Name: _____

Abiturprüfung 2010

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Elektrolyse von Magnesiumchlorid

1. Erläutern Sie die Elektrodenreaktionen bei der Schmelzflusselektrolyse von Magnesiumchlorid anhand von Reaktionsgleichungen. Erklären Sie, warum bei dieser Elektrolyse der Kathodenraum vom Anodenraum getrennt wird und warum man ein Schutzgas einsetzt. Ermitteln Sie unter Annahme von Standardbedingungen die Spannung, die für eine Elektrolyse von geschmolzenem Magnesiumchlorid mindestens benötigt wird. (*22 Punkte*)

2. Erläutern Sie Störungen der Elektrolyse durch Reste von Wasser im Magnesiumchlorid. Begründen Sie, warum es weder möglich ist, Eisen-Elektroden als Anoden zu verwenden noch Magnesium-Elektroden als Kathoden. (*16 Punkte*)

3. Geben Sie insgesamt vier Gründe für oder gegen die Verwendung von Magnesium als Werkstoff an. Begründen Sie, warum bei einem Bleistiftanspitzer aus reinem Magnesium mit Eisenklinge bei Kontakt mit Wasser eine Oxidation des Magnesiums einsetzt. Erklären Sie die Vorgänge bei Schweißarbeiten an einem Bauteil aus Magnesium und das Misslingen des beschriebenen Löschversuchs. (*22 Punkte*)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Nur für den Dienstgebrauch!

Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Magnesium kommt in der Erdkruste nicht elementar, sondern nur gebunden in Salzen vor. Es wird wegen seiner geringen Dichte als Werkstoff im Flugzeug- und Fahrzeugbau, aber auch z. B. für Bleistiftanspitzer verwendet.

Ein Verfahren zur Gewinnung von reinem Magnesium ist die Schmelzflusselektrolyse von wasserfreiem Magnesiumchlorid ($MgCl_2$). Bei einer Temperatur von 700 bis 800 °C entsteht dabei an Graphit-Anoden Chlor, an Stahl-Kathoden metallisches Magnesium. Im oberen Teil der Elektrolytschmelze wird zwischen Kathodenraum und Anodenraum eine Trennwand eingesetzt.

Das flüssige Magnesium sammelt sich im Kathodenraum auf der Elektrolytschmelze und kann abgesaugt werden. Damit es nicht in Kontakt mit Luft kommt, wird über der Elektrolytschmelze ein Schutzgas eingefüllt.

Aus dem noch flüssigen Magnesium werden durch Zugabe entsprechender Metalle die gewünschten Legierungen hergestellt.

Die Schmelzflusselektrolyse von Magnesium ist – auch im Vergleich mit der Produktion anderer Metalle – sehr energieaufwendig, da Energie sowohl zum Heizen als auch für den Elektrolyseprozess benötigt wird. Zudem muss der Ausgangsstoff Magnesiumchlorid aus natürlich vorkommenden Salzen erst in mehreren Schritten hergestellt und Kristallwasser entfernt werden, da Wasser in der Elektrolyse-Apparatur zu Nebenreaktionen führt.

Mit weniger Energieaufwand kann Magnesium im Recyclingverfahren aus Magnesiumlegierungen hergestellt werden.

Wegen seiner leichten Oxidierbarkeit wird Magnesium in der Regel nicht als reines Metall, sondern in Legierungen mit Anteilen von Aluminium oder anderen Metallen eingesetzt. So kann bei einem Bleistiftanspitzer aus reinem Magnesium an der Kontaktstelle zur Eisenklinge Oxidation des Magnesiums eintreten, sobald diese mit Wasser in Berührung kommt.

Bei Schweißarbeiten an einem Bauteil aus Magnesium kommt es nach oberflächlichem Schmelzen des Magnesiums zu einer heftigen Reaktion mit weißer Flamme. Löschversuche mit einem Kohlenstoffdioxid-Feuerlöscher gelingen nicht. Die Flamme verfärbt sich blau, was auf die Bildung von brennendem Kohlenstoffmonooxid hinweist.

Name: _____

Zusatzinformationen:

Magnesiumchlorid wird z. B. aus dem Wasser des Toten Meeres als Hexahydrat ($MgCl_2 \cdot 6\ H_2O$) gewonnen. Das Kristallwasser wird bei 200 °C bis 500 °C durch Überleitung von reinem Chlorwasserstoff-Gas (HCl) abgetrennt.

Die Magnesiumchlorid-Schmelze hat eine Dichte von $\rho = 1{,}86\ g/cm^3$, geschmolzenes Magnesium eine Dichte von $\rho = 1{,}56\ g/cm^3$.

Schmelztemperaturen:
ϑ(Magnesium) = 649 °C, ϑ(Magnesiumchlorid) = 714 °C, ϑ(Eisen) = 1535 °C

Schutzgase sind reaktionsträge Gase, die zur Vermeidung von unerwünschten Reaktionen des Reaktionsgemisches, z. B. mit Luft, eingesetzt werden.

Elektrochemische Spannungsreihe

Standardpotentiale in V (c = 1 mol/L, bei ϑ = 25 °C und p = 101,3 kPa)

1.	Mg/Mg^{2+}	–2,36
2.	Fe/Fe^{2+}	–0,41
3.	**H_2/2 H_3O^+ (pH = 0)**	**0,00**
4.	4 OH^-/O_2 (pH = 14)	0,40
5.	2 Cl^-/Cl_2	1,36

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2010

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung

Elektrolyse von Magnesiumchlorid

1. Erläutern Sie die Elektrodenreaktionen bei der Schmelzflusselektrolyse von Magnesiumchlorid anhand von Reaktionsgleichungen. Erklären Sie, warum bei dieser Elektrolyse der Kathodenraum vom Anodenraum getrennt wird und warum man ein Schutzgas einsetzt. Ermitteln Sie unter Annahme von Standardbedingungen die Spannung, die für eine Elektrolyse von geschmolzenem Magnesiumchlorid mindestens benötigt wird. (*22 Punkte*)

2. Erläutern Sie Störungen der Elektrolyse durch Reste von Wasser im Magnesiumchlorid. Begründen Sie, warum es weder möglich ist, Eisen-Elektroden als Anoden zu verwenden noch Magnesium-Elektroden als Kathoden. (*16 Punkte*)

3. Geben Sie insgesamt vier Gründe für oder gegen die Verwendung von Magnesium als Werkstoff an. Begründen Sie, warum bei einem Bleistiftanspitzer aus reinem Magnesium mit Eisenklinge bei Kontakt mit Wasser eine Oxidation des Magnesiums einsetzt. Erklären Sie die Vorgänge bei Schweißarbeiten an einem Bauteil aus Magnesium und das Misslingen des beschriebenen Löschversuchs. (*22 Punkte*)

3. Materialgrundlage

- http://www.almamet.com/de/products/1054559373/ (21.05.2009)
- http://www.wvmetalle.de/welcome.asp?action=&page_id=186&id=&print=true (21.05.2009)
- http://www.wissenschaft-online.de/artikel/615699 (01.06.2009)
- Beck, A.; Altwicker, H.: Magnesium und seine Legierungen, Springer-Verlag, Berlin 2001, S. 11 ff.
- http://patent-de.com/20060511/DE102004054184A1.html (01.06.2009)
- http://www.magnesium.com/w3/data-bank/article.php?mgw=81&magnesium=67# (01.06.2009)

Nur für den Dienstgebrauch!

