



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2010

### CHEMIE (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten  
Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Der Prüfling wählt je ein Thema aus den Gebieten **G** (Grundlagen) und **V** (Vertiefung) zur Bearbeitung aus.

Die zwei zur Bewertung vorgesehenen Themen sind vom Prüfling anzukreuzen.

<b>Thema G 1:</b>	Das Element Fluor und seine Verbindungen	
<b>Thema G 2:</b>	Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe	

<b>Thema V 1:</b>	Aromatische Nitroverbindungen	
<b>Thema V 2:</b>	Qualität von Lebensmitteln - Verpackung	
<b>Thema V 3:</b>	Silbergleichgewichte	

Unterschrift des Prüflings:.....

## Thema G 1: Das Element Fluor und seine Verbindungen

### 1 Eigenschaften und Herstellung von Fluor

#### Material 1:

Fluor, ein bei Zimmertemperatur schwach gelbgrünes, giftiges Gas, ist eines der reaktionsfähigsten Stoffe. Es setzt sich mit fast allen Elementen direkt um. Kupfer, Nickel und Stahl werden nur oberflächlich angegriffen, wobei sich eine dichte Fluoridschicht bildet, die vor weiterer Zerstörung schützt.

Die industrielle Gewinnung von Fluor beginnt mit dem bergmännisch abbaubaren Calciumfluorid (Flussspat). Dieses wird mit konzentrierter Schwefelsäure zu Fluorwasserstoff und Calciumsulfat umgesetzt. Fluorwasserstoff wird in einer Schmelze von Kaliumfluorid bei etwa 85 °C elektrolysiert, wobei das Kaliumfluorid zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit zugesetzt wird.

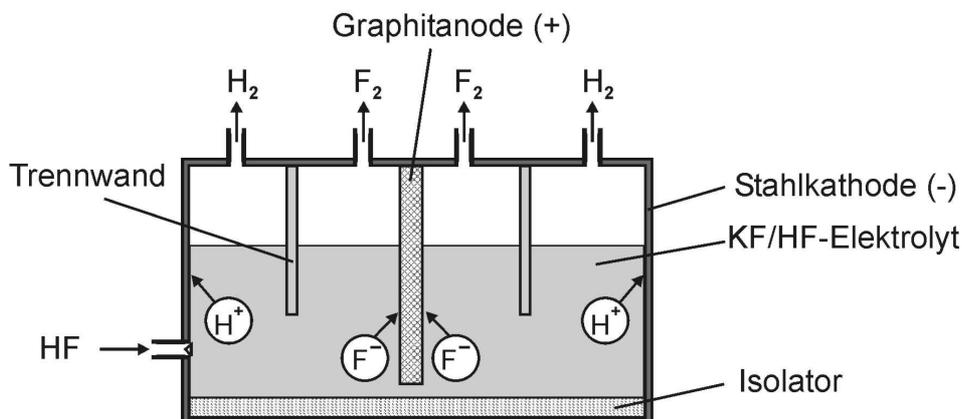


Abb.: Elektrolysezelle

- 1.1 Leiten Sie ausgehend von der Stellung des Elementes Fluor im Periodensystem drei Aussagen zum Atombau ab und begründen Sie die Oxidationszahl -1 in Fluorverbindungen.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Oberflächenreaktion des Fluors mit einem der genannten Metalle sowie für die Gewinnung der Wasserstoffverbindung des Fluors.

Ordnen Sie die erste Reaktion einer Reaktionsart zu und begründen Sie.

- 1.2 Erläutern Sie unter Verwendung der obigen Abbildung die Vorgänge bei der elektrochemischen Herstellung von Fluor.

Berechnen Sie das täglich in einer Elektrolysezelle produzierte Fluorvolumen, wenn mit einer Stromstärke von  $I = 5000 \text{ A}$  gearbeitet wird und der Wirkungsgrad  $\eta = 0,7$  beträgt.

**Hinweis:**  $V_m(85 \text{ °C}) = 29,4 \text{ L/mol}$

## 2 Bedeutende Fluorverbindungen

**Material 2:**

Die wässrige Lösung von Fluorwasserstoff wird als Flusssäure bezeichnet. Mit einem  $pK_s$ -Wert von 3,2 gehört sie eher zu den schwachen Säuren. Flusssäure kann leicht durch die Haut in den menschlichen Körper gelangen und große Schädigungen hervorrufen (Kontaktgift). Sie wird wegen ihrer ätzenden Wirkung z. B. zum Mattieren von Glas eingesetzt.

