# Aufgabe 1:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1.1  1.2  2.1  2.2 | * N**2**(g) + 3 H**2**(g) **⇌** 2 NH**3**(g) * Δ **f** *H* **0** = - 46 kJ**·**mol -**1** (gemäß Anlage 4)   Da 1 mol N**2** und 3 mol H**2** miteinander zu 2 mol NH**3** reagieren,  gilt für die Reaktionsenthalpie dieser Reaktion:  Δ **r** *H* **0** = 2 **·** Δ **f** *H* **0**(NH**3**,g) = 2 **·** (- 46) kJ**·**mol -**1** = - 92 kJ  Da Δ **r** *H* < 0, verliert das System bei systemzentrischer Denkweise Energie.  Die Reaktion ist also exotherm.   * In allen Zeilen der Tabelle steigt die Ausbeute   mit zunehmendem Druck (von links nach rechts),  in allen Spalten der Tabelle steigt die Ausbeute  mit abnehmender Temperatur (von unten nach oben).  Die höchste Ausbeute (96,3 %) ergibt sich demnach  beim höchsten Druck (1000 bar)  und der niedrigsten Temperatur (200**°**C).  (Entsprechend ist bei der höchsten Temperatur (700**°**C) und dem nie-  drigsten Druck (1 bar) die Ausbeute mit 0,022 % am geringsten.)  Die NH**3**-Synthese ist exotherm (s.o.)  und verläuft unter Volumenabnahme (4 mol Gas reagieren zu 2 mol Gas).  Nach L**e** C**hatelier** wird eine exotherme Reaktion  durch Temperaturerniedrigung begünstigt,  eine unter Volumenabnahme verlaufende Reaktion  durch Druckerhöhung.  Beides wird durch Tab.1 bestätigt.   * Pro 3 mol H**2** entstehen rechnerisch 2 mol NH**3.**   Die molare Stoffmenge von H**2** muss also  (ohne Berücksichtigung des Gleichgewichts)  1,5-mal so groß sein wie die von NH**3**.  Da aber unter den gegebenen Bedingungen nicht 2 mol NH**3** entstehen,  sondern nur 1,785 mol, ergibt sich folgende Umrechnung:  laut Reaktionsgleichung: n(H**2**) = 3 mol **≙** n(NH**3**) =  **·** 2 mol  im Gleichgewicht: n(H**2**) = 3 mol **-**  **·** 1,785 mol = 0,3225 mol  Pro mol N**2** entstehen rechnerisch 2 mol NH**3.**  Die molare Stoffmenge von H**2** muss also  (ohne Berücksichtigung des Gleichgewichts)  halb so groß sein wie die von NH**3**.  Da aber unter den gegebenen Bedingungen nicht 2 mol NH**3** entstehen,  sondern nur 1,785 mol, ergibt sich folgende Umrechnung:  laut Reaktionsgleichung: n(N**2**) = 1 mol **≙** n(NH**3**) =  **·** 2 mol  im Gleichgewicht: n(H**2**) = 1 mol **-**  **·** 1,785 mol = 0,1075 mol   * *Prozentualer Stoffmengengehalt an Ammoniak:*   n(NH**3**) 1 1,785 mol 11,785  **=**  **=**  n(N**2**) + (H**2**) ( (1,785 + 0,3225 + 0,1075) mol 22,215  = 0,8059 **≙** 80,59 %   * T [**°**C]     32 –  31 –  30 –  29 –  28 –  27 –  26 –    25 –    0  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |    0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 t [min]       * ca. 1,8 min: 7 min:   Beginn der Ende der  Verbrennung Verbrennung  von NH**3** von NH**3**   * Wegen der stark exothermen Reaktion hat sich das Kalorimeter   entsprechend seiner spezifischen Wärmekapazität erwärmt,  gibt seinerseits aber auch Wärme an die kühlere Umgebung ab.  Einen Teil der Wärme holt sich das Kalorimeter  von der Trichlormethan-Befüllung wieder zurück.  Da das Thermometer in CHCl**3** eintaucht, kann also ab der 7. Minute  eine Temperaturabnahme der Befüllung abgelesen werden.   * Im Zeitintervall von t = 1,8 min bis t = 7 min   steigt die Temperatur von 25,0**°**C auf 32,3**°**C,  also um 7,3 Grad = 7,3 K; ΔT = 7,3 K.  