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

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
- 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 (AFB)[1]**
	Der Prüfling	
1	erläutert die Elektrodenreaktionen bei der Schmelzflusselektrolyse von Magnesiumchlorid anhand von Reaktionsgleichungen, z. B.: • Chlorid-Ionen werden oxidiert, Magnesium-Ionen reduziert. • Anode: $2\ Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ • Kathode: $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	6 (I)
2a	erklärt, warum der Kathodenraum vom Anodenraum getrennt wird, z. B.: • Chlorgas wird im Anodenraum aufgefangen, Magnesium im Kathodenraum. • Die Trennung von Kathoden- und Anodenraum verhindert den Kontakt und damit die Reaktion der entstehenden Produkte Magnesium und Chlor.	6 (I)

[1] AFB = Anforderungsbereich

2b	erklärt, warum man ein Schutzgas einsetzt, z. B.: • Das flüssige Magnesium setzt sich auf der Elektrolytschmelze aufgrund der geringeren Dichte ab. • Das Schutzgas verhindert eine Oxidation des entstandenen Magnesiums durch Luftsauerstoff.	6 (II)
3	ermittelt unter Annahme von Standardbedingungen die Spannung, die für eine Elektrolyse von geschmolzenem Magnesiumchlorid mindestens benötigt wird, z. B.: • U(Elektrolyse) ≥ $U°$(2 Cl^-/Cl_2) – $U°$(Mg/Mg^{2+}) = 3,72 V	4 (I)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**
1	erläutert Störungen der Elektrolyse durch Reste von Wasser im Magnesiumchlorid, z. B.: • Reste von Wasser würden verdampfen oder elektrolysiert werden unter Bildung von Wasserstoff und Sauerstoff. • An der Kathode würde Wasserstoff entstehen, da $U°$(H_2/2 H_3O^+) größer als $U°$(Mg/Mg^{2+}) ist. • An der Anode würde auch Sauerstoff entstehen, der das aufgefangene Chlorgas verunreinigen würde.	8 (II)
2a	begründet, warum es nicht möglich ist, Eisen-Elektroden als Anoden zu verwenden, z. B.: • Das Standard-Potential $U°$(Fe/Fe^{2+}) ist kleiner als $U°$(2 Cl^-/Cl_2). • Daher würde das Eisen der Anode oxidiert, nicht Chlorid-Ionen.	4 (II)
2b	begründet, warum es nicht möglich ist, Magnesium-Elektroden als Kathoden zu verwenden, z. B.: • Magnesium liegt bei der Betriebstemperatur in geschmolzener Form vor. • Magnesium-Elektroden würden daher in der Elektrolytschmelze schmelzen.	4 (III)
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen **Der Prüfling**	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
1a	gibt insgesamt vier Gründe für oder gegen die Verwendung von Magnesium als Werkstoff an, z. B.: • Magnesium-Legierungen können leicht recycelt werden (positiv). • Die Herstellung von Magnesium erfordert mehr Energie als die Herstellung anderer Metalle (negativ). *(Hinweis: Weitere Gründe sind möglich.)*	2 (I)
1b	gibt insgesamt vier Gründe für oder gegen die Verwendung von Magnesium als Werkstoff an, z. B.: • Magnesium hat eine geringe Dichte, die Verwendung führt zur Gewichtseinsparung (positiv). • Magnesium ist wenig korrosionsbeständig, es muss darauf geachtet werden, dass kein Magnesium in Kontakt mit anderen Metallen und Wasser kommt (negativ). *(Hinweis: Weitere Gründe sind möglich.)*	4 (II)
2	begründet, warum bei einem Anspitzer aus reinem Magnesium mit Eisenklinge bei Kontakt mit Wasser eine Oxidation des Magnesiums einsetzt. (*Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf den Potentialunterschied von Magnesium und Eisen, auf den dadurch bedingten Elektronentransport vom Magnesium zu Eisen und auf die Oxidation vom Magnesium eingeht.)*	8 (III)
3a	erklärt die Vorgänge bei Schweißarbeiten an einem Bauteil aus Magnesium, z. B.: • Durch die Schweißarbeiten wird Aktivierungsenergie zugeführt. • Magnesium reagiert mit Luft, dabei wird Energie in Form von Licht und Wärme frei.	4 (II)
3b	erklärt das Misslingen des Löschversuchs, z. B.: • Magnesium reagiert mit Kohlenstoffdioxid unter Bildung von Kohlenstoffmonoxid: $Mg + CO_2 \rightarrow MgO + CO$. • Kohlenstoffdioxid ist daher kein geeignetes Löschmittel.	4 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen **Der Prüfling**	maximal erreichbare Punktzahl
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
2	• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK[2]**	**ZK**	**DK**
1	erläutert die Elektrodenreaktionen …	6 (I)			
2a	erklärt, warum der …	6 (I)			
2b	erklärt, warum man …	6 (II)			
3	ermittelt unter Annahme …	4 (I)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 1. Teilaufgabe	**22**			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1	erläutert Störungen der …	8 (II)			
2a	begründet, warum es …	4 (II)			
2b	begründet, warum es …	4 (III)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 2. Teilaufgabe	**16**			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1a	gibt insgesamt vier …	2 (I)			
1b	gibt insgesamt vier …	4 (II)			
2	begründet, warum bei …	8 (III)			
3a	erklärt die Vorgänge …	4 (II)			
3b	erklärt das Misslingen …	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 3. Teilaufgabe	**22**			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	**60**			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	**Punkte**	**Erreichte Punktzahl**
sehr gut plus	15	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 2010

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Zusammensetzung von Zitronenessig

1. Beschreiben Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Titrationskurven von Essig, Zitronenessig und Zitronensaft unter Verwendung von Fachbegriffen. Berechnen Sie die Konzentration der Oxonium-Ionen in Zitronenessig. Begründen Sie, warum man mithilfe der Titrationskurve nur die Konzentration der Oxonium-Ionen, aber nicht die Konzentration von Essigsäure bzw. Citronensäure bestimmen kann. (*20 Punkte*)

2. Erklären Sie, warum das beschriebene Verfahren zur Trennung von Essigsäure und Citronensäure aus dem Zitronenessig geeignet ist. Berechnen Sie die Konzentration der Essigsäure im Zitronenessig anhand des Titrationsergebnisses für die Chloroform-Phase. Prüfen Sie die Eignung der angegebenen Indikatoren für eine Endpunktbestimmung bei dieser Titration. (*20 Punkte*)

3. Berechnen Sie die Konzentration der Citronensäure im Zitronenessig anhand des gefällten Calciumcitrat-Tetrahydrats. Analysieren Sie drei mögliche Fehlerquellen bei der Bestimmung der Konzentrationen von Essigsäure und Citronensäure im Zitronenessig. Ordnen Sie den untersuchten Zitronenessig einer der angegebenen Produktvarianten a, b oder c zu. (*20 Punkte*)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Zum Würzen von Speisen werden verschiedene Essigsorten verwendet. Der Massenanteil *w* der Essigsäure beträgt in Essig meistens 5 % bis 6 %. Die Konzentration *c* der Essigsäure im Essig liegt dann zwischen 0,85 mol/L und 1,02 mol/L.

