildet.

In einem *Modellexperiment* sollen die Eigenschaften des Nickel-Eisen-Akkumulators untersucht werden:

In ein Becherglas mit Kaliumhydroxid-Lösung ( $c(\text{KOH}) = 1,0 \text{ mol/L}$ ) werden ein Nickelblech und ein verrostetes Eisenblech getaucht. Das Nickelblech wird an den Plus-Pol, das Eisenblech an den Minus-Pol einer Spannungsquelle angeschlossen.

#### Beobachtungen:

- Beim Anlegen einer Spannung an die Elektroden (Laden) bildet sich auf dem Nickelblech ein schwarzer Belag. An beiden Blechen bilden sich Gasbläschen. Auch nach längerem Aufladen bleibt die Elektrolyt-Lösung klar und farblos.
- Nach Entfernen der Spannungsquelle misst man zwischen den beiden Blechen eine Spannung von  $U \approx 1,4 \text{ V}$ . Ein Motor dreht sich für einige Zeit.



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

**Zusatzinformationen:**

Wässrige Lösungen von Eisen-Ionen sind häufig hellgrün oder gelb gefärbt, Lösungen von Nickel-Ionen sind grün gefärbt.

Weder Nickeloxide noch Eisenoxide sind in stark alkalischer Lösung merklich löslich. Nickel(III)-oxidhydroxid ist schwarz gefärbt, Nickel(II)-hydroxid schwarzgrün.

Aus Rost und Eisen bildet sich in wässrigem Medium Eisen(II)-oxid.

**Elektrochemische Spannungsreihe bei Standardbedingungen in stark alkalischer Lösung (pH = 14)**

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

1.	Fe, 2 OH <sup>-</sup> / FeO, H <sub>2</sub> O	-0,91
2.	<b>H<sub>2</sub>, 2 OH<sup>-</sup> / 2 H<sub>2</sub>O</b>	<b>-0,83</b>
3.	Ni, 2 OH <sup>-</sup> / Ni(OH) <sub>2</sub>	-0,71
4.	4 OH <sup>-</sup> / O <sub>2</sub> , 2 H <sub>2</sub> O	0,40
5.	Ni(OH) <sub>2</sub> , OH <sup>-</sup> / NiO(OH), H <sub>2</sub> O	0,52

**Unterlagen für die Lehrkraft****Abiturprüfung 2011****Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Der Nickel-Eisen-Akkumulator**

1. Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle, die einem entladenen technischen Nickel-Eisen-Akkumulator entspricht. Geben Sie die Elektrodenreaktionen und die Gesamtreaktion für den Ladevorgang an. Berechnen Sie die Spannung eines technischen Nickel-Eisen-Akkumulators unter Annahme von Standardbedingungen in stark alkalischer Lösung. (18 Punkte)
2. Vergleichen Sie die Elektrodenmaterialien des entladenen Modell-Akkumulators mit denen des technischen Nickel-Eisen-Akkumulators. Erklären Sie die Beobachtungen beim Modellexperiment unter Berücksichtigung der beim Laden des Modell-Akkumulators an den Elektroden ablaufenden Reaktionen. Erklären Sie, wie die nach dem Entfernen der Spannungsquelle gemessene Spannung durch Rechnung überprüft werden kann. (22 Punkte)
3. Begründen Sie, warum beim Laden eines Nickel-Eisen-Akkumulators immer auch Wasser elektrolysiert wird. Erläutern Sie, warum es bei der Selbstentladung des Akkumulators zur Bildung von elementarem Sauerstoff kommt. Prüfen Sie, ob in Betriebspausen des Nickel-Eisen-Akkumulators Wasserstoff gebildet wird. (14 Punkte)
4. Erklären Sie, warum ein Nickel-Eisen-Akkumulator auch nach langer Betriebspause durch Nachfüllen von destilliertem Wasser und Aufladen regeneriert werden kann. Erklären Sie, wie sich Änderungen der Anteile von Nickel(II)-hydroxid und Nickel(III)-oxidhydroxid in der „Nickel“-Elektrode auf die Spannung des Nickel-Eisen-Akkumulators auswirken. (12 Punkte)

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

### 3. Materialgrundlage

- Vinke, A.; Marbach, G.; Vinke, J.: Chemie für Ingenieure, 2., überarb. Aufl., Oldenbourg, München 2008, S. 181
- [http://www.uni-due.de/ibpm/Scripte/Studenten\\_Elektrochemie.pdf](http://www.uni-due.de/ibpm/Scripte/Studenten_Elektrochemie.pdf) (01.02.2010)
- Bratsch, S. G.: Standard Electrode Potentials and Temperature Coefficients in Water at 298.15 K, J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 18, No. 1, 1989

### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

#### 1. Inhaltliche Schwerpunkte

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

- Batterien und Akkumulatoren: Grundprinzip der Funktionsweise
- Galvanische Zelle: Vorgänge an Elektroden, Potentialdifferenz
- Spannungsreihe der Metalle/Nichtmetalle: Additivität der Spannungen, Standardelektrodenpotential
- Nernst-Gleichung (quantitative Behandlung)
  - System Metall/Metall-Ion, Systeme Wasserstoff/Oxonium-Ion und Hydroxid-Ion/Sauerstoff (jeweils unter Standardbedingungen)
  - System Halogenid-Ion/Halogen
  - pH-abhängige Systeme (unter Standardbedingungen)
- Einfache Elektrolyse im Labor

#### 2. Medien/Materialien

- entfällt

### 5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

## 6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

### Teilleistungen – Kriterien

#### a) inhaltliche Leistung

#### Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	zeichnet eine beschriftete Skizze einer galvanischen Zelle, die einem entladenen technischen Nickel-Eisen-Akkumulator entspricht, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Nickel“-Elektrode: Nickel(II)-hydroxid mit Graphit,</li> <li>• Eisen-Elektrode: Eisen mit Eisen(II)-oxid,</li> <li>• Kaliumhydroxid-Lösung als Elektrolyt,</li> <li>• Zuleitungen, Plus- und Minuspol.</li> </ul>	8
2	gibt die Elektrodenreaktionen und die Gesamtreaktion für den Ladevorgang an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pluspol: <math>\text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{NiO(OH)} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-</math></li> <li>• Minuspol: <math>\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe} + 2 \text{OH}^-</math></li> <li>• Gesamtreaktion: <math>2 \text{Ni(OH)}_2 + \text{FeO} \rightarrow 2 \text{NiO(OH)} + \text{H}_2\text{O} + \text{Fe}</math></li> </ul>	6
3	berechnet die Spannung eines technischen Nickel-Eisen-Akkumulators unter Annahme von Standardbedingungen in stark alkalischer Lösung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U^\circ(\text{Nickel-Eisen-Akkumulator}) = U^\circ(\text{Ni(OH)}_2/\text{NiO(OH)}) - U^\circ(\text{Fe}/\text{FeO})</math></li> <li>• <math>U^\circ(\text{Nickel-Eisen-Akkumulator}) = 0,52 \text{ V} - (-0,91 \text{ V}) = 1,43 \text{ V}</math></li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

#### Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	vergleicht die Elektrodenmaterialien des entladenen Modell-Akkumulators mit denen des technischen Nickel-Eisen-Akkumulators, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Modell-Akkumulator liegt an der „Nickel“-Elektrode elementares Nickel vor, Graphit ist daher nicht nötig.</li> <li>• Auch im Modell-Akkumulator liegt an der „Nickel“-Elektrode ein Überzug aus Nickeloxiden vor, die beim 1. Ladevorgang gebildet werden.</li> <li>• In beiden Akkumulatoren liegt an der Eisen-Elektrode elementares Eisen vor, das von einer Oxidschicht überzogen ist.</li> <li>• Statt der Oxidschicht, die Eisen(II)-oxid enthält, wird im Modell-Akkumulator Rost eingesetzt.</li> </ul> (Hinweis: Es wird nicht erwartet, dass der Prüfling auf die Eisenverbindungen im Rost eingeht.)	8

2a	<p>erklärt die Beobachtungen beim Modellexperiment unter Berücksichtigung der beim Laden des Modell-Akkumulators an den Elektroden ablaufenden Reaktionen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der schwarze Belag ist Nickel(III)-oxidhydroxid.</li> <li>• Im Modell-Akkumulator liegt elementares Nickel vor, das beim Laden zunächst zu Nickel(II)-hydroxid oxidiert wird. Dieses wird weiteroxidiert zu Nickel(III)-oxidhydroxid.</li> <li>• Die Farblosigkeit der Elektrolyt-Lösung zeigt an, dass sich weder Nickel-Ionen noch Eisen-Ionen in der Elektrolyt-Lösung lösen.</li> </ul>	6
2b	<p>erklärt die Beobachtungen beim Modellexperiment unter Berücksichtigung der beim Laden des Modell-Akkumulators an den Elektroden ablaufenden Reaktionen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Gas an der „Nickel“-Elektrode entsteht durch Oxidation. Es handelt sich daher um elementaren Sauerstoff.</li> <li>• Das Gas an der Eisen-Elektrode entsteht durch Reduktion. Es handelt sich daher um elementaren Wasserstoff.</li> </ul>	6
3	<p>erklärt die nach dem Entfernen der Spannungsquelle gemessene Spannung, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Spannung des Modell-Akkumulators ergibt sich aus den Potentialen der Eisen-Elektrode aus Eisen und Eisen(II)-oxid und der „Nickel“-Elektrode aus Nickel(II)-hydroxid und Nickel(III)-oxidhydroxid.</li> </ul>	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

### Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>begründet, warum beim Laden eines Nickel-Eisen-Akkumulators immer auch Wasser elektrolysiert wird.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird eine Aussage erwartet, dass aufgrund der Lage der Standardpotentiale an der Eisen-Elektrode elementarer Wasserstoff gebildet wird, an der „Nickel“-Elektrode elementarer Sauerstoff.)</i></p>	6
2	<p>erläutert, warum es bei der Selbstentladung des Akkumulators zur Bildung von elementarem Sauerstoff kommt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im geladenen Akkumulator steht Nickel(III)-oxidhydroxid in direktem Kontakt mit Hydroxid-Ionen aus dem Elektrolyten.</li> <li>• Da das Potential von Nickel(III)-oxidhydroxid/Nickel(II)-hydroxid größer als das von Hydroxid-Ionen/Sauerstoff ist, läuft bei direktem Kontakt eine Redoxreaktion zwischen Hydroxid-Ionen und Nickel(III)-oxidhydroxid unter Bildung von Sauerstoff und Nickel(II)-hydroxid ab.</li> </ul>	4
3	<p>prüft, ob in Betriebspausen des Nickel-Eisen-Akkumulators Wasserstoff gebildet wird.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird eine Aussage erwartet, dass elementarer Wasserstoff durch Reduktion von Wasser bei gleichzeitiger Oxidation von elementarem Eisen gebildet wird.)</i></p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt, warum ein Nickel-Eisen-Akkumulator auch nach langer Betriebspause durch Nachfüllen von destilliertem Wasser und Aufladen regeneriert werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei vollständiger Entladung des Akkumulators bilden sich Eisen(II)-oxid und Nickel(II)-hydroxid.</li> <li>• Da weder Nickeloxide noch Eisenoxide in stark alkalischer Lösung merklich löslich sind, verändern sich die Oberflächen der Elektroden auch während längerer Betriebspausen kaum.</li> <li>• Da Wasser während der Betriebspause mit den Elektrodenmaterialien teilweise zu Wasserstoff und Sauerstoff reagiert und da Wasser beim Ladevorgang in einer Nebenreaktion elektrolysiert wird, muss destilliertes Wasser zugefügt werden.</li> <li>• Da im entladenen Akkumulator keine weiteren Reaktionen ablaufen, kann dieser auch nach längerer Betriebspause wieder aufgeladen werden.</li> </ul>	8
2	<p>erklärt, wie sich Änderungen der Anteile von Nickel(II)-hydroxid und Nickel(III)-oxidhydroxid in der „Nickel“-Elektrode auf die Spannung des Nickel-Eisen-Akkumulators auswirken.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird eine Aussage erwartet, dass ein höherer Anteil von NiO(OH) sowie ein niedrigerer Anteil von Ni(OH)<sub>2</sub> zu einem höheren Potential der „Nickel“-Elektrode und entsprechend ein niedrigerer Anteil von NiO(OH) sowie ein höherer Anteil von Ni(OH)<sub>2</sub> zu einem niedrigeren Potential der „Nickel“-Elektrode führen.)</i></p>	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.	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	zeichnet eine beschriftete ...	8			
2	gibt die Elektrodenreaktionen ...	6			
3	berechnet die Spannung ...	4			
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	vergleicht die Elektrodenmaterialien ...	8			
2a	erklärt die Beobachtungen ...	6			
2b	erklärt die Beobachtungen ...	6			
3	erklärt die nach ...	2			
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>				
1	begründet, warum beim ...	6			
2	erläutert, warum es ...	4			
3	prüft, ob in ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>14</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	erklärt, warum ein ...	8			
2	erklärt, wie sich ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>12</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 2011

### Chemie, Leistungskurs

---

#### Aufgabenstellung:

##### Gefährliche Reiniger im Haushalt

1. Erklären Sie anhand von Protolysegleichgewichten und mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted, warum die Lösungen der Reiniger A, B und C alkalisch bzw. sauer reagieren. Vergleichen Sie die besondere Rolle des Wasser-Moleküls bei der Einstellung dieser Protolysegleichgewichte. Erläutern Sie mithilfe von Reaktionsgleichungen, warum die Reiniger B und D zur Entfernung von Kalkflecken geeignet sind.  
(22 Punkte)
2. Ermitteln Sie die Ammoniak-Konzentration im Fensterreiniger A und die Gefahrenklasse des Fensterreinigers A. Begründen Sie auch mithilfe einer Reaktionsgleichung, warum der Äquivalenzpunkt der Titration des Fensterreinigers nicht im neutralen Bereich liegt.  
(16 Punkte)
3. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum die Bildung von Natriumhypochlorit beim Einleiten von Chlor in Natronlauge eine Redoxreaktion ist. Erklären Sie durch Rechnung den vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch der Natriumthiosulfat-Lösung und der umgesetzten Masse an „aktivem Chlor“.  
(12 Punkte)
4. Beurteilen Sie das Ergebnis von Versuch 2 unter Berücksichtigung der Vorschriften für den Vertrieb Natriumhypochlorit-haltiger Haushaltsreiniger. Ermitteln Sie, welche der angegebenen Reiniger A bis E verantwortlich für die Entstehung giftiger Chlordämpfe sind.  
(16 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

Neben Waschmitteln gehören Reinigungsmittel zu den umsatzstärksten Produkten der chemischen Industrie. Für die Reinigung im Haushalt gibt es Reinigungsmittel für verschiedene Verwendungszwecke. Die Reinigungsmittel unterscheiden sich u. a. in den Inhaltsstoffen und in den pH-Werten.