Eine große Bedeutung besitzen die Fluoride beim Aufbau der Zähne. Deshalb gibt es fluoridhaltige Zahnpasten und in verschiedenen Ländern werden dem Trinkwasser Fluoride bis zu einer Stoffmengenkonzentration von  $c(F^-) = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$  zugesetzt (Trinkwasserfluoridierung). Fluorid-Ionen spielen auch als Liganden in Komplexverbindungen eine Rolle. Sie bilden z. B. mit Eisen(III)-Ionen äußerst stabile, farblose komplexe Anionen (Koordinationszahl 6).

Uran(VI)-fluorid (Uranhexafluorid), das zur Aufbereitung von Kernbrennstoffen benötigt wird, entsteht durch Reaktion von Uran(IV)-fluorid (Urantetrafluorid) mit Fluor.

Stickstofftrifluorid, das neben Ammoniumfluorid bei der katalytischen Umsetzung von Fluor mit Ammoniak gebildet wird, findet bei der Produktion von LCD-Fernsehgeräten und Solarzellen Verwendung.

Eine weitere bedeutende Fluorverbindung ist der Kunststoff Teflon (Polytetrafluorethylen), der aufgrund seiner Oberflächenbeschaffenheit und seiner Hitzebeständigkeit zur Beschichtung von z. B. Bratpfannen eingesetzt wird. Als Ausgangsstoff für seine Herstellung dient Methan, das zuerst bei hohen Temperaturen und unter Lichteinwirkung stufenweise mit Chlor reagiert. Die dabei gebildeten Chlormethane werden in weiteren Schritten und unter Einsatz von Fluorwasserstoff zu Polytetrafluorethylen umgesetzt.

2.1 Erläutern Sie am Beispiel der Bildung von Flusssäure das Wesen der Säure-Base-Reaktion nach der Theorie von BRÖNSTED.

Berechnen Sie den pH-Wert dieser Säure-Lösung, wenn die Massenkonzentration  $\beta = 3,8 \text{ g/L}$  beträgt.

Begründen Sie eine Arbeitsschutzmaßnahme beim Umgang mit Flusssäure.

2.2 Ermitteln Sie durch Berechnung, ob im harten Wasser mit einer Stoffmengenkonzentration von  $c(\text{Ca}^{2+}) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  durch die Trinkwasserfluoridierung ein Niederschlag von Calciumfluorid entstehen könnte.

**Hinweis:**  $K_L(\text{CaF}_2) = 4 \cdot 10^{-11} \text{ mol}^3/\text{L}^3$

**Experiment:**

Sie erhalten zwei Gefäße mit stark verdünnter Eisen(III)-salz-Lösung. Eine der beiden Proben enthält zusätzlich noch einen Auszug aus einer fluoridhaltigen Zahnpasta. Geben Sie in beide Gefäße jeweils zwei Tropfen einer verdünnten Thiocyanat-Lösung.

Werten Sie Ihre Beobachtungen aus und benennen Sie die entstehenden komplexen Teilchen.

2.3 Entwickeln Sie für die Bildung von Uranhexafluorid und von Stickstofftrifluorid je eine Reaktionsgleichung und beschreiben Sie den Bau eines Stickstofftrifluoridmoleküls nach dem Elektronenpaarabstoßungsmodell.

Treffen Sie eine Voraussage über den basischen Charakter von Stickstofftrifluorid im Vergleich zu Ammoniak und begründen Sie diese.

2.4 Formulieren Sie den Mechanismus für die Bildung von Trichlormethan ausgehend von Dichlormethan.

## Thema G 2: Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe

### Material:

Ein trockener Wein besitzt neben Wasser und Ethanol noch eine Reihe weiterer Inhaltsstoffe. Die nicht flüchtigen Bestandteile werden als Extrakt bezeichnet. Das Aroma oder das Bukett eines Weines prägen mehrere hundert verschiedene Verbindungen. Dazu gehören z. B.