Neben reinen Essigsorten gibt es Mischungen wie z. B. Zitronenessig. Hier sind folgende Varianten auf dem Markt:
a) Essig, der mit Zitronenschalen aromatisiert wird,
b) Mischungen aus w = 90 % Essig und w = 10 % Zitronensaft,
c) Mischungen aus w = 98 % Essig und w = 2 % Zitronensaft.

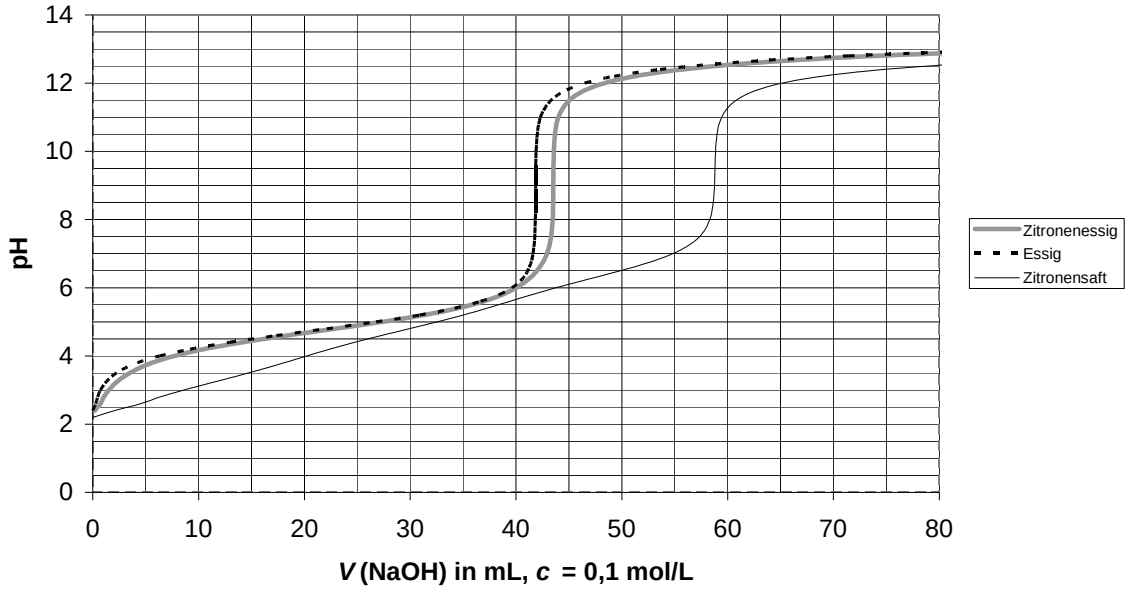
Für alle Produkte wird ein Gesamt-Säuregehalt von w = 5 % Säure angegeben.

Frisch hergestellter Zitronensaft enthält etwa 6 % bis 8 % Citronensäure, das entspricht einer Konzentration zwischen 0,32 mol/L und 0,43 mol/L.

Im Labor werden Proben eines Essigs, eines Zitronensafts und eines Zitronenessigs untersucht. Dabei soll jeweils der Gesamt-Säuregehalt überprüft werden. Zusätzlich soll für den Zitronenessig der Gehalt an Essigsäure und Citronensäure bestimmt werden, um festzustellen, welche Art von Zitronenessig vorliegt.

Zur Bestimmung des Gesamt-Säuregehaltes werden jeweils 5 mL der Probelösungen mit Natronlauge der Konzentration c(NaOH) = 0,1 mol/L titriert. Die Messergebnisse sind in der folgenden Grafik dargestellt:

Titration von Essig, Zitronenessig und Zitronensaft

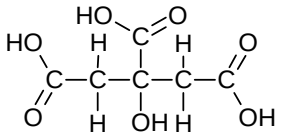


Name: _____

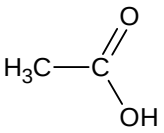
Für die getrennte Bestimmung von Essigsäure und Citronensäure wird ihre unterschiedliche Löslichkeit in Trichlormethan (Chloroform) genutzt: Essigsäure ist gut löslich, Citronensäure jedoch unlöslich. Aus 5 mL Zitronenessig wird nach Zugabe von Chloroform die Essigsäure abgetrennt. Die Essigsäure aus der Chloroform-Phase wird mit Natronlauge (c = 0,1 mol/L) und einem Indikator unter kräftigem Rühren titriert. Es werden 37,5 mL Natronlauge bis zum Umschlagspunkt verbraucht.

Die in der wässrigen Lösung verbliebene Citronensäure wird durch Zugabe von Calciumhydroxid-Lösung als Calciumcitrat-Tetrahydrat ($Ca_3(C_6H_5O_7)_2 \cdot 4\ H_2O$) ausgefällt. Dieses wird abfiltriert, getrocknet und gewogen: Man erhält m = 0,0555 g Calciumcitrat-Tetrahydrat.

Zusatzinformationen:



Citronensäure, $C_6H_8O_7$



Essigsäure

pKs-Werte:

Citronensäure: 3,14; 4,77; 6,39
(Beim Titrieren einer Citronensäure-Lösung ist nur ein Umschlagspunkt erkennbar.)