	wirksamer Inhaltsstoff	pH-Wert
(A) Fensterreiniger	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	9,5
(B) WC-Reiniger	Natriumhydrogensulfat (NaHSO <sub>4</sub> )	2
(C) Allzweck-Reiniger	Soda (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	11,5
(D) Essigreiniger	Essigsäure (CH <sub>3</sub> COOH)	3
(E) Hygienereiniger	Natriumhypochlorit (NaOCl)	12

Zur Bestimmung der Ammoniak-Konzentration des **Fensterreinigers A** wurde folgender Versuch durchgeführt:

#### Versuch 1: Titration des Fensterreinigers A

2,0 mL des Fensterreinigers A werden mit destilliertem Wasser verdünnt. Die Lösung wird nach Zugabe einiger Tropfen Methylorange-Lösung mit Salzsäure ( $c = 1,0 \text{ mol/L}$ ) titriert. Bis zum Umschlag des Indikators von Gelb nach Rot werden 6,0 mL Salzsäure verbraucht. Die Messung des pH-Wertes der Lösung am Umschlagspunkt des Indikators ergibt einen pH-Wert von 5,1.

**Hygienereiniger**, die Natriumhypochlorit enthalten, werden im Sanitärbereich häufig zur Desinfektion eingesetzt. Natriumhypochlorit-Lösungen können durch Einleiten von Chlor in Natronlauge hergestellt werden. Sie enthalten aufgrund dieser Herstellung neben Hypochlorit- auch Chlorid-Ionen.



Beim Ansäuern einer Natriumhypochlorit-Natriumchlorid-Lösung wird Chlor entwickelt. Die freisetzbare Menge Chlor wird als „aktives Chlor“ bezeichnet.

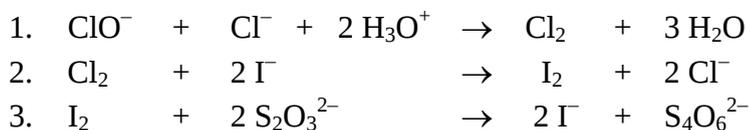
#### Versuch 2: Bestimmung des Gehalts an „aktivem Chlor“ im Hygienereiniger E

5,0 mL des Hygienereinigers E ( $\rho = 1,0 \text{ g/mL}$ ) werden mit destilliertem Wasser auf 50 mL aufgefüllt. 10,0 mL dieser Lösung werden mit Kaliumiodid-Lösung und Salzsäure im Überschuss versetzt. Das entstandene Iod wird anschließend durch Titration mit Natriumthiosulfat-Lösung ( $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ mol/L}$ ) bestimmt. Bis zum Äquivalenzpunkt werden 13,5 mL Natriumthiosulfat-Lösung verbraucht.



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

Diese Gehaltsbestimmung beruht auf folgenden Reaktionsschritten:



1 mL Natriumthiosulfat-Lösung,  $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ mol/L}$ , entspricht dabei 3,55 mg an „aktivem Chlor“.

Für den Vertrieb von Natriumhypochlorit-haltigen Haushaltsreinigern gelten folgende Vorschriften:

- Der Gehalt an „aktivem Chlor“ darf einen Massenanteil von  $w = 5 \%$  nicht überschreiten.
- Auf Verpackungen von Stoffen oder Zubereitungen, die mehr als einen Massenanteil von  $w = 1 \%$  „aktives Chlor“ enthalten, muss folgender Hinweis angebracht sein:  
„Vorsicht! Nicht zusammen mit anderen Produkten verwenden, da gefährliche Gase (Chlor) freigesetzt werden können!“

Durch diesen Sicherheitshinweis sollen Unfälle vermieden werden. Der gedankenlose Umgang mit verschiedenen Reinigungschemikalien kann gefährlich sein, wie aus einem Zeitungsbericht über einen Unfall im Haushalt hervorgeht: Das Vermischen zweier Reiniger hätte eine Hausfrau beinahe das Leben gekostet. Bei der Säuberung des Badezimmers hatten sich mit der Reinigermischung giftige Chlordämpfe entwickelt.

### Zusatzinformationen:

Molare Massen

$$M(\text{NH}_3) = 17,0 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{Cl}_2) = 70,9 \text{ g/mol}$$

Kalk ist Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ .

Konzentrationsangaben und Gefahrenklassen von Ammoniaklösungen:

Stoff	Massenanteil $w$	Konzentration $c$	Gefahrenklasse Xi: reizend; C: ätzend
Ammoniaklösungen	$w < 5 \%$	$c < 2,9 \text{ mol/L}$	–
	$5 \% < w < 10 \%$	$2,9 \text{ mol/L} < c < 5,6 \text{ mol/L}$	Xi
	$w > 10 \%$	$c > 5,6 \text{ mol/L}$	C

**Unterlagen für die Lehrkraft****Abiturprüfung 2011**  
**Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Gefährliche Reiniger im Haushalt**

1. Erklären Sie anhand von Protolysegleichgewichten und mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted, warum die Lösungen der Reiniger A, B und C alkalisch bzw. sauer reagieren. Vergleichen Sie die besondere Rolle des Wasser-Moleküls bei der Einstellung dieser Protolysegleichgewichte. Erläutern Sie mithilfe von Reaktionsgleichungen, warum die Reiniger B und D zur Entfernung von Kalkflecken geeignet sind.  
(22 Punkte)
2. Ermitteln Sie die Ammoniak-Konzentration im Fensterreiniger A und die Gefahrenklasse des Fensterreinigers A. Begründen Sie auch mithilfe einer Reaktionsgleichung, warum der Äquivalenzpunkt der Titration des Fensterreinigers nicht im neutralen Bereich liegt.  
(16 Punkte)
3. Begründen Sie mithilfe von Oxidationszahlen, warum die Bildung von Natriumhypochlorit beim Einleiten von Chlor in Natronlauge eine Redoxreaktion ist. Erklären Sie durch Rechnung den vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch der Natriumthiosulfat-Lösung und der umgesetzten Masse an „aktivem Chlor“.  
(12 Punkte)
4. Beurteilen Sie das Ergebnis von Versuch 2 unter Berücksichtigung der Vorschriften für den Vertrieb Natriumhypochlorit-haltiger Haushaltsreiniger. Ermitteln Sie, welche der angegebenen Reiniger A bis E verantwortlich für die Entstehung giftiger Chlordämpfe sind.  
(16 Punkte)

**3. Materialgrundlage**

- Schwedt, G.: Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten, Wiley-VCH-Verlag Weinheim 2003, S. 156, 157
- [http://www.chemie.uni-rostock.de/lfbz; Reiniger im Haushalt.pdf](http://www.chemie.uni-rostock.de/lfbz;Reiniger%20im%20Haushalt.pdf), S. 16 (31.01.10)
- Sicherheits- und Umwelterziehung im Chemieunterricht, Ätzende und reizende Stoffe, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Soest 1993, S. 17, 23, 24