Alkohole:	Ethan-1,2-diol, Hexan-1-ol, Isobutanole, Methanol, 2-Methylbutan-1-ol, Phenylethan-2-ol, Propan-1-ol, Propan-1,2,3-triol
Aldehyde:	Ethanal, 2-Methylbutanal, Propanal, Propenal
Carbonsäuren:	Äpfelsäure, Citronensäure (2-Hydroxy-1,2,3-propantricarbonsäure, $C_6H_8O_7$ ), Milchsäure (2-Hydroxypropansäure), Weinsäure (2,3-Dihydroxybutandisäure, $C_4H_6O_6$ )
Ester:	Ethansäureethylester, Methansäureethylester, Milchsäureethylester
Kohlenhydrate:	Fructose, Glucose, Ribose, Xylose

- 1 Entwickeln Sie für 2-Methylbutan-1-ol, Weinsäure und Milchsäureethylester die LEWIS-Formeln.

Kennzeichnen und benennen Sie drei verschiedene funktionelle Gruppen.

- 2 **Gedankenexperiment:**

In drei mit A, B und C gekennzeichneten Gefäßen befinden sich Citronensäure-Lösung, Methanol und Propenal.

Planen Sie die Identifizierung dieser Stoffe und geben Sie alle zu erwartenden Beobachtungen an.

Werten Sie diese unter Berücksichtigung der chemischen Zeichensprache aus.

3

Name des Ions	Formel	Farbe der wässrigen Lösung
Dichromat-Ion	$Cr_2O_7^{2-}$	orange
Chromat-Ion	$CrO_4^{2-}$	gelb
Chrom(III)-Ion	$Cr^{3+}$	grün

**Tab. 1:** Farben der wässrigen Lösungen ausgewählter Ionen des Chroms

Bestimmen Sie die Oxidationszahl des Chroms im Chromat-Ion.

Zum Nachweis von Ethanol in der Ausatemluft wurde früher der „Alcotest“ durchgeführt. Dabei wird Ethanol im sauren Milieu durch Dichromat-Ionen oxidiert. Nennen Sie das Beobachtungsergebnis bei Anwesenheit von Ethanol in der Ausatemluft.

Entwickeln Sie für die Reaktion von Ethanol mit saurer Dichromat-Lösung Teilgleichungen und eine Redoxgleichung.

Erläutern Sie an diesem Beispiel das Wesen der Redoxreaktion.

4

Name des Stoffes	Siedetemperatur in °C
Propan-1-ol	97
Hexan-1-ol	157
Propan-1,2,3-triol	290
Kaliumhydroxid	1327

**Tab. 2:** Siedetemperaturen

Begründen Sie die in Tabelle 2 dargestellte Zunahme der Siedetemperaturen.

Sowohl Propan-1-ol als auch Hexan-1-ol reagieren mit Natrium.

Formulieren Sie eine Voraussage über die Geschwindigkeiten beider Reaktionen und begründen Sie diese.

Natrium ( $m = 2,3 \text{ g}$ ) soll im Labor gefahrlos durch wasserfreies Propan-1-ol beseitigt werden.

Berechnen Sie das notwendige Volumen an Propan-1-ol.

**Hinweis:** Die Dichte von Propan-1-ol beträgt  $\rho = 0,8035 \text{ g/cm}^3$ .

5 Die Moleküle der Stoffe Ethanol, Ethansäure und Methansäure enthalten jeweils eine Hydroxylgruppe.

Ordnen Sie die drei Verbindungen nach steigender Acidität und begründen Sie.

Beurteilen Sie die Änderung in der Säurestärke von Chlorethansäure im Vergleich zur Ethansäure.

6 Alkohole bilden z. B. mit organischen Säuren unter Zusatz konzentrierter Schwefelsäure Ester.

Wählen Sie aus dem Material einen Ester aus und formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese dieses Esters.

Geben Sie einen Grund für den Einsatz von konzentrierter Schwefelsäure an.

Bei einer Synthese wurden aus 5 mol Säure und 4 mol Alkanol 2,6 mol Ester gebildet. Da beide Edukte nicht wasserfrei waren, lagen vor der Veresterung zusätzlich 1,6 mol Wasser vor.

Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante  $K$  und die Esterausbeute.