Q = *c* **·** *m* ***·***Δ*T*  0,95 J **·** 1000 g **·** 7,3 K  g **·** K  = 0,95 J**·**g-**1·**K -**1 ·** 1000 g **·** 7,3 K =    = 6935 J = 6,935 kJ   * *Fall A:*   Nimmt das Kalorimeter eine Wärmemenge von *Q* = + 9,5 kJ auf,  wird folglich bei der Verbrennung die Wärmemenge *Q* = - 9,5 kJ frei.  M(NH**3**) = 17 g (**≙** 1 mol), aber nur 0,5 g NH**3** werden eingesetzt.  Δ**r***H***m0** = **-** 9,5 kJ **·**  = = **-** 323 kJ**·**mol -**1**   * *Fall B:*   Die Berechnung der Reaktionsenthalpie mithilfe der thermodynamischen Daten aus Anlage 4 bezieht sich entsprechend der Reaktionsgleichung auf die Verbrennung von 4 mol NH**3**.  4 NH**3**(g) + 3 O**2**(g) → 2 N**2**(g) + 6 H**2**O(l)  Δ**r***H***m0** = [Δ**f***H***0**(N**2**,g) + 6**·**Δ**f***H***0**(H**2**O,l)] – [4**·**Δ**f***H***0**(NH**3**,g) +3**·**Δ**f***H***0**(N**2**,g)]  = [0 kJ**·**mol-**1**+6**·**(-286) kJ**·**mol-**1**]–[4**·**(-46) kJ**·**mol-**1**+3**·**0 kJ**·**mol-1]  = -1716 kJ**·**mol-**1** + 184 kJ**·**mol-**1**  = -1532 kJ**·**mol-**1**(bezogen auf den Ansatz der Reaktionsgleichung)  Für die Verbrennung von nur 1 mol NH**3** ergibt sich somit:  Δ**r***H***m0**(1 mol NH**3**) = - 383 kJ**·**mol-**1**     * *Vergleich Fall A und Fall B:*   Für Δ**r***H***m0**(1 mol NH**3**) ergibt sich aus den thermodynamischen Daten  ein Wert von **-** 383 kJ**·**mol-**1** *(Fall B)*, aus der experimentell bestimmten Wärmemenge *Q* aber nur von **-** 323 kJ**·**mol -**1**, das sind 84,3 % des theo-  retischen Wertes. Die Messung hatte also eine Fehlerquote von 15,7 %.  *Mögliche Erklärungen für die Abweichung:*   1. Wenn zu viel CHCl**3** in das Kalorimetergefäß eingefüllt wurde,   verteilt sich die frei werdende Reaktionsenthalpie  auf eine größere Menge Kalorimeterflüssigkeit,  deren Erwärmung deshalb geringer ausfällt.  Das kann die Abweichung erklären.   1. Wenn ein Teil des gebildeten Wassers nicht kondensiert,   so fällt der Betrag für 6**·**Δ**f***H***0**(H**2**O,l) niedriger aus,  es wird also eine geringere Wärmemenge *Q* frei gesetzt,  der absolute Wert der Reaktionsenthalpie ist also kleiner,  die Reaktionsenthalpie somit größer (Δ**r***H***m0** > - 383 kJ**·**mol-**1**).  Auch das kann die Abweichung erklären. | 4 VP  3 VP  7 VP  6 VP  20 VP |

# Aufgabe 2:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1  2  3  4. | * **H O H O**   **C\* C**  **H-C\*-O-H H-C-H**  **H-O-C\*-H H-C\*-O-H**  **H-C\*-O-H H-C\*-O-H**  **H-C\*-O-H H-C\*-O-H**  **H-C-H H-C-H**  **O H**  **H**  Monosaccharid-Baustein  D-Glucose des Digitoxins   * Beide Moleküle besitzen 6 C-Atome,   sind also Hexosen.  Beide Moleküle besitzen eine Aldehydgruppe,  sind also Aldosen (genauer: Aldohexosen).  Beide liegen in der D-Konfiguration vor.  Summenformel Semiformal  C**6**H**12**O**6**, C**6**H**12**O**4**,  4 asymmetrische C-Atome, 3 asymmetrische C-Atome,  4 Hydroxylgruppen, 3 Hydroxylgruppen,  Hydroxylgruppe an C**3** Hydroxylgruppe an C**3**  zeigt nach links. zeigt nach rechts.   * Bei der glykosidischen Bindung zwischen zwei Monosaccharid-Bausteinen des Digitoxins handelt es sich um eine β-1,4-glykosidische Bindung (erkennbar aus Abb.1a). * *Beschreibung der experimentellen Durchführung der T****ollens****-Probe:* * Eine Spatelspitze des Monosaccharid-Bausteins des Digitoxins wird in einem Reagenzglas in Wasser gelöst (Reagenzlas 1). * Ein weiteres Reagenzglas (Reagenzglas 2) wird mit Silbernitratlösung beschickt. * Zu dieser Silbernitratlösung wird tropfenweise Ammoniak gegeben, es fällt ein weiß-grauer Niederschlag aus. * Die tropfenweise Zugabe der Ammoniaklösung wird so lange fortgesetzt, bis sich der Niederschlag wieder aufgelöst hat. * Zu dieser so hergestellten Lösung gibt man nun einige Tropfen der zu prüfenden Zuckerlösung aus Reagenzglas 1 * und erwärmt das Gemisch vorsichtig im Wasserbad.      * Fallen dunkelgraue Silberflocken aus   oder schlägt sich an den Wänden des Reagenzglases  ein Silberspiegel nieder,  so handelt es sich um einen reduzierenden Zucker,  kann man Solches nicht beobachten,  liegt ein nicht reduzierender Zucker vor.    *Zu erwartende Beobachtung:*  Es bildet sich ein dunkelgrauer Niederschlag und/oder ein Silberspiegel.  Dies ist deshalb zu erwarten, da es sich bei dem Monosaccharid-Baustein  um eine Aldose handelt. (Die Aldehydgruppe reduziert Ag**+** zu Ag.)   * *Aus Abb.1b ableitbare Informationen über den Aufbau des Apamin-Moleküls (nur 3 Angaben werden erwartet):* * Die Darstellung zeigt die Primärstruktur des Apamins,   also die Reihenfolge der am Aufbau beteiligten Aminosäuren.   * Diese Primärstruktur baut sich aus 18 Aminosäuren auf. * Dabei handelt es sich um 11 verschiedene Aminosäuren:   Ala, Arg, Asn, Cys, Gln, Glu, His, Leu, Lys, Pro, Thr,  wobei die Aminosäure Cys 4-mal vorkommt, Ala 3-mal und Gln 2-mal.   * Aminosäuren sind immer über Peptidbindungen miteinander verknüpft,   davon gibt es im Apamin (bei 18 Aminosäuren) 17.  Apamin ist also ein Polypeptid.   * Cystein ist eine schwefelhaltige Aminosäure.   Zwischen je 2 der 4 Cys-Bausteine gibt es eine Disulfidbrücke.   * Diese sind entscheidend für die „schneckenartige” Struktur des Moleküls,   die sich ebenfalls aus Abb.1b erkennen lässt.   * *Möglicher Strukturformelausschnitt des Apamin-Moleküls, der drei der ge-nannten Aminosäuren umfasst:*   Hierbei ist auf die aus Abb.1 erkennbare Primärstruktur zu achten:  His-Gln-Glu-Cys-Arg-Arg-**Ala**-Cys-**Leu**-**Ala**-**Thr**-**Glu**-Pro-**Ala**-Lys-Cys-Asn-Lys  1 2 3 4 5 6 7 8 **9 10 11 12** 13 14 15 16 17 18  Damit kommen nur die beiden Möglichkeiten -**Leu**-**Ala**-**Thr**- und -**Ala**-**Thr**-**Glu**- in Betracht.  NH**2**  Leu: **-**C**-**C**-**C**-**C**-**COOH  CH**3**  NH**2**  Ala: **-**C**-**C**-**COOH    NH**2**  Thr: **-**C**-**C**-**C**-**COOH  OH  NH**2**  Glu: HOOC**-**C**-**C**-**C**-**COOH   1. *Möglichkeit:*   H H O H H O H H O  **···** + N C C + N C C + N C C + **···**  H CH**2** O H H CH**3** O H H HC OH O H  H C CH**3** CH**3**  CH**3 H2O H2O**  **Leu Ala Thr**  H O H O H O rot umrandet: Peptidgruppe  **···**N C C N C C N C C**···** : Peptidbindung  CH**2** H CH**3** H HC OH    H C CH**3** CH**3**  CH**3**  **Formelausschnitt aus dem Apamin-Molekül,**  **Aminosäuren Nr. 9-11**     1. *Möglichkeit:*   H H O H H O H H O  **···** + N C C + N C C + N C C + **···**      H CH**3** O H H HC OH O H H H C H O H    CH**3** H C H  **H2O H2O** COOH  **Ala Thr Glu**  H O H O H O rot umrandet: Peptidgruppe  **···**N C C N C C N C C**···** : Peptidbindung  N CH**3** H HC OHH CH**2**    CH**3**  CH**2**  COOH  **Formelausschnitt aus dem Apamin-Molekül,**  **Aminosäuren Nr. 10-12**   * *Prinzip einer Kondensationsreaktion am Beispiel zweier Aminosäuren:*   Wie aus den oben angegebenen Gleichungen ersichtlich  reagieren zwei funktionelle Gruppen  (hier: die Carboxylgruppe von Aminosäure 1  und die Aminogruppe von Aminosäure 2)  unter Abspaltung eines kleineren Moleküls  (hier: **Wasser**).  