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

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

<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-, pKs-Wert</li> <li>• Einfache Titrations mit Endpunktbestimmungen</li> <li>• Potentiometrie</li> <li>• Redoxtitration</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	
1a	erklärt anhand eines Protolysegleichgewichtes und mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted, warum die Lösung von Reiniger A alkalisch reagiert, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Ammoniak-Molekül ist der Protonenakzeptor (Base); das Wasser-Molekül ist der Protonendonator (Säure).</li> <li>• <math>\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-</math></li> <li>• Aufgrund der Bildung von Hydroxid-Ionen hat die Lösung einen <math>\text{pH} &gt; 7</math>.</li> </ul>	4
1b	erklärt anhand eines Protolysegleichgewichtes und mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted, warum die Lösung von Reiniger B sauer reagiert, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Hydrogensulfat-Ion ist der Protonendonator (Säure); das Wasser-Molekül ist der Protonenakzeptor (Base).</li> <li>• <math>\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}</math></li> <li>• Aufgrund der Bildung von Oxonium-Ionen hat die Lösung einen <math>\text{pH} &lt; 7</math>.</li> </ul>	4
1c	erklärt anhand eines Protolysegleichgewichtes und mithilfe der Säure-Base-Theorie nach Brönsted, warum die Lösung von Reiniger C alkalisch reagiert, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Carbonat-Ion ist der Protonenakzeptor (Base); das Wasser-Molekül ist der Protonendonator (Säure).</li> <li>• <math>\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-</math></li> <li>• Aufgrund der Bildung von Hydroxid-Ionen hat die Lösung einen <math>\text{pH} &gt; 7</math>.</li> </ul>	4

2	<p>vergleicht die besondere Rolle des Wasser-Moleküls bei der Einstellung dieser Protolysegleichgewichte, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Das Wasser-Molekül reagiert als Protonendonator (Säure), wenn ein Protonenakzeptor (Base) als Reaktionspartner vorliegt, und als Protonenakzeptor (Base), wenn ein Protonendonator (Säure) als Reaktionspartner vorhanden ist.</li> </ul>	4
3	<p>erläutert mithilfe von Reaktionsgleichungen, warum die Reiniger B und D zur Entfernung von Kalkflecken geeignet sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Reiniger B und D weisen pH-Werte <math>&lt; 7</math> auf, sie enthalten Oxonium-Ionen.</li> <li><math>\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})</math></li> <li><math>\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})</math></li> <li>Nach der Reaktion liegen keine Feststoffe mehr vor, die Kalkflecken werden entfernt.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

### Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>ermittelt die Ammoniak-Konzentration im Fensterreiniger, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>n(\text{Ammoniak}) = n(\text{Salzsäure}) = 0,006 \text{ L} \cdot 1,0 \text{ mol/L} = 0,006 \text{ mol}</math></li> <li><math>c(\text{Ammoniak}) = \frac{0,006 \text{ mol}}{0,002 \text{ L}} = 3 \frac{\text{mol}}{\text{L}}</math></li> </ul>	6
1b	<p>gibt die Gefahrenklasse des Reinigers A an:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Der Reiniger wirkt reizend (Xi).</li> </ul>	2
2	<p>begründet, warum der Äquivalenzpunkt der Titration des Fensterreinigers nicht im neutralen Bereich liegt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bis zum Umschlagspunkt des Indikators haben äquivalente Stoffmengen Salzsäure und Ammoniak reagiert; die wässrige Lösung enthält Ammonium- und Chlorid-Ionen.</li> <li>Die Ammonium-Ionen reagieren mit den Wasser-Molekülen unter Bildung von Oxonium-Ionen. Das Ammonium-Ion reagiert als Protonendonator (Säure).</li> <li>Reaktionsgleichung.</li> </ul>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

### Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>begründet mithilfe von Oxidationszahlen, warum die Bildung von Natriumhypochlorit eine Redoxreaktion darstellt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ein Chlor-Atom (Oxidationszahl 0) des Chlor-Moleküls wird zum Chlorid-Ion reduziert (Oxidationszahl <math>-1</math>).</li> <li>Ein Chlor-Atom (Oxidationszahl 0) des Chlor-Moleküls wird zum Hypochlorit-Ion oxidiert (Oxidationszahl <math>+1</math>).</li> </ul>	4

2	<p>erklärt durch Rechnung den vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch der Natriumthiosulfat-Lösung und der umgesetzten Masse an „aktivem Chlor“, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In 1 mL Natriumthiosulfat-Lösung (<math>c = 0,1 \text{ mol/L}</math>) sind <math>10^{-4} \text{ mol}</math> Thiosulfat-Ionen enthalten.</li> <li>Aus den Teilreaktionen lässt sich folgendes Stoffmengenverhältnis der Reaktionspartner ablesen: <math>n(\text{ClO}^-) = n(\text{Cl}_2) = n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})</math>.</li> <li><math>m(\text{Cl}_2) = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 70,9 \text{ g/mol} \approx 0,00355 \text{ g} = 3,55 \text{ mg}</math>.</li> </ul>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

### Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	<p>berechnet den Massenanteil an „aktivem Chlor“ im Hygienereiniger E (Versuch 2), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In 10 mL der titrierten Probe, die 1 mL (1 g) Reiniger enthält, sind enthalten: <math>m(\text{Cl}_2) = 13,5 \cdot 3,55 \text{ mg} \approx 47,9 \text{ mg}</math>.</li> <li><math>w = 47,9 \text{ mg} / 1000 \text{ mg} = 4,79 \%</math>.</li> </ul>	4
1b	<p>beurteilt das Ergebnis von Versuch 2 unter Berücksichtigung der Vorschriften für den Vertrieb Natriumhypochlorit-haltiger Haushaltsreiniger, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Probe überschreitet nicht die in den Bestimmungen festgelegte Grenze von 5 Massenprozent an „aktivem Chlor“.</li> <li>Auf der Verpackung muss der folgende Hinweis vorhanden sein: „Vorsicht! Nicht zusammen mit anderen Produkten verwenden, da gefährliche Gase (Chlor) freigesetzt werden können!“</li> </ul>	6
2	<p>ermittelt, welche der angegebenen Reiniger A bis E verantwortlich für die Entstehung giftiger Chlordämpfe sind, indem er auf die Gleichgewichtsreaktion zwischen Chlor, Hydroxid-, Hypochlorid- und Chlorid-Ionen eingeht, auf die Begünstigung der Bildung von Chlor bei Verbrauch von Hydroxid-Ionen durch Zugabe einer Säure hinweist und zu der Aussage gelangt, dass beim Mischen des Hygienereinigers mit den „sauren“ Reinigern B oder D Chlor entstehen kann.</p>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

### b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> <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	erklärt anhand eines ...	4			
1b	erklärt anhand eines ...	4			
1c	erklärt anhand eines ...	4			
2	vergleicht die besondere ...	4			
3	erläutert mithilfe von ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>		<b>22</b>			

**Teilaufgabe 2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1a	ermittelt die Ammoniak-Konzentration ...	6			
1b	gibt die Gefahrenklasse ...	2			
2	begründet, warum der ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>16</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	begründet mithilfe von ...	4			
2	erklärt durch Rechnung ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>12</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1a	berechnet den Massenanteil ...	4			
1b	beurteilt das Ergebnis ...	6			
2	ermittelt, welche der ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>16</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 2011