Essigsäure: 4,75

Molare Massen:

Calciumcitrat-Tetrahydrat:	570,5 g/mol
Citronensäure:	192,12 g/mol
Essigsäure:	60,05 g/mol

Umschlagsbereiche von pH-Indikatoren:

Indikator	Umschlagsbereich	Farbumschlag
Methylrot	4,4 … 6,2	rot – gelborange
Bromthymolblau	6,0 … 7,6	gelb – blau
Thymolblau	8,0 … 9,6	gelb – blau
Phenolphthalein	8,2 … 9,8	farblos – rotviolett
Alizarinrot GG	10,0 … 12,1	hellgelb – bräunlichgelb

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2010

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung

Zusammensetzung von Zitronenessig

1. Beschreiben Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Titrationskurven von Essig, Zitronenessig und Zitronensaft unter Verwendung von Fachbegriffen. Berechnen Sie die Konzentration der Oxonium-Ionen in Zitronenessig. Begründen Sie, warum man mithilfe der Titrationskurve nur die Konzentration der Oxonium-Ionen, aber nicht die Konzentration von Essigsäure bzw. Citronensäure bestimmen kann. (*20 Punkte*)

2. Erklären Sie, warum das beschriebene Verfahren zur Trennung von Essigsäure und Citronensäure aus dem Zitronenessig geeignet ist. Berechnen Sie die Konzentration der Essigsäure im Zitronenessig anhand des Titrationsergebnisses für die Chloroform-Phase. Prüfen Sie die Eignung der angegebenen Indikatoren für eine Endpunktbestimmung bei dieser Titration. (*20 Punkte*)

3. Berechnen Sie die Konzentration der Citronensäure im Zitronenessig anhand des gefällten Calciumcitrat-Tetrahydrats. Analysieren Sie drei mögliche Fehlerquellen bei der Bestimmung der Konzentrationen von Essigsäure und Citronensäure im Zitronenessig. Ordnen Sie den untersuchten Zitronenessig einer der angegebenen Produktvarianten a, b oder c zu. (*20 Punkte*)

3. Materialgrundlage

- http://www.kuehne.de/de/Produktwelt/Essig/Klassiker/essig_zitrone.php (06.03.2009)
- http://das-ist-drin.de/Hengstenberg-Zitronen-Essig-750-ml--4189/ (06.03.2009)
- http://www.chemieunterricht.de/dc2/citrone/c_v10.htm (06.03.2009)
- http://www.chemiephysikskripte.de/potent/potenfr.htm (08.03.2009)
- http://www.citrotex.de/citronensaeure/citronensaeure.html (08.03.2009)
- www.chids.de/dachs/expvortr/713Essigsaeure-Wolf.ppt (04.03.2009)
- Handbook of Chemistry and Physics, 67th Edition, 1986-87, CRC Press, D-80, D-161, D-221 ff.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. Inhaltliche Schwerpunkte
Themenfeld: Analytische Verfahren zur Konzentrationsbestimmung
- Protolysen als Gleichgewichtsreaktionen: Säure-Base-Begriff nach Brönsted, Autoprotolyse des Wassers, pH-, p*K*s-Wert
- einfache Titrationen mit Endpunktbestimmungen

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 (AFB)[1]**
	Der Prüfling	
1	beschreibt Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Titrationskurven von Essig, Zitronenessig und Zitronensaft unter Verwendung von Fachbegriffen. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die unterschiedlichen pH-Werte im Anfangsbereich der Titrationen und auf die unterschiedliche Lage der pH-Sprünge (Äquivalenzpunkte) eingeht.*	8 (I)
2	berechnet die Konzentration der Oxonium-Ionen in Zitronenessig, z. B.: • Der Äquivalenzpunkt wird bei Zugabe von 44 mL Natronlauge erreicht. • $n(H_3O^+) = n(OH^-)$ • $c(H_3O^+) = n(H_3O^+) / V(\text{Zitronenessig}) = 0{,}88$ mol/L	6 (I)
3	begründet, warum man mithilfe der Titrationskurve nur die Konzentration der Oxonium-Ionen, aber nicht die Konzentration von Essigsäure bzw. Citronensäure bestimmen kann. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling in der Begründung Aussagen zum ähnlichen Verlauf der Kurven von Essig und Zitronenessig sowie zum Fehlen mehrerer erkennbarer pH-Sprünge macht.)*	6 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

[1] AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 2

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**
1	erklärt, warum das beschriebene Verfahren zur Trennung von Essigsäure und Citronensäure aus dem Zitronenessig geeignet ist, z. B.: • Die Essigsäure geht in die Chloroform-Phase über, da sie darin gut löslich ist. • Die Citronensäure bleibt in der wässrigen Phase, da Citronensäure in Chloroform nicht löslich ist.	4 (II)
2a	berechnet die Konzentration der Essigsäure im Zitronenessig anhand des Titrationsergebnisses für die Chloroform-Phase, z. B.: • Äquivalenzpunkt: V(NaOH) = 37,5 mL • n(Essigsäure) = n(NaOH) = c(NaOH) · V(NaOH)	4 (I)
2b	berechnet die Konzentration der Essigsäure im Zitronenessig anhand des Titrationsergebnisses für die Chloroform-Phase, z. B.: • c(Essigsäure) = n(Essigsäure) / V(Zitronenessig) • c(Essigsäure) = 0,75 mol/L	4 (II)
3	prüft die Eignung der angegebenen Indikatoren für eine Endpunktbestimmung bei dieser Titration. *(Hinweis: Es wird vom Prüfling anhand eines Vergleichs der pH-Werte der Indikator-Farbumschläge mit dem pH-Wert des Äquivalenzpunktes z. B. die Aussage erwartet, dass Thymolblau und Phenolphthalein geeignet, Methylrot nicht geeignet, Bromthymolblau und Alizarinrot GG nur bedingt geeignet sind.)*	8 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen **Der Prüfling**	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
1	berechnet die Konzentration der Citronensäure in Zitronenessig anhand des gefällten Calciumcitrat-Tetrahydrats, z. B.: • n(Calciumcitrat) = m(Calciumcitrat) / M(Calciumcitrat) • n(Citronensäure) = 2 · n(Calciumcitrat) • c(Citronensäure) = n(Citronensäure) / V(Lösung) • c(Citronensäure) = 0,039 mol/L	8 (II)
2	analysiert drei mögliche Fehlerquellen bei der Bestimmung der Konzentrationen von Essigsäure und Citronensäure im Zitronenessig. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf drei Fehlerquellen bzgl. Trennvorgang, Titration der Essigsäure bzw. der Fällung und Wägung von Calciumcitrat eingeht.)*	6 (III)
3	ordnet den untersuchten Zitronenessig einer der angegebenen Produktvarianten a, b oder c zu. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling mithilfe der Daten für Massenanteil und Konzentration von Essigen eine Abschätzung des Massenanteils vornimmt. Davon ausgehend muss eine Entscheidung für den Zitronenessig mit w = 10 % Zitronensaft erfolgen.)*	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen **Der Prüfling**	maximal erreichbare Punktzahl
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
2	• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK[2]**	**ZK**	**DK**
1	beschreibt Gemeinsamkeiten und …	8 (I)			
2	berechnet die Konzentration …	6 (I)			
3	begründet, warum man …	6 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 1. Teilaufgabe	**20**			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1	erklärt, warum das …	4 (II)			
2a	berechnet die Konzentration …	4 (I)			
2b	berechnet die Konzentration …	4 (II)			
3	prüft die Eignung …	8 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 2. Teilaufgabe	**20**			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1	berechnet die Konzentration …	8 (II)			
2	analysiert drei mögliche …	6 (III)			
3	ordnet den untersuchten …	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 3. Teilaufgabe	**20**			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	**60**			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	**Punkte**	**Erreichte Punktzahl**
sehr gut plus	15	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 2010