## Thema V 1: Aromatische Nitroverbindungen

### Material:

Zu den organischen Nitroverbindungen zählen alle Derivate der Kohlenwasserstoffe, die eine oder mehrere funktionelle Nitrogruppen ( $-\text{NO}_2$ ) im Molekül tragen.

Handelt es sich bei dem organischen Rest um einen Benzolring werden sie als aromatische Nitroverbindungen (Nitroaromaten) bezeichnet. Sie lassen sich z. B. durch elektrophile Substitution am Benzol bzw. an Benzolderivaten mit einem Gemisch aus konzentrierter Salpetersäure und Schwefelsäure (Nitriersäure) herstellen. Durch Protonierung der Salpetersäure und anschließender Wasserabspaltung entstehen hochreaktive Nitronium-Ionen ( $\text{NO}_2^+$ ).

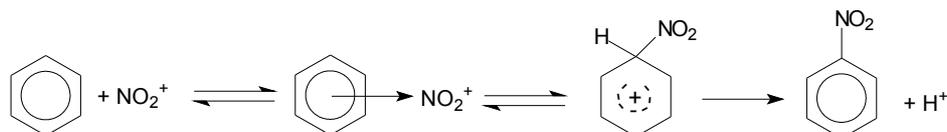
Der einfachste Nitroaromat ist Nitrobenzol.

Zu den bekanntesten Vertretern gehören die kristallinen Sprengstoffe 2-Methyl-1,3,5-trinitrobenzol (2,4,6-Trinitrotoluol – TNT) und 2,4,6-Trinitrophenol (Pikrinsäure). TNT ist heute noch einer der wichtigsten Explosivstoffe. Beim Zünden mit einer Sprengkapsel zerfällt es ohne zusätzliche Sauerstoffzufuhr mit hoher Geschwindigkeit in die gasförmigen Produkte Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid, Wasserdampf und Cyanwasserstoff (HCN).

Pikrinsäure wurde bis zum Ende des Ersten Weltkrieges wegen ihrer relativen Stoßunempfindlichkeit zum Befüllen von Granaten eingesetzt. Da sie aber aufgrund ihrer hohen Säurestärke ( $\text{p}K_{\text{S}} = 0,29$ ) die metallischen Bestandteile der Geschosse angreift, wurde sie später für diese Zwecke nicht mehr verwendet.

Im Sommer 2008 machte Pikrinsäure dennoch Schlagzeilen. In einigen Bundesländern rückten Sprengstoffkommandos der Polizei und Feuerwehr aus, um angeblich nicht ordnungsgemäß gelagerte Pikrinsäure in Schulen und Apotheken „sicherzustellen“. Ein Chemieprofessor äußerte sich sinngemäß dazu: „Obwohl völlig eingetrocknete Pikrinsäure bei starkem Erhitzen und sehr starker Schlageinwirkung explodieren könnte, ist dieser falsche Umgang durch geschultes Personal auszuschließen. Die Zugabe von ein paar Tropfen Wasser macht die Substanz, was die explosive Wirkung betrifft, wieder ganz harmlos.“

- 1 Formulieren Sie für die Bildung der Nitronium-Ionen die Reaktionsgleichungen und erläutern Sie in Analogie zum dargestellten Schema den Mechanismus der Bildung von 2-Nitrotoluol.



- 2 Entwickeln Sie für 2,4,6-Trinitrotoluol die Strukturformel und berechnen Sie die Volumenarbeit unter Standardbedingungen für den Zerfall von 1 kg TNT.

**Hinweis:**  $p^0 = 101,3 \text{ kPa}$ ;  $V_{\text{m}}^0 = 24,4 \text{ L/mol}$

Erklären Sie mithilfe von Strukturbetrachtungen die hohe Säurestärke der Pikrinsäure.

Bewerten Sie die durch die Verwaltungen der Bundesländer im Sommer 2008 veranlassten Aktionen zur Pikrinsäureentsorgung.