### Chemie, Leistungskurs

---

#### Aufgabenstellung:

##### Indikatoren zeigen Bauschäden an.

1. Erläutern Sie den Vorgang der Carbonatisierung und Betonkorrosion. Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Carbonatisierung und der Färbung von Phenolphthalein an. Beurteilen Sie die Fehleranfälligkeit des Carbonatisierungstests. *(18 Punkte)*
2. Geben Sie ein Reaktionsschema für die Herstellung des Farbstoffes Phenolphthalein an. Erläutern Sie den Ablauf (Mechanismus) der Reaktion zwischen Phthalsäureanhydrid und Phenol bis zum Zwischenprodukt in Einzelschritten anhand von Strukturformeln. *(16 Punkte)*
3. Erklären Sie anhand der Absorptionsspektren den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbe des Phenolphthaleins bei  $\text{pH} = 6$  und  $\text{pH} = 12$ . Erklären Sie die Farbigkeit von Phenolphthalein bei  $\text{pH} = 12$  anhand von zwei Grenzstrukturen und die Farblosigkeit in stark alkalischer Lösung ( $\text{pH} > 12$ ) mithilfe einer Strukturformel. *(20 Punkte)*
4. Ordnen Sie Phenolphthalein und Thymolphthalein einer Farbstoffklasse zu. Deuten Sie die unterschiedliche Farbe der beiden Indikatoren bei  $\text{pH} = 10$ . Prüfen Sie die Verwendung von Thymolphthalein anstelle von Phenolphthalein für den Carbonatisierungstest. *(12 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



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

### Fachspezifische Vorgaben:

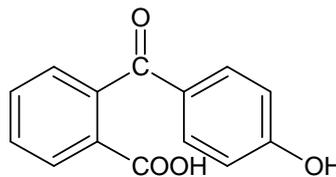
Beton ist ein weit verbreiteter Baustoff, dessen wichtigster Bestandteil Calciumhydroxid ist. Bei besonders belasteten Bauteilen reicht die Stabilität von Beton nicht aus. Daher wird dieser in Kombination mit Stahlgittern als Stahlbeton verbaut. Aufgrund des hohen pH-Wertes innerhalb des Betons bildet sich eine schützende Oxidschicht auf dem Stahl, wodurch dessen Korrosion verhindert wird.

Tritt im Laufe der Zeit Kohlenstoffdioxid aus der Luft in die Poren des Betons ein, reagiert das Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat. Dieser Vorgang (Carbonatisierung) senkt den pH-Wert im Beton auf unter 8 und kann eine Korrosion des Stahls zur Folge haben (Betonkorrosion). Damit die Stabilität von Betonbauwerken garantiert werden kann, muss der Fortschritt der Carbonatisierung regelmäßig kontrolliert werden.

Dies erfolgt mithilfe von **Phenolphthalein**:

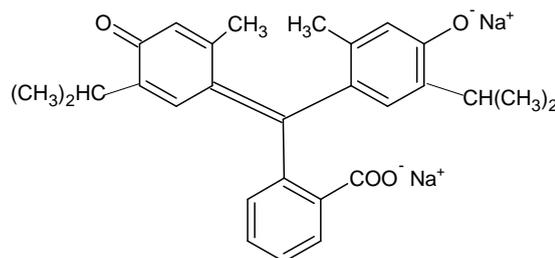
*Aus dem zu untersuchenden Beton wird eine Probe entnommen, die eine frische Bruchstelle aufweisen muss. Die Oberfläche wird mit destilliertem Wasser angefeuchtet und dann mit Phenolphthalein benetzt. Im alkalischen Bereich zeigt das Phenolphthalein eine Farbreaktion, der carbonatisierte Bereich bleibt farblos. Je breiter der farblose Bereich, desto weiter ist die Carbonatisierung fortgeschritten.*

Phenolphthalein kann aus Phthalsäureanhydrid und Phenol im Stoffmengenverhältnis 1 : 2 mit konzentrierter Schwefelsäure als Katalysator und wasserentziehendem Mittel synthetisiert werden. Zunächst bildet sich aus Phthalsäureanhydrid und Schwefelsäure ein reaktives Carbenium-Ion, das mit Phenol reagiert. Dabei wird ein Zwischenprodukt gebildet, aus dem sich durch Reaktion mit weiterem Phenol der Farbstoff bildet.



Zwischenprodukt

Neben Phenolphthalein wird auch **Thymolphthalein** als Indikator in der analytischen Chemie verwendet. Thymolphthalein ist bei  $\text{pH} < 9,3$  farblos und bei  $\text{pH} > 9,3$  blau. Bei  $\text{pH} > 12$  ist Phenolphthalein, bei  $\text{pH} = 14$  ist Thymolphthalein farblos.



Thymolphthalein ( $\text{pH} = 12$ )

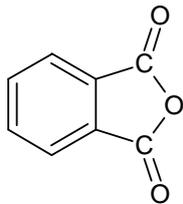


Name: \_\_\_\_\_

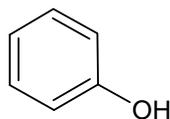
**Zusatzinformationen:**

Calciumhydroxid:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

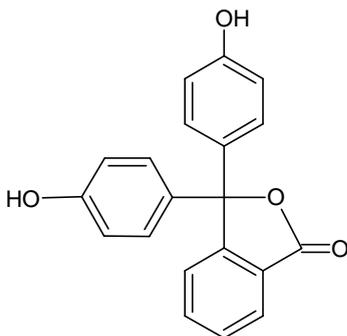
pH-Wert einer gesättigten Calciumhydroxid-Lösung = 12,6



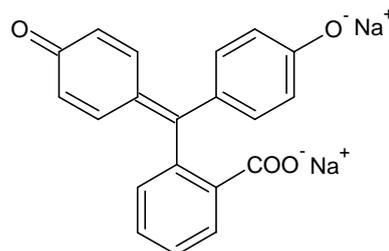
Phthalsäureanhydrid



Phenol

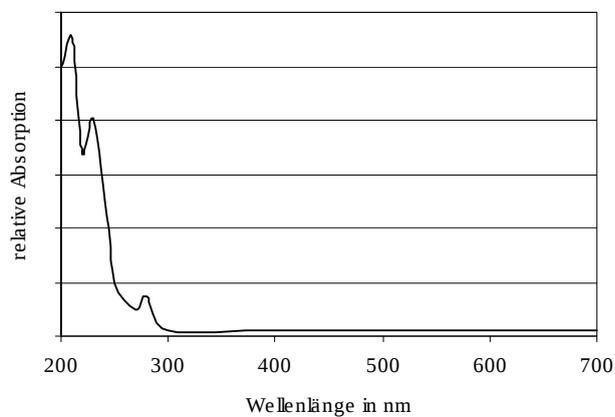


Phenolphthalein, pH < 8,2



Phenolphthalein, pH = 8,2 – 12

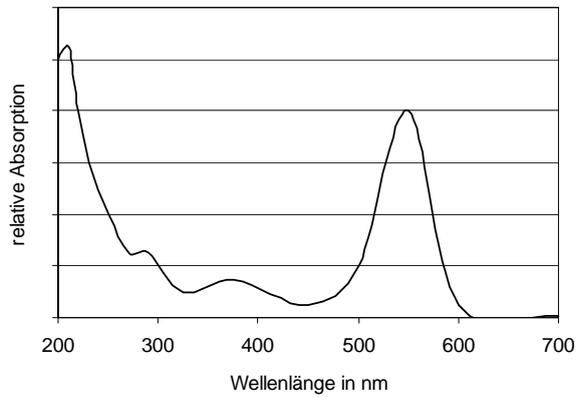
Absorptionsspektrum von Phenolphthalein (pH = 6)





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

Absorptionsspektrum von Phenolphthalein (pH = 12)