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Blütenfarbstoffe: Anthocyane

1. Nennen Sie die Kriterien für ein aromatisches System und begründen Sie, warum das Benzopyrylium-Ion aromatisch ist. Erklären Sie den Zusammenhang von Struktur und Farbigkeit am Beispiel der Struktur des Cyanidins bei einem pH-Wert zwischen 6 und 7. (*20 Punkte*)

2. Erklären Sie mithilfe der beiden Absorptionsspektren (Abbildung 1 und 2) das Zustandekommen der jeweils sichtbaren Farbe von Cyanidin. Ordnen Sie diesen Absorptionsspektren die für den pH-Bereich 6 bis 7 bzw. die für den pH-Bereich 7 bis 8 vorliegenden Molekülstrukturen zu und begründen Sie Ihre Entscheidung. (*24 Punkte*)

3. Erläutern Sie die beim Kochen von Blütenblättern mit verdünnter Salzsäure ablaufende Reaktion von Cyanin zu Cyanidin. Begründen Sie, warum Cyanin bzw. Anthocyane in der Pflanze eine Schutzfunktion vor UV-Licht haben. Erläutern Sie den UV-Schutz für ein frühes und ein spätes Entwicklungsstadium der Pflanze. (*16 Punkte*)

Zugelassene Hilfsmittel:

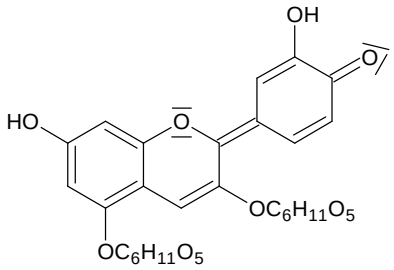
- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Nur für den Dienstgebrauch!

Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

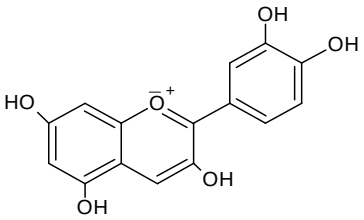
Anthocyane sind wasserlösliche Pflanzenfarbstoffe, die in sehr vielen Pflanzen vorkommen und Blüten, Früchten oder Blättern die rote, violette, blaue oder blauschwarze Färbung geben. Das Anthocyan *Cyanin* ist beispielsweise in roten Weintrauben und in den Blättern des Rotkohls enthalten.



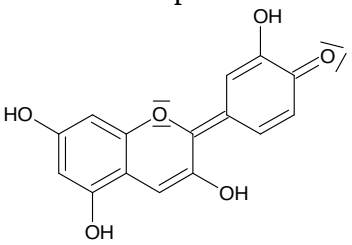
Struktur des Cyanins

Cyanin-Moleküle bestehen aus dem farbgebenden Cyanidin-Gerüst, an das Glucose-Reste gebunden sind. Beim Kochen der Blütenblätter mit verdünnter Salzsäure wird Glucose (vereinfacht: $HOC_6H_{11}O_5$) abgespalten und das freie *Cyanidin* geht in Lösung. Die Wirkung von Rotkohlsaft als Indikator beruht auf der Änderung der Molekülstruktur des Cyanidins in Abhängigkeit vom pH-Wert.

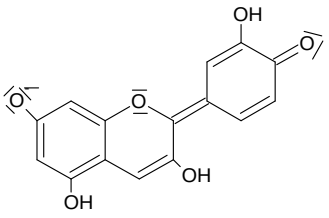
Struktur des Cyanidins bei verschiedenen pH-Werten:



Molekülstruktur bei pH < 3

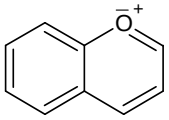


Molekülstruktur bei pH 6 bis 7



Molekülstruktur bei pH 7 bis 8

Cyanidin-Moleküle enthalten ein ebenes Ringsystem, das sich vom Benzopyrylium-Ion mit folgender Strukturformel ableitet:



Junge Pflanzen enthalten vielfach einen hohen Gehalt an Anthocyanen in den äußeren Zellschichten, was sich in bräunlichen Blättern der jungen Pflanzen zeigt. Die grüne Farbe der Blätter wird durch Chlorophyll (bestehend aus Chlorophyll a und b) bewirkt, das bei jungen Pflanzen oft nur in geringer Konzentration vorkommt. Beobachtungen zeigen, dass mit zunehmender Konzentration an Chlorophyll, das in der Wachstumsphase allmählich gebildet wird, die Konzentration an Anthocyanen abnimmt. Anthocyane besitzen in der Pflanze eine Schutzfunktion vor schädlichem UV-Licht.

Name: _____

Zusatzinformationen:

Absorptionsspektren von Cyanidin bei unterschiedlichen pH-Werten

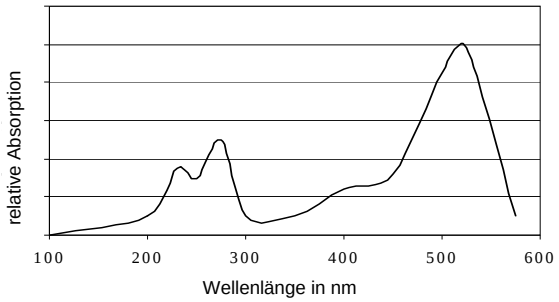


Abbildung 1

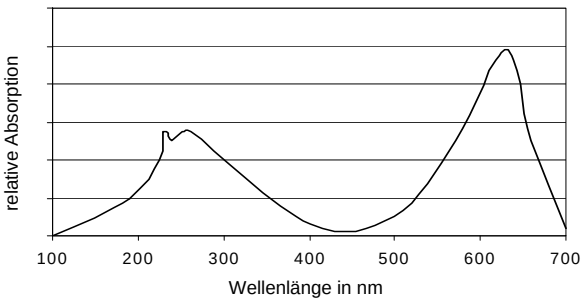
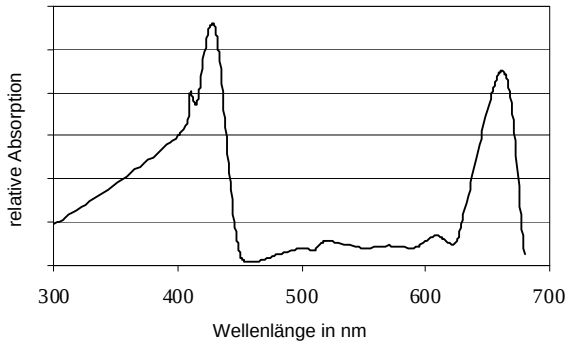


Abbildung 2

Absorptionsspektrum von Chlorophyll a



Zusammenhang von absorbierter Strahlung, zugehöriger Spektralfarbe und beobachteter Komplementärfarbe