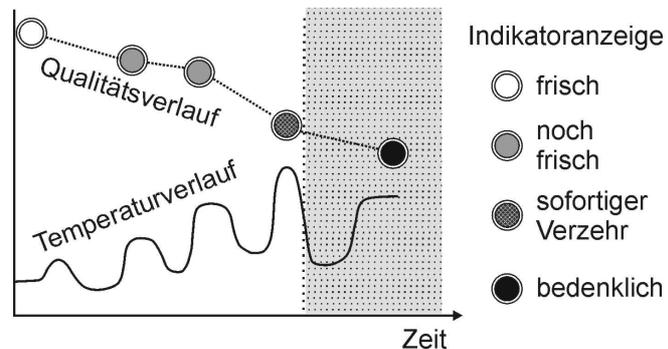
## Thema V 2: Qualität von Lebensmitteln - Verpackung

### Material:

Verpackungen schützen vor Schäden, verhindern also einerseits, dass etwas ausläuft, gequetscht oder verschmutzt wird und andererseits, dass Licht und Sauerstoff oxidative Vorgänge in Gang setzen, die Farbe und Geschmack beeinträchtigen. Auf einer komplexeren Ebene bilden Verpackungen eine Barriere gegen alles, was den Inhalt geschmacklich verändert oder ihren Nährwert schmälert.

„Gekühlt mindestens haltbar bis...“. Wer kennt nicht die Mindesthaltbarkeitsdaten, die mehr oder weniger versteckt auf abgepackten Lebensmitteln sichtbar sind. Lebensmittel sind manchmal verdorben, auch wenn sie laut Aufdruck noch in Ordnung sein müssten. Häufig passiert unbemerkt auch das Gegenteil. Lebensmittel werden nur deshalb als ungenießbar erachtet, weil das Mindesthaltbarkeitsdatum überschritten ist. Der Grund dafür ist, dass sich dieses Datum nur auf die Haltbarkeit unter den angegebenen Bedingungen (z. B. 8°C) bezieht. Wird die Kühlkette in die eine oder die andere Richtung unterbrochen, werden schädliche Bakterien entweder schon früher oder erst später wirksam.

Eine Lösungsidee ist ein Etikett, das mit der Farbveränderung die Qualität des Produkts veranschaulicht. Dazu kann ein Zeit-Temperatur-Indikator, der aus Lipiden in Kombination mit Enzymen, Wasser und einem pH-Indikator besteht, verwendet werden. Sobald das Produkt verpackt ist, wird das Etikett durch Vermischen der Edukte aktiviert. Zeit-Temperatur-Indikatoren informieren den Verbraucher über die Einhaltung der Kühlkette bei dem Transport und der Lagerung von Lebensmitteln.



1 Bewerten Sie die Nahrungsmittelqualität am Kriterium Genuss und an zwei weiteren Kriterien aus der nebenstehenden Abbildung.

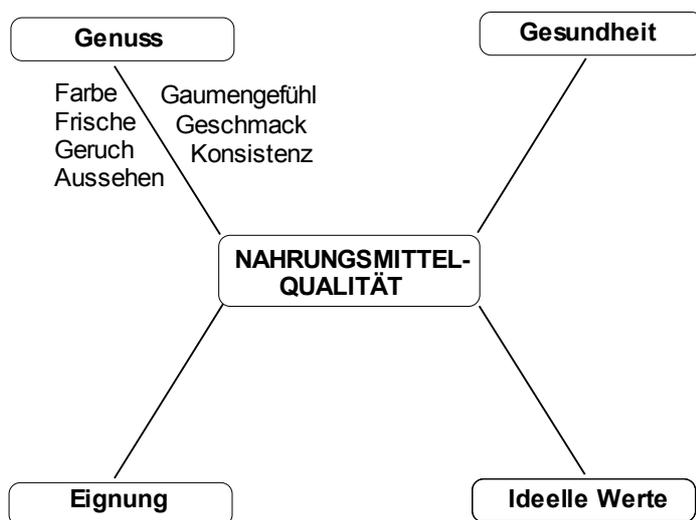
2 Geben Sie den Unterschied zwischen Verfalls- und Mindesthaltbarkeitsdatum an. Nennen Sie versteckte Probleme und Gefahren.

Interpretieren Sie die Abbildung aus dem Material hinsichtlich des Einsatzes eines Zeit-Temperatur-Indikators zur persönlichen Lebensmittelkontrolle.

Erläutern Sie die chemische Wirkungsweise eines Zeit-Temperatur-Indikators.