**Zusammenhang von absorbiertener 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 2011

## Chemie, Leistungskurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

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

#### Indikatoren zeigen Bauschäden an.

1. Erläutern Sie den Vorgang der Carbonatisierung und Betonkorrosion. Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Carbonatisierung und der Färbung von Phenolphthalein an. Beurteilen Sie die Fehleranfälligkeit des Carbonatisierungstests. (18 Punkte)
2. Geben Sie ein Reaktionsschema für die Herstellung des Farbstoffes Phenolphthalein an. Erläutern Sie den Ablauf (Mechanismus) der Reaktion zwischen Phthalsäureanhydrid und Phenol bis zum Zwischenprodukt in Einzelschritten anhand von Strukturformeln. (16 Punkte)
3. Erklären Sie anhand der Absorptionsspektren den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbe des Phenolphthaleins bei  $\text{pH} = 6$  und  $\text{pH} = 12$ . Erklären Sie die Farbigkeit von Phenolphthalein bei  $\text{pH} = 12$  anhand von zwei Grenzstrukturen und die Farblosigkeit in stark alkalischer Lösung ( $\text{pH} > 12$ ) mithilfe einer Strukturformel. (20 Punkte)
4. Ordnen Sie Phenolphthalein und Thymolphthalein einer Farbstoffklasse zu. Deuten Sie die unterschiedliche Farbe der beiden Indikatoren bei  $\text{pH} = 10$ . Prüfen Sie die Verwendung von Thymolphthalein anstelle von Phenolphthalein für den Carbonatisierungstest. (12 Punkte)

### 3. Materialgrundlage

- <http://www.baufachinformation.de/denkmalpflege.jsp?md=1988067185354> (05.03.2010)
- <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/farbstoffe1/triphenylmethan.htm#2.7.3%20Darstellung%20von%20Phenolphthalein> (13.05.2010)
- [http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap\\_10/vlu/indikatoren\\_darst.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/praktikum/indikatoren/thymolphthalein.vscml.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_10/vlu/indikatoren_darst.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/praktikum/indikatoren/thymolphthalein.vscml.html) (13.05.2010)

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

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

<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	
1	erläutert den Vorgang der Carbonatisierung und Betonkorrosion, indem er anhand der Reaktionsgleichung für die Reaktion von Kohlenstoffdioxid aus der Luft mit Calciumhydroxid zu Calciumcarbonat auf die Verringerung der OH <sup>-</sup> -Konzentration (Absenkung des pH-Wertes unter 8) und die Zerstörung der schützenden Oxidschicht eingeht.	8
2	gibt den Zusammenhang zwischen der Carbonatisierung und der Färbung von Phenolphthalein an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• An nicht carbonatisierten Stellen bildet Calciumhydroxid im Beton mit Wasser eine alkalische Lösung (<math>8,2 &lt; \text{pH} &lt; 12,6</math>), Phenolphthalein färbt sich rotviolett.</li> <li>• An den carbonisierten Stellen des Betons befindet sich Calciumcarbonat, Phenolphthalein bleibt farblos.</li> </ul>	4
3	beurteilt die Fehleranfälligkeit des Carbonatisierungstests, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungefährdete Bauteile sind durch eine Färbung der Probe zu erkennen, gefährdete Bauteile bleiben farblos.</li> <li>• Beton kann bei einem hohen Calciumhydroxid-Anteil einen pH-Wert von 12,6 aufweisen (pH-Wert einer gesättigten Calciumhydroxid-Lösung).</li> <li>• Da bei <math>\text{pH} &gt; 12</math> Phenolphthalein farblos ist, führt der Test zu der falschen Aussage, dass die Carbonatisierung fortgeschritten sei.</li> </ul>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt ein Reaktionsschema für die Herstellung des Farbstoffes Phenolphthalein mit den Strukturformeln von Phenol, Phthalsäureanhydrid und den entsprechenden Reaktionsprodukten an.	4
2a	gibt an, dass es sich bei der Reaktion von Phthalsäureanhydrid mit Phenol um eine elektrophile Substitution handelt, bei der das Carbenium-Ion als Elektrophil reagiert.	4
2b	erläutert den Ablauf (Mechanismus) der Reaktion zwischen Phthalsäureanhydrid und Phenol in Einzelschritten anhand von Strukturformeln, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protonierung von Phthalsäureanhydrid durch Schwefelsäure und Bildung des reaktiven Carbenium-Ions,</li> <li>• Wechselwirkung des elektrophilen Carbenium-Ions mit den <math>\pi</math>-Elektronen des Phenols unter Bildung des <math>\sigma</math>-Komplexes,</li> <li>• Rearomatisierung durch Protonenabspaltung und Rückbildung des Katalysators,</li> <li>• Angabe der Reaktionsgleichungen mit Strukturformeln.</li> </ul>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1a	erklärt anhand von Absorptionsspektren den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbe des Phenolphthaleins bei pH = 6, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Spektrum zeigt 2 Absorptionsbanden bei ca. <math>\lambda = 210</math> nm und <math>\lambda = 250</math> nm im UV-Bereich.</li> <li>• Phenolphthalein ist farblos, da Farblosigkeit nur durch Absorption von sichtbarem Licht (400 nm bis 770 nm) entsteht.</li> </ul>	4
1b	erklärt anhand von Absorptionsspektren den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und Farbe des Phenolphthaleins bei pH = 12, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Spektrum zeigt 2 Absorptionsbanden bei ca. <math>\lambda = 210</math> nm und <math>\lambda = 550</math> nm.</li> <li>• Der Farbstoff absorbiert ultraviolettes und grünes Licht, erscheint also purpur.</li> </ul>	4
2	erklärt die Farblosigkeit von Phenolphthalein bei pH = 12 anhand von zwei Grenzstrukturen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die beiden Farbstoff-Anionen besitzen ein System delocalisierter <math>\pi</math>-Elektronen, das sich über drei Phenylringe (Chromophor) erstreckt.</li> <li>• Die <math>\pi</math>-Elektronen werden von sichtbarem Licht angeregt.</li> <li>• Das negativ geladene Sauerstoffatom mit +M-Effekt (Auxochrom) erweitert das <math>\pi</math>-Elektronensystem.</li> <li>• Zwei Grenzstrukturen.</li> </ul>	8
3	erklärt die Farblosigkeit von Phenolphthalein in stark alkalischer Lösung mithilfe einer Strukturformel, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Farblosigkeit zeigt eine Aufhebung des delocalisierten <math>\pi</math>-Elektronensystems an.</li> <li>• Die Addition eines Hydroxid-Ions an das zentrale C-Atom unterbricht die Delocalisation der <math>\pi</math>-Elektronen über das zentrale C-Atom.</li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ordnet die beiden Indikatoren der Klasse der Triphenylmethanfarbstoffe zu.	2
2	deutet das unterschiedliche Absorptionsverhalten von Phenolphthalein und Thymolphthalein bei pH =12, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Thymolphthalein-Dianion absorbiert energieärmeres Licht als das Phenolphthalein-Dianion.</li> <li>• Im Dianion des Thymolphthaleins ist aufgrund der Methyl- und Propylgruppen (auxochrome Gruppen) die Delokalisation der <math>\pi</math>-Elektronen stärker ausgeprägt.</li> </ul>	4
3	prüft die Verwendung von Thymolphthalein anstelle von Phenolphthalein für den Carbonatisierungstest, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thymolphthalein behält die blaue Farbe von pH = 9,3 bis pH = 12,6.</li> <li>• Der Fortschritt der Carbonatisierung wird schon bei pH &lt; 9,3 mit einer Entfärbung von Thymolphthalein angezeigt.</li> <li>• Thymolphthalein ist für den Carbonatisierungstest gut geeignet.</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	erläutert den Vorgang ...	8			
2	gibt den Zusammenhang ...	4			
3	beurteilt die Fehleranfälligkeit ...	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	gibt ein Reaktionsschema ...	4			
2a	gibt an, dass ...	4			
2b	erläutert den Ablauf ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 2. Teilaufgabe</b>		<b>16</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 anhand von ...	4			
1b	erklärt anhand von ...	4			
2	erklärt die Farbigkeit ...	8			
3	erklärt die Farblosigkeit ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>20</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	ordnet die beiden ...	2			
2	deutet das unterschiedliche ...	4			
3	prüft die Verwendung ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 4. Teilaufgabe</b>	<b>12</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 2011