Dabei werden beide Moleküle (hier: die Aminosäuren)  unter Ausbildung einer Bindung (hier: **Peptidbindung**)  miteinander verknüpft.  Die „Brücke” zwischen beiden Aminosäuren nennt man Peptidgruppe .   * Wegen der Regelmäßigkeit der α-Helix-Struktur ist davon auszugehen,   dass sich ebenso regelmäßig Peptidgruppen gegenüberstehen,  die über die C=O- und N-H-Gruppen  Wasserstoffbrücken miteinander ausbilden.   * An der Stelle, an der die Aminosäure Prolin lokalisiert ist,   liegt keine Helix-Struktur vor, die α-Helix ist aufgebrochen.   * - Der ringförmige Rest des Prolins ordnet sich nur schwer   in die lineare Anordnung der Polypeptidkette ein.   * Das Stickstoffatom des Prolins hat nur1 Wasserstoffatom gebunden   (keine klassische Aminogruppe -NH**2**).  Da das “H” für die Wasserabspaltung  mit dem “OH” der benachbarten Carboxylgruppe benötigt wird,  kann in der Peptidgruppe keine NH-Gruppe entstehen,  die mit einer gegenüberliegenden Carbonylgruppe  eine Wasserstoffbrücke ausbilden könnte.  → „Bruch” der α-Helix an dieser Stelle     * Mellitin ist ein Polypeptid. Bei 50**°**C denaturiert es.   Mit dem Verlust seiner sterischen Konformation  verliert Mellitin auch seine Giftwirkung.  Die Linderung setzt daher relativ schnell ein. | 7 VP    6 VP    5 VP    2 VP  20 VP |

# Aufgabe 3:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1.1  1.2  2.1  2.2  3.1  3.2 | * *Reaktionsgleichung zur Herstellung des Polyesters:*   Edukte sind Butendisäure und Ethandiol. Für diese Reaktion kann sowohl die (Z)-Butendisäure = cis-Butendisäure = Maleinsäure als auch die (E)-Butendisäure = trans-Butendisäure = Fumarsäure verwendet werden.  O H H O O H H O H  C­­ C C C C­­ C C C  H O O H H O O  (Z)-Butendisäure (E)-Butendisäure  O H H O H H  n C­­ C C C + n H O C C O H    H O O H H H    O H H O H H O H H O H H  C­­ C C C O C C O C­­ C C C O C C O H    H O n-1 H H    + 2 O    H H       * *Möglicher Strukturformelausschnitt des mit Styrol gehärteten Polyesters:*   (Mehrfache Quervernetzungen durch Styrol auf der jeweils selben Ebene sind hier nicht dargestellt.)   * *Erklärung der unterschiedlichen thermischen Eigenschaften:*   vor der Härtung nach der Härtung  Polyesterketten  untereinander nicht vernetzt, untereinander durch Atombindungen  nur zwischenmolekulare Kräfte (Elektronenpaarbindungen) vernetzt  **→** **thermoplastisches Verhalten →** je stärker diese Vernetzungen,  desto deutlicheres **d duroplastisches Verhalten**  Temperaturerhöhung  zwischenmolekulare Atombindungen können  Wechselwirkungen (zunächst)  teilweise aufgehoben nicht gebrochen werden  **→** Verschiebung **→** keine Verschiebung  der Polyesterketten der Polyesterketten  gegeneinander gegeneinander  **→** **Erweichung / Schmelze → keine Schmelze**  des Kunststoffs des Kunststoffs;  erst