**Hinweis:** Wichtigste Gruppe unter den Lipiden sind Fette z. B. Trihexadecansäureglycerinester (Tripalmitinsäureglycerinester,  $C_{51}H_{98}O_6$ )

3 Geben Sie zwei Gründe dafür an, dass ein Produkt mit Frische-Signal des Zeit-Temperatur-Indikators doch verdorben sein kann.

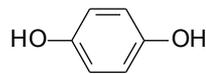


## Thema V 3: Silbergleichgewichte

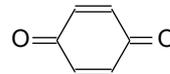
### Material:

Bei der Herstellung von fotografischem Material werden Silberbromid und Silberiodid in Gelatineschichten eingebettet. Hierzu wird z. B. Silberbromid durch Reaktion einer Silbernitrat-Lösung mit einer Ammoniumbromid-Lösung gewonnen, wobei sich ein chemisches Gleichgewicht einstellt.

Bis eine Schwarz-Weiß-Fotografie vorliegt, müssen mehrere Teilvorgänge ablaufen. Wird das fotografische Material belichtet, reagieren die Bromid-Ionen fotochemisch zunächst zu Bromatomen, außerdem entstehen Silberatome. Beim Entwickeln reagieren durch Einsatz einer alkalischen Lösung von 1,4-Dihydroxybenzol (Hydrochinon) weitere Silber-Ionen zu elementarem Silber. Dabei entsteht auch 1,4-Benzochinon. Um eine Schwärzung des entwickelten Bildes durch weitere Belichtung zu verhindern, wird das restliche Silberbromid beim Fixieren mit Natriumthiosulfat-Lösung zur Reaktion gebracht. Die entstehende Lösung enthält u. a. Natrium-Ionen, Bromid-Ionen und komplexe Anionen. Anschließend wird das Bild gewaschen. Dieser Teilvorgang wird Wässern genannt.



Hydrochinon



1,4-Benzochinon

- 1 Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung für die Gewinnung von Silberbromid und treffen Sie eine begründete Aussage zur Lage des Gleichgewichts.

Geben Sie die Teilvorgänge des fotografischen Prozesses an.

Formulieren Sie die chemischen Gleichungen der im Material beschriebenen Reaktionen. Ordnen Sie diese den entsprechenden Teilvorgängen zu.

- 2 Zahlreiche chemische Vorgänge stellen Kopplungen mehrerer chemischer Gleichgewichte dar, z. B. Vorgänge beim Auflösen von Silberhalogeniden in Gegenwart von Komplexbildnern.

Erläutern Sie diese Aussage am Beispiel der schrittweisen Zugabe von Natriumchlorid-Lösung bis zum Überschuss zu einer Silbernitrat-Lösung.

Entwickeln Sie das Massenwirkungsgesetz für das gekoppelte Gleichgewicht.

- 3 Im folgenden Beispiel ist eine Schrittfolge zur Berechnung der Löslichkeit von Silberchlorid in Natriumchlorid-Lösung der Konzentration  $c = 0,1 \text{ mol/L}$  dargestellt:

(1) Löslichkeit von Silberchlorid: $I(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) + c([\text{AgCl}_2^-])$	(6) $c(\text{Ag}^+) + c(\text{Na}^+) = \frac{K_L}{c(\text{Ag}^+)}$
(2) $c(\text{Na}^+) = 0,1 \text{ mol/L}$	(7) $c^2(\text{Ag}^+) + 0,1 \cdot c(\text{Ag}^+) - 1,6 \cdot 10^{-10} = 0$
(3) $c(\text{Ag}^+) + c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-) + c([\text{AgCl}_2^-])$	(8) $c(\text{Ag}^+) = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$
(4) $c(\text{Ag}^+) + c(\text{Na}^+) = \frac{K_L}{c(\text{Ag}^+)} + \frac{K \cdot K_L^2}{c(\text{Ag}^+)}$	(9) $c(\text{Cl}^-) = 0,1 \text{ mol/L}$
(5) $K_L \gg K \cdot K_L^2$	(10) $c([\text{AgCl}_2^-]) = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$
	(11) $I(\text{AgCl}) = 2,4016 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$

Begründen Sie die Schritte (1), (4), (6), (8) und (11).

**Hinweis:** Komplexbildungskonstante des Dichloroargentat(I)-Ions  $K = 1,5 \cdot 10^5 \text{ L}^2/\text{mol}^2$