## Chemie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Herstellung von elastischen Kunststoffen: Polyisoprenkautschuk und Silikonkautschuk

1. Erklären Sie mithilfe der Molekülstruktur die Eigenschaften von Polyisopren. Begründen Sie die veränderten Eigenschaften des vulkanisierten Kautschuks und die Unterschiede zwischen Weichgummi und Hartgummi. (14 Punkte)
2. Geben Sie für die Synthese von Polyisopren aus Isopren ein Reaktionsschema an. Begründen Sie, warum die Synthese von Polyisopren als 1,4-Verknüpfung bezeichnet wird. Entwickeln Sie für die 1,2-Verknüpfung von Isopren mithilfe von geeigneten Strukturformelausschnitten einen Reaktionsmechanismus in Einzelschritten. (20 Punkte)
3. Stellen Sie die Herstellung von Polydimethylsiloxan ausgehend von Dichlordimethylsilan mithilfe von Reaktionsschemata dar. Erläutern Sie die Reaktionstypen der einzelnen Schritte. Erklären Sie, wie durch Zugabe von Trimethylsilanol die Bildung und die Eigenschaften von Polydimethylsiloxan beeinflusst werden können. (18 Punkte)
4. Erklären Sie die Vernetzung von Polydimethylsiloxan durch Methylsilantriol mithilfe eines geeigneten Strukturformelausschnittes. Erläutern Sie die Herstellung von Silikonkautschuk aus Polydimethylsiloxan mithilfe der Vinylgruppen. (14 Punkte)

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



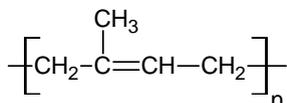
Name: \_\_\_\_\_

### Fachspezifische Vorgaben:

Elastische Kunststoffe werden vielfach verwendet, z. B. für Schläuche, Reifen, Dichtungen, Einmal-Handschuhe, Babyschnuller. Häufig eingesetzte elastische Kunststoffe sind Polyisopren- bzw. Naturkautschuk oder Silikonkautschuk.

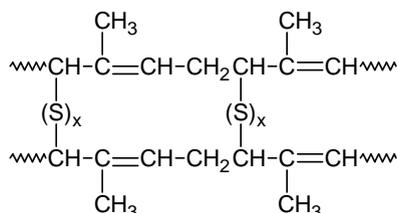
**Naturkautschuk** wird in Kautschukplantagen aus dem Baum *Hevea brasiliensis* als zähflüssige Emulsion in Wasser, die aus der angeschnittenen Rinde abfließt, gewonnen. Trennt man das Wasser ab, erhält man Rohkautschuk.

Rohkautschuk ist das Polymer Polyisopren:



Polyisopren

Polyisopren ist von weicher Konsistenz und hat einen niedrigen Schmelzbereich. Damit es die typischen gummiartigen, elastischen Eigenschaften erhält, muss der Rohkautschuk mit Schwefel umgesetzt werden. Bei diesem sogenannten Vulkanisieren bilden sich zwischen den einzelnen Polymerketten Schwefelbrücken von unterschiedlicher Länge. Der so gewonnene vulkanisierte Kautschuk besitzt nun je nach Schwefelgehalt die typischen elastischen, gummiartigen Eigenschaften. Bei einem Massenanteil von 1 bis 5 % Schwefel erhält man Weichgummi, bei einem Massenanteil von 30 bis 40 % Hartgummi.



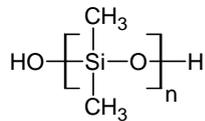
Strukturausschnitt von  
vulkanisiertem Kautschuk

Polyisopren kann auch synthetisch aus Isopren durch eine sogenannte 1,4-Polymerisation hergestellt werden. Diese Synthese verläuft nach einem radikalischen Mechanismus mit organischen Peroxiden als Starter. Dabei greift das Radikal am 1. C-Atom des Isopren-Moleküls an. Isopren kann auch durch eine 1,2-Verknüpfung polymerisiert werden, dabei entsteht ein anderes Produkt. Synthetikautschuke sind hinsichtlich Verschleißfestigkeit und Alterung dem Naturprodukt überlegen, sind jedoch wesentlich teurer.

**Silikone** sind synthetische Polymerverbindungen, in denen Silicium-Atome über Sauerstoff-Atome kettenartig oder netzartig verknüpft sind. Sie werden aus dem Monomer Silandiol (Dimethylsilandiol) hergestellt. Silandiol erhält man durch Hydrolyse von Dichlordimethylsilan. Aus Silandiol lässt sich Polydimethylsiloxan herstellen, das endständige Hydroxy-Gruppen besitzt. Polydimethylsiloxan hat eine ölige Konsistenz.



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



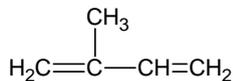
Polydimethylsiloxan

Die Eigenschaften des Polymers können durch Zugabe von Trimethylsilanol verändert werden. Durch Zugabe von Methylsilantriol kann eine Vernetzung zu gummielastischem Silikonkautschuk erreicht werden.

Für eine andere Vernetzung von Polydimethylsiloxan zu Silikonkautschuk werden bei der Herstellung der Polymerkette einige Methylgruppen des Dimethylsilandiols durch Vinylgruppen ersetzt. Die entstehenden Polydimethylsiloxan-Ketten enthalten Vinylgruppen. Durch Peroxide wird eine radikalische Verknüpfung der Vinylgruppen initiiert. Dies führt zur Vernetzung verschiedener Polydimethylsiloxan-Ketten.

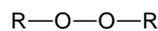
### Zusatzinformationen:

**Vulkanisation:** Vernetzung von Polymeren zum gummielastischen Zustand, früher Vernetzung unter Einwirkung von Schwefel und Hitze.

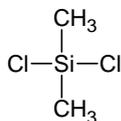


Isopren

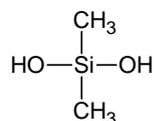
2-Methylbuta-1,3-dien



organisches Peroxid

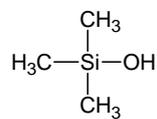


Dichlordimethylsilan

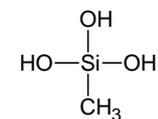


Dimethylsilandiol

Silandiol



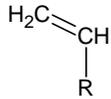
Trimethylsilanol



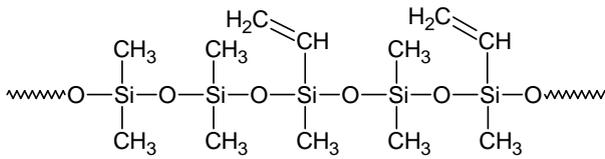
Methylsilantriol



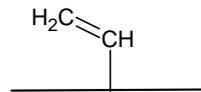
Name: \_\_\_\_\_



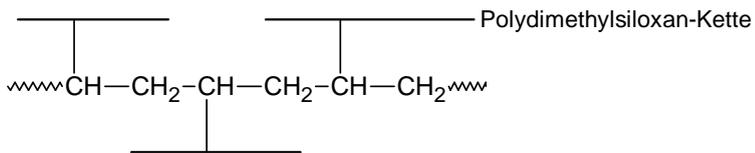
Vinylgruppe



Vinylgruppen in der  
Polydimethylsiloxan-Kette



Vinylgruppe in der  
Polydimethylsiloxan-Kette  
(vereinfacht)