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

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2010

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung

Blütenfarbstoffe: Anthocyane

1. Nennen Sie die Kriterien für ein aromatisches System und begründen Sie, warum das Benzopyrylium-Ion aromatisch ist. Erklären Sie den Zusammenhang von Struktur und Farbigkeit am Beispiel der Struktur des Cyanidins bei einem pH-Wert zwischen 6 und 7. (*20 Punkte*)

2. Erklären Sie mithilfe der beiden Absorptionsspektren (Abbildung 1 und 2) das Zustandekommen der jeweils sichtbaren Farbe von Cyanidin. Ordnen Sie diesen Absorptionsspektren die für den pH-Bereich 6 bis 7 bzw. die für den pH-Bereich 7 bis 8 vorliegenden Molekülstrukturen zu und begründen Sie Ihre Entscheidung. (*24 Punkte*)

3. Erläutern Sie die beim Kochen von Blütenblättern mit verdünnter Salzsäure ablaufende Reaktion von Cyanin zu Cyanidin. Begründen Sie, warum Cyanin bzw. Anthocyane in der Pflanze eine Schutzfunktion vor UV-Licht haben. Erläutern Sie den UV-Schutz für ein frühes und ein spätes Entwicklungsstadium der Pflanze. (*16 Punkte*)

3. Materialgrundlage

- http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/document/1115 (12.03.2009)
- Haas, L.: Anthocyane – faszinierende Stationen in gekoppelten Biosynthesewegen, PdN-ChiS 49 (2000) H. 7, S. 15 ff.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. *Inhaltliche Schwerpunkte*
   Theoriekonzept: Das aromatische System
   Themenfeld: Farbstoffe und Farbigkeit (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Indigofarbstoffe)

2. *Medien/Materialien*
   - entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)[1]**
1a	nennt die Kriterien für ein aromatisches System, z. B.: • Es müssen ebene Ringe mit konjugierten Doppelbindungen vorliegen. • Es liegen (4n + 2) delokalisierte π-Elektronen vor (Hückel-Regel). • Es lassen sich mesomere Grenzstrukturen formulieren.	4 (I)
1b	begründet, warum das Benzopyrylium-Ion aromatisch ist. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen zu den konjugierten Doppelbindungen, den in einer Ebene liegenden Ringen und den delokalisierten π-Elektronen (mesomere Grenzstrukturen) macht sowie durch Berechnung feststellt, dass die Hückel-Regel (bei 10 delokalisierten π-Elektronen gilt n = 2) erfüllt ist.)*	6 (II)
2a	erklärt den Zusammenhang von Struktur und Farbigkeit am Beispiel der Struktur des Cyanidins beim pH-Wert 6 bis 7. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen zum Zusammenhang von Lichtabsorption und Farbigkeit und zur Anregung von delokalisierten π-Elektronen macht.)*	4 (I)
2b	erklärt den Zusammenhang von Struktur und Farbigkeit am Beispiel der Struktur des Cyanidins beim pH-Wert 6 bis 7. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling Aussagen zum Vorliegen eines ausgedehnten π-Elektronensystems, das sich über drei Phenylringe erstreckt, über den Einfluss der Hydroxyl-Gruppe mit ihrem +M-Effekt und der Carbonyl-Gruppe mit ihrem -M-Effekt macht.)*	6 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

[1] AFB = Anforderungsbereich

Teilaufgabe 2

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**
1	erklärt mithilfe der beiden Absorptionsspektren das Zustandekommen der jeweils sichtbaren Farbe von Cyanidin, z. B.: • Das Spektrum (Abbildung 1) zeigt ein Absorptionsmaximum bei ca. 525 nm; die absorbierte Spektralfarbe ist Grün. Die sichtbare Farbe ist somit Purpur. • Das Spektrum (Abbildung 2) zeigt ein Absorptionsmaximum bei ca. 630 nm, die absorbierte Spektralfarbe ist Rot. Die sichtbare Farbe ist somit Blaugrün. *(Hinweis: Für das Spektrum (Abbildung 2) ist auch die Spektralfarbe Orange und somit die sichtbare Farbe Grünblau zu akzeptieren.)*	6 (I)
2	ordnet diesen Absorptionsspektren die für den pH-Bereich 6 bis 7 bzw. die für den pH-Bereich 7 bis 8 vorliegenden Molekülstrukturen zu: • Absorptionsspektrum 1: Struktur bei pH-Wert 6 bis 7. • Absorptionsspektrum 2: Struktur bei pH-Wert 7 bis 8.	4 (I)
3a	begründet seine Entscheidung, z. B.: • Bei pH 7 bis 8 liegt das Cyanidin-Anion vor. Das negativ geladene Sauerstoff-Atom übt einen stärkeren +M-Effekt aus als die Hydroxyl-Gruppe des ungeladenen Moleküls bei pH 6 bis 7. • Die Anregungsenergie ist demnach für das Cyanidin-Anion geringer als für das Cyanidin-Molekül.	8 (II)
3b	begründet seine Entscheidung, z. B.: • Da zur Anregung des Cyanidin-Anions bei pH 7 bis 8 energieärmeres Licht benötigt wird, muss das Absorptionsmaximum bei einer größeren Wellenlänge liegen. • Das Absorptionsmaximum in Spektrum 2 (Abbildung 2) liegt bei 630 nm im langwelligeren Bereich als das Absorptionsmaximum bei Spektrum 1 (Abbildung 1).	6 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**
	Der Prüfling	
1	erläutert die beim Kochen von Blütenblättern mit verdünnter Salzsäure ablaufende Reaktion von Cyanin zu Cyanidin, z. B: • Die Bindung zwischen dem Farbstoff und dem Zuckermolekül wird unter Addition von Wasser gespalten (Hydrolyse). • Die Säure wirkt als Katalysator.	6 (III)
2	begründet, warum Cyanin bzw. Anthocyane in der Pflanze eine Schutzfunktion vor UV-Licht haben, z. B.: • Die vorliegenden Absorptionsspektren zeigen, dass Anthocyane im UV-Bereich relativ stark absorbieren.	4 (II)
3	erläutert den UV-Schutz für ein frühes und ein spätes Entwicklungsstadium der Pflanze, z. B.: • Die junge Pflanze weist einen hohen Gehalt an Anthocyanen auf; hier übernimmt das Cyanidin fast vollständig den Schutzmechanismus. • Die ältere Pflanze weist dagegen einen hohen Gehalt an Chlorophyll auf, das hier den Schutzmechanismus übernimmt. • Auch Chlorophyll absorbiert, wie das Absorptionsspektrum zeigt, stark im UV-Bereich.	6 (III)
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	• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK[2]**	**ZK**	**DK**
1a	nennt die Kriterien …	4 (I)			
1b	begründet, warum das …	6 (II)			
2a	erklärt den Zusammenhang …	4 (I)			
2b	erklärt den Zusammenhang …	6 (II)			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 1. Teilaufgabe	**20**			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1	erklärt, mithilfe der …	6 (I)			
2	ordnet diesen Absorptionsspektren …	4 (I)			
3a	begründet seine Entscheidung …	8 (II)			
3b	begründet seine Entscheidung …	6 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 2. Teilaufgabe	**24**			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1	erläutert die beim …	6 (III)			
2	begründet, warum Cyanin …	4 (II)			
3	erläutert den UV-Schutz …	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 3. Teilaufgabe	**16**			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	**60**			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	**Punkte**	**Erreichte Punktzahl**
sehr gut plus	15	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 2010