bei sehr hohen Temperaturen  Brechen der Atombindungen  **→ Zersetzung**  des Kunststoffs   * *Reaktionsmechanismus für die Herstellung von Polyethen:*   ***Kettenstart:***  Erzeugung von Starterradikalen (Baulicht / UV, Wärme):    h**·ν ΔΔ**  R O **··**O R 2 R O **·**  homolytische Spaltung  eines organ. Peroxids  Ein sehr gut geeignetes Peroxid ist z.B. Dibenzoylperoxid:  O O  C O O C  Starterradikale reagieren mit Ethen unter Bildung von Ethylradikalen (= Monomerradikale)    **·**  R O **·** + H**2**C**··**CH**2** R O **··**CH**2**  CH**2**  Radikal entreißt der  Doppelbindung ein Elektron  zur Wirkungsweise der Radikale s.u. unter **1)**  ***Kettenwachstum (= Kettenfortpflanzung):***  **·**  **·**  R O **··**CH**2**  CH**2** + **H2C··CH2** R O CH**2**  CH**2··CH2 CH2**  **·**  allgemein: R O CH**2**  CH**2** CH**2** CH**2**  n  zur Wirkungsweise der Radikale s.u. unter **2)**  ***Kettenabbruch:***  Zum Kettenabbruch führen alle Reaktionen, die Radikale entfernen.  Dies geschieht durch Rekombination von Radikalen, z.B.:   1. R**·** + **·**R → R**··**R 2. R**·** + **·**CH**2** CH**2** O R → R**··**CH**2** CH**2** O R 3. R**·** + **·**CH**2** CH**2** CH**2** CH**2** O R → R**··**CH**2** CH**2** CH**2** CH**2** O R   n n   1. R O CH**2** CH**2­­·** + **·**CH**2** CH**2** O R   → R O CH**2** CH**2­­··**CH**2** CH**2** O R   1. R O CH**2** CH**2­­·** + **·**CH**2** CH**2** CH**2** CH**2** O R   n  → R O CH**2** CH**2­­··**CH**2** CH**2** CH**2** CH**2** O R  n   1. R O CH**2** CH**2** CH**2** CH**2·** + **·**CH**2** CH**2** CH**2** CH**2** O R   n n  → R O CH**2** CH**2** CH**2** CH**2··**CH**2** CH**2** CH**2** CH**2** O R  n n  Da gegen Ende der Reaktion kaum noch freie Starterradikale vorhanden sind, spielen die Reaktionen a) – c) beim Kettenabbruch nur eine unter geordnete Rolle.  Zur Wirkungsweise der Radikale s.u. unter **3)**   * *Wirkungsweise der Radikale bei den einzelnen Reaktionsschritten:*   **1)** Den Starterradikalen sind am Atom mit dem ungepaarten Elektron  die Oktettkonfigurationen verloren gegangen.  Das Oktett ist besonders energiearm,  und da immer der energieärmste Zustand angestrebt wird,  trachten die Radikale danach, sich das Elektron zurück zu holen.  Deshalb sind Radikale sehr aggressiv.  Sie spalten die π-Bindungen  aus den Doppelbindungen der Ethenmoleküle homolytisch  unter Ausbildung einer Elektronenpaarbindung.  Wegen des zweiten Elektrons der π-Bindung  bildet sich ein Ethylradikal.  **2)** Die Alkylradikale greifen nun in gleicher Weise wie die Starterradikale  die Doppelbindungen von Ethenmolekülen an.  **3)** Bei den Kettenabbruchreaktionen reagieren jeweils  zwei Radikale miteinander  unter Ausbildung einer Elektronenpaarbindung.     * *Umsetzung von Ethanol zu Ethen:*     O  H H  H H H H  H C C O H → C C +  H H H H   * *Experimente zum Nachweis der C=C-Doppelbindung*   (nur eine Angabe wird erwartet)*:*  *Nachweis mithilfe von Bromwasser:*  schütteln  Alken + Br**2** Bromalkan  rotbraun hellgelb bis farblos  z.B.: C**2**H**4** + Br**2** **→** C**2**H**4**Br**2** (Reaktionstyp: Additionsreaktion)  *Nachweis mithilfe von B****aeyer****s Reagenz:*  +VII  In Natriumcarbonatlösung aufgelöstes Kaliumpermanganat  (KMnO**4**) ist violett gefärbt.  