Ausschnitt aus dem vernetzten  
Polydimethylsiloxan

**Unterlagen für die Lehrkraft****Abiturprüfung 2011**  
**Chemie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>****Herstellung von elastischen Kunststoffen: Polyisoprenkautschuk und Silikonkautschuk**

1. Erklären Sie mithilfe der Molekülstruktur die Eigenschaften von Polyisopren. Begründen Sie die veränderten Eigenschaften des vulkanisierten Kautschuks und die Unterschiede zwischen Weichgummi und Hartgummi. (14 Punkte)
2. Geben Sie für die Synthese von Polyisopren aus Isopren ein Reaktionsschema an. Begründen Sie, warum die Synthese von Polyisopren als 1,4-Verknüpfung bezeichnet wird. Entwickeln Sie für die 1,2-Verknüpfung von Isopren mithilfe von geeigneten Strukturformelausschnitten einen Reaktionsmechanismus in Einzelschritten. (20 Punkte)
3. Stellen Sie die Herstellung von Polydimethylsiloxan ausgehend von Dichlordimethylsilan mithilfe von Reaktionsschemata dar. Erläutern Sie die Reaktionstypen der einzelnen Schritte. Erklären Sie, wie durch Zugabe von Trimethylsilanol die Bildung und die Eigenschaften von Polydimethylsiloxan beeinflusst werden können. (18 Punkte)
4. Erklären Sie die Vernetzung von Polydimethylsiloxan durch Methylsilantriol mithilfe eines geeigneten Strukturformelausschnittes. Erläutern Sie die Herstellung von Silikonkautschuk aus Polydimethylsiloxan mithilfe der Vinylgruppen. (14 Punkte)

**3. Materialgrundlage**

- Schliebs, R.; Ackermann, J.: Chemie und Technologie der Silicone I, Chemie in unserer Zeit, 21. Jahrgang 1987, Nr. 4
- Ackermann, J.; Damrath, V.: Chemie und Technologie der Silicone II, Chemie in unserer Zeit, 23. Jahrgang 1989, Nr. 3
- Römpp USB-Stick, Gesichertes Chemiewissen – immer griffbereit, Thieme Verlag, Stuttgart 2008
- <http://www.silicones-science.com> (17.02.2010)

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

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2011

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*  
 Theoriekonzept: Makromoleküle  
 Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polymerisate; Polyester, Polyamide, Proteine; ionische Polymerisation – ohne Taktizität)
2. *Medien/Materialien*
- entfällt

#### 5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

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

##### Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

##### Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt mithilfe der Molekülstruktur die Eigenschaften von Polyisopren. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling die Konsistenz und den niedrigen Schmelzbereich auf die unvernetzten Molekülketten (Thermoplast) sowie die relativ schwachen intermolekularen Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte) zurückführt.)	6
2a	begründet die veränderten Eigenschaften des vulkanisierten Kautschuks. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die elastomeren Eigenschaften aufgrund der Vernetzung durch Schwefelbrücken eingeht.)	4
2b	begründet die Unterschiede zwischen Weichgummi und Hartgummi. (Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Auswirkungen des größeren Massenanteils an Schwefel bei Hartgummi durch den höheren Vernetzungsgrad eingeht.)	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt für die Synthese von Polyisopren aus Isopren ein Reaktionsschema an.	4
2	begründet, warum die Synthese von Polyisopren als 1,4-Verknüpfung bezeichnet wird, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfang und Ende der Monomere, d. h. 1. und 4. C-Atom, sind in der Polymerkette miteinander verknüpft.</li> </ul> <i>(Hinweis: Es wird nicht erwartet, dass der Prüfling auf den Reaktionsmechanismus eingeht.)</i>	4
3a	entwickelt für die 1,2-Verknüpfung von Isopren mithilfe von geeigneten Strukturformelausschnitten einen Reaktionsmechanismus in Einzelschritten. <i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf den Kettenstart, die Kettenfortpflanzung und den Kettenabbruch eingeht.)</i>	8
3b	entwickelt für die 1,2-Verknüpfung von Isopren mithilfe von geeigneten Strukturformelausschnitten einen Reaktionsmechanismus in Einzelschritten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angabe von Reaktionsschemata für die einzelnen Reaktionsschritte.</li> </ul>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	stellt die Herstellung von Polydimethylsiloxan ausgehend von Dichlordimethylsilan mithilfe von Reaktionsschemata dar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktion von Dichlordimethylsilan mit Wasser zu Dimethylsilandiol,</li> <li>• Reaktion von Dimethylsilandiol zu Polydimethylsiloxan unter Wasserabspaltung.</li> </ul>	6
2	erläutert die Reaktionstypen der einzelnen Schritte, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktion von Dichlordimethylsilan mit Wasser zu Dimethylsilandiol: Hydrolyse bzw. Substitution,</li> <li>• Reaktion von Dimethylsilandiol zu Polydimethylsiloxan unter Wasserabspaltung: Polykondensation.</li> </ul>	4
3	erklärt, wie durch Zugabe von Trimethylsilanol die Bildung und die Eigenschaften von Polydimethylsiloxan beeinflusst werden können, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trimethylsilanol enthält nur eine Hydroxy-Gruppe und drei Methylgruppen.</li> <li>• Bei der Reaktion von Trimethylsilanol mit der Polymerkette entsteht eine Kette mit einer Methylgruppe am Ende, die nicht mehr weiter reagieren kann.</li> <li>• Durch Zugabe von Trimethylsilanol entstehen Polymerketten mit kürzerer Kettenlänge.</li> <li>• Die entstehenden Silikone haben dadurch einen niedrigeren Schmelzbereich.</li> </ul>	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe 4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt die Vernetzung von Polydimethylsiloxan durch Methylsilantriol mithilfe eines Strukturformelausschnittes.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Trifunktionalität von Methylsilantriol, auf die freien Hydroxy-Gruppen beim Einbau von Methylsilantriol-Molekülen in die Polydimethylsiloxan-Kette und anhand eines Strukturausschnittes auf die Vernetzung zweier Polymerketten durch Veretherung der freien Hydroxy-Gruppen unter Wasserabspaltung eingeht.)</i></p>	6
2	<p>erläutert die Herstellung von Silikonkautschuk aus Polydimethylsiloxan mithilfe der Vinylgruppen.</p> <p><i>(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die radikalische Polymerisation der Vinylgruppen und die damit verbundene Vernetzung der Polydimethylsiloxan-Ketten eingeht.)</i></p>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	5
2	<ul style="list-style-type: none"> <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	erklärt mithilfe der ...	6			
2a	begründet die veränderten ...	4			
2b	begründet die Unterschiede ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe 1. Teilaufgabe</b>		<b>14</b>			

**Teilaufgabe 2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	gibt für die ...	4			
2	begründet, warum die ...	4			
3a	entwickelt für die ...	8			
3b	entwickelt für die ...	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	stellt die Herstellung ...	6			
2	erläutert die Reaktionstypen ...	4			
3	erklärt, wie durch ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe 3. Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			

**Teilaufgabe 4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	erklärt die Vernetzung ...	6			
2	erläutert die Herstellung ...	8			
3	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	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