Chemie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Einsatz von MAKROLON® und PLEXIGLAS® als Glasersatz

1. Geben Sie die allgemeine Struktur sowie eine typische Eigenschaft von Thermoplasten an. Erläutern Sie den Ablauf der Reaktion zur Bildung von PMMA in Einzelschritten. Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt von PMMA. *(20 Punkte)*

2. Erläutern Sie die Herstellung von MAKROLON® auch anhand eines Reaktionsschemas mit Strukturformeln. Geben Sie die Art der Reaktion und den entstehenden Kunststofftyp an. Erklären Sie das Entstehen der teilkristallinen Struktur von MAKROLON®, wenn es aus Lösungen zu Folien gegossen wird. (*22 Punkte)*

3. Erläutern Sie die Stoffeigenschaften von MAKROLON® und PLEXIGLAS® vor dem Hintergrund der Verwendung für Überdachungen von Bahnhöfen. Begründen Sie, weshalb MAKROLON® bzw. PLEXIGLAS® für größere Überdachungen besser geeignet ist als Glas. Erläutern Sie Probleme, die beim Einsatz von MAKROLON® bzw. PLEXIGLAS® als Glasersatz entstehen können. *(18 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wissenschaftlicher Taschenrechner
- Periodensystem
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Nur für den Dienstgebrauch!

Name: _____

Fachspezifische Vorgaben:

Größere Glasüberdachungen wie etwa von Bahnhöfen werden heute aus MAKROLON® oder PLEXIGLAS® hergestellt. Ursprünglich waren Bahnhöfe mit Drahtglas eingedeckt. Die Drahtglaskonstruktionen zersplitterten jedoch aufgrund der Bewegung der Stahlkonstruktion sowie aufgrund von Temperaturschwankungen, da die Materialien unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen.

Polymethylmethacrylat (PMMA) ist glasklar und besitzt einen hohen Oberflächenglanz. Ein bekannter Handelsname ist z. B. PLEXIGLAS®. PMMA besitzt gute mechanische Eigenschaften, ist weitgehend kratzfest und zeichnet sich durch seine hervorragende Beständigkeit gegenüber Witterung, Licht und UV-Strahlung aus.

Industriell wird PMMA ausschließlich durch Polymerisation von Methacrylsäuremethylester hergestellt. Für diese Reaktion werden Starter wie Dibenzoylperoxid eingesetzt.

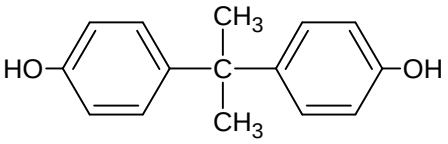
Polycarbonate (PC) sind farblos, transparent und besitzen eine hohe Lichtdurchlässigkeit. Sie zeichnen sich durch hohe Schlagfestigkeit (Energie, die nötig ist, um das Material durch einen Schlag zu zerbrechen), Wärmeformbeständigkeit und Härte aus. Gegenüber Witterungs- und UV-Strahlungseinflüssen sind sie nur bedingt beständig und werden deshalb oft mit einer UV-Schutzfolie versehen. Ein häufig verwendetes Polycarbonat ist MAKROLON®. MAKROLON® wird durch die Reaktion von Bisphenol A (2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan) mit Phosgen hergestellt.

MAKROLON® lässt sich aus der Schmelze z. B. durch Spritzguss verarbeiten. Dabei bleibt es amorph und transparent. Wird es aus Lösungen zu Folien gegossen, verdunstet das Lösemittel langsam und der Kunststoff erhält so teilkristalline Strukturen.

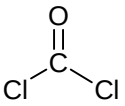
Gläser sind unterkühlte Schmelzen. Aufgrund der Zähigkeit der Glas- bzw. Kristallschmelze haben die Teilchen bzw. Ionen im Abkühlungsprozess der Schmelze an der Luft zu wenig Zeit, sich zu einer kristallinen Struktur zu ordnen. So bleibt im Festzustand die Struktur des flüssigen Zustandes (Schmelze) praktisch erhalten. Gewöhnliches Fensterglas hat in etwa die Zusammensetzung 12,9 % Na_2O, 11,6 % CaO, 75,5 % SiO_2.

Name: _____

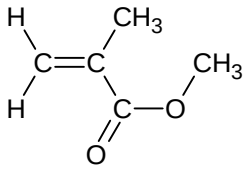
Zusatzinformationen:



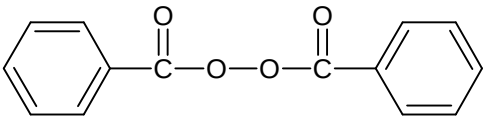
Bisphenol A



Phosgen

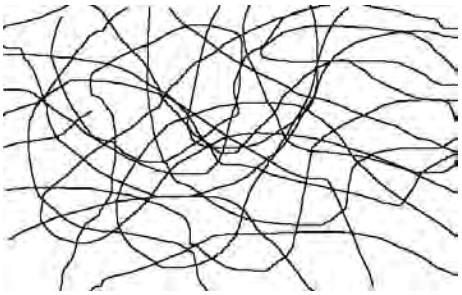


Methacrylsäuremethylester



Dibenzoylperoxid

Kunststoff: amorph



Kunststoff: mit teilkristallinen Strukturen („parallele Fäden“)

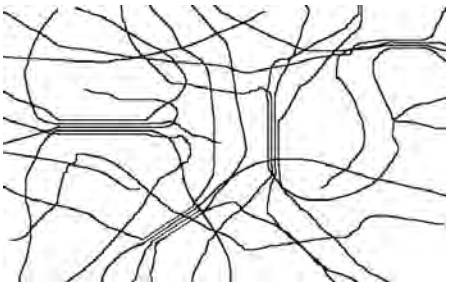


Tabelle: Ausgewählte Eigenschaften der Materialien

Eigenschaft	**Einheit**	**Glas**	**MAKROLON®**	**PLEXIGLAS®**
Farbe		transparent	transparent	transparent
Lichtdurchlässigkeit	%	80 – 82	85	> 92
Dichte	g/cm^3	2,5	1,20	1,18
Schlagfestigkeit	kJ/m^2	3 – 5 schneller Bruch	kein Bruch (etwa 20-mal schlagfester als PLEXIGLAS®)	10 – 12
Erweichungstemperatur	°C	600	150	105

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2010

Chemie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die auf fachspezifischen Vorgaben basiert

2. Aufgabenstellung

Einsatz von MAKROLON® und PLEXIGLAS® als Glasersatz

1. Geben Sie die allgemeine Struktur sowie eine typische Eigenschaft von Thermoplasten an. Erläutern Sie den Ablauf der Reaktion zur Bildung von PMMA in Einzelschritten. Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt von PMMA. *(20 Punkte)*

2. Erläutern Sie die Herstellung von MAKROLON® auch anhand eines Reaktionsschemas mit Strukturformeln. Geben Sie die Art der Reaktion und den entstehenden Kunststofftyp an. Erklären Sie das Entstehen der teilkristallinen Struktur von MAKROLON®, wenn es aus Lösungen zu Folien gegossen wird. (*22 Punkte)*

3. Erläutern Sie die Stoffeigenschaften von MAKROLON® und PLEXIGLAS® vor dem Hintergrund der Verwendung für Überdachungen von Bahnhöfen. Begründen Sie, weshalb MAKROLON® bzw. PLEXIGLAS® für größere Überdachungen besser geeignet ist als Glas. Erläutern Sie Probleme, die beim Einsatz von MAKROLON® bzw. PLEXIGLAS® als Glasersatz entstehen können. *(18 Punkte)*

Materialgrundlage:

- Wambach, H. (Hrsg.): Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 10/II, Lernen im Kontext II, Aulis-Verlag Deubner, Köln 2007
- Chemie heute, Sekundarstufe II, Schroedel-Verlag, Hannover 1998
- Naturwissenschaften im Unterricht CHEMIE, Heft 35 (Themenheft Glas), Friedrich Verlag, Seelze 1996

4. Bezüge zu den Vorgaben 2010

1. Inhaltliche Schwerpunkte
Theoriekonzept: Makromoleküle
Themenfeld: Natürliche und synthetische Werkstoffe (Polyester, Polyamide, Proteine)

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 **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)[1]**
1	gibt die allgemeine Struktur sowie eine typische Eigenschaft von Thermoplasten an: • Thermoplaste bestehen aus langen, nicht miteinander verbundenen Molekülketten und schmelzen beim Erhitzen.	4 (I)
2a	erläutert den Ablauf der Reaktion zur Bildung von PMMA in Einzelschritten, z. B.: • Kettenstart: Zerfall von Dibenzoylperoxid-Molekülen in zwei Radikale, Reaktion dieser Radikale mit Methylmethacrylat-Molekülen zu neuen Radikalen.	4 (II)
2b	erläutert den Ablauf der Reaktion zur Bildung von PMMA in Einzelschritten, z. B.: • Kettenfortpflanzung: Reaktion der Radikale mit weiteren Methylmethacrylat-Molekülen.	4 (II)
2c	erläutert den Ablauf der Reaktion zur Bildung von PMMA in Einzelschritten, z. B.: • Kettenabbruch: Reaktion zweier Radikale miteinander.	4 (II)
3	zeichnet einen Strukturformelausschnitt von PMMA.	4 (I)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**
1a	erläutert die Herstellung von MAKROLON®. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die strukturellen Voraussetzungen der Edukte (bifunktionelle Edukte, hier Diol und Säuredichlorid) und die Bildung des Makromoleküls durch Abspaltung von Chlorwasserstoff eingeht.)*	8 (II)
1b	erläutert die Herstellung von MAKROLON®: Reaktionsschema mit Strukturformeln.	4 (II)
2a	gibt die Art der Reaktion an: Polykondensation.	2 (I)
2b	gibt den entstehenden Kunststofftyp an: Polyester.	2 (II)

[1] AFB = Anforderungsbereich

3	erklärt das Entstehen der teilkristallinen Struktur von MAKROLON®, wenn es aus Lösungen zu Folien gegossen wird, z. B.: • Beim langsamen Verdunsten des Lösemittels können sich die Molekülketten durch Bildung von zwischenmolekularen Wechselwirkungen geordnet ausrichten. Dadurch entstehen teilkristalline Bereiche innerhalb der Folie.	6 (III)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**
1	erläutert die Stoffeigenschaften von MAKROLON® und PLEXIGLAS® vor dem Hintergrund der Verwendung für Überdachungen von Bahnhöfen. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf Farbe, Lichtdurchlässigkeit, Dichte, Schlagfestigkeit und Gebrauchstemperatur der Materialien eingeht.)*	8 (I)
2	begründet, weshalb MAKROLON® bzw. PLEXIGLAS® für größere Überdachungen besser geeignet ist als Glas. *(Hinweis: Es wird erwartet, dass der Prüfling auf die Vorteile durch die geringere Dichte und die höhere Schlagfestigkeit der Kunststoffe gegenüber Glas eingeht.)*	6 (III)
3	erläutert Probleme, die beim Einsatz von MAKROLON® bzw. PLEXIGLAS® als Glasersatz entstehen können, z. B.: • Beim Einsatz von MAKROLON® kann die geringe Witterungs- und UV-Beständigkeit problematisch werden, da gerade Überdachungen von Bahnhöfen der Witterung und dem UV-Licht stark ausgesetzt sind. • Der Einsatz von PLEXIGLAS® dürfte keine Probleme bereiten. *(Hinweis: Der Prüfling kann auch auf andere mögliche Probleme wie Herstellungskosten oder die Recycelbarkeit der Materialien eingehen.)*	4 (II)
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen **Der Prüfling**	**maximal erreichbare Punktzahl**
1	führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus.	4
2	• strukturiert seine Darstellung sachgerecht und übersichtlich, • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache, • veranschaulicht seine Ausführungen durch geeignete Skizzen, Schemata etc., • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	3

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK[2]**	**ZK**	**DK**
1	gibt die allgemeine …	4 (I)			
2a	erläutert den Ablauf …	4 (II)			
2b	erläutert den Ablauf …	4 (II)			
2c	erläutert den Ablauf …	4 (II)			
3	zeichnet einen Strukturformelausschnitt …	4 (I)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 1. Teilaufgabe	**20**			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1a	erläutert die Herstellung …	8 (II)			
1b	erläutert die Herstellung …	4 (II)			
2a	gibt die Art …	2 (I)			
2b	gibt den entstehenden …	2 (II)			
3	erklärt das Entstehen …	6 (III)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 2. Teilaufgabe	**22**			

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

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	**Lösungsqualität**			
	Der Prüfling	**maximal erreichbare Punktzahl (AFB)**	**EK**	**ZK**	**DK**
1	erläutert die Stoffeigenschaften …	8 (I)			
2	begründet, weshalb MAKROLON® …	6 (III)			
3	erläutert Probleme, die …	4 (II)			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) …….. ……..				
	Summe 3. Teilaufgabe	**18**			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	**60**			

Darstellungsleistung

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

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

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

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

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

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

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

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

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

Note	**Punkte**	**Erreichte Punktzahl**
sehr gut plus	15	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