Bei Zugabe eines Stoffes mit einer C=C-Doppelbindung  verfärbt sich die Lösung braun, +IV  weil unter Auflösung der Doppelbindung Braunstein (MnO**2**) ent-  steht. (Reaktionstyp: Redoxreaktion)   * *Monomere von* ***ABS****:*   H H H H H H H    C C C C H C C H  H C H C C H  N H H H H  H   * **A**crylnitril **B**uta-1,3-dien **S**tyrol * *Berechnung des freigesetzten Styrols:*   5 L = 5.000 mL = 5.000 cm**3**  ρ(Styrol) = 0,91 g **·** cm **3**  Masse m von 5.000 cm**3** Styrol = 5.000 **·** 0,01 g = 4.450 g  Volumen der Halle = (50 **·** 15 **·** 12) m**3** = 9.000 m**3**  In 9.000 m**3** wurden 4.550 g Styrol freigesetzt  **→** 1 m**3** **≙** 4.550 g / 9.000 Styrol = 0,506 g Styrol = 506 mg Styrol  Der Grenzwert von 86 mg **·** cm **3** wurde also um fast das 6-fache über- schritten. | 3 VP  4 VP    4 VP      3 VP    3 VP    3 VP  20 VP |

# Aufgabe 4:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1.1  1.2  2.1  2.2 | * a = 3, b = 4, c = 3, d = 1, e = 2 gemäß   ±0 +V +I +II  3 Ag + 4 HNO**3** **→** 3 AgNO**3** + NO + 2 H**2**O     * Abgabe von 1 e   Aufnahme von 3 e  ±0  Ag wird durch Abgabe von 1 e zu Ag**+** oxidiert,  +V +II  NO**3** wird durch die Aufnahme von 3 e zu NO reduziert.   * E **0**(Au/Au**3+**) = + 1,50 V   E **0**(3NO**3­­** +NO+2H**2**O / 4HNO**3**) = + 0,96 V  **→** Da das Elektrodenpotenzial von Gold  größer ist als das der Salpetersäure,  ist eine Oxidation von Au zu Au**3+**durch HNO**3** nicht zu erwarten.  E **0**(Cu/Cu**2+**) = + 0,34 V  E **0**(3NO**3­­** +NO+2H**2**O / 4HNO**3**) = + 0,96 V  **→** Da das Elektrodenpotenzial von Kupfer  kleiner ist als das der Salpetersäure,  ist eine Oxidation von Cu zu Cu**2+**durch HNO**3** zu erwarten.   * *Teilgleichungen für die Elektrolyse-Reaktionen an den Polen:*   Pluspol: 4 OH**­­** →O**2** + 2 H**2**O + 4 e  Minuspol: Ag**+** + e → Ag  Alternative Schreibweisen für die Reaktionen am Pluspol:  2 H**2**O → O**2** + 4 H**+** + 4 e  6 H**2**O → O**2** + 4 H**3**O**+** + 4 e   * *Spannungsbereich, in dem Ag abgeschieden wird, nicht aber auch Cu:*   E **0**(Ag/Ag**+**) = + 0,80 V  E **0**(Cu/Cu**2+**) = + 0,34 V  E **0**(4OH /O**2**+2H**2**O,pH=7) = + 0,82 V  → Zersetzungsspannung für Silber: U = ΔE **0** = 0,82 V – 0,80 V = 0,02 V  → Zersetzungsspannung für Kupfer: U = ΔE **0** = 0,82 V – 0,34 V = 0,48 V  → Spannungsbereich für die Elektrolyse: 0,02 V < U < 0,48 V   * *Experimentelles Vorgehen zur Bestimmung von m(Ag):* * Wägung der Elektrode **v**or der Ag-Abscheidung (m**v**), * Durchführung der Elektrolyse, * Trocknung der Elektrode, * Wägung der Elektrode **n**ach der Ag-Abscheidung (m**n**), * Berechnung von (Ag) durch Differenzbildung: m(Ag) = m**n** -m**v** * *Berechnung des Massenanteils an Kupfer:*   m(Cu) = m(Probe) – m(Ag) – m(Au)  m(Cu) = (16,0 – 0,025 – 0,3) g  m(Cu) = 15,675 g  w (Cu) = = = 0,980 **≙** 98,0 %  V    Wasserstoff  Silber-Elektrode Platin-Elektrode  Diaphragma  AgNO**3**-Lösung verdünnte H**2**SO**4**  c(Ag**+**) = 1 mol**·**L**1** c(H**3**O**+**) = 1 mol**·**L **1** = 10 **0** mol**·**L **1**  (pH= 0)    Standardbedingungen: T = 298 K (ϑ = 25**°**C), p = 1013 hPa  Alternative Darstellung: 2 über einen Stromschlüssel miteinander verbundene Halbzellen   * *Herstellung von 50 ml 1 m AgNO****3****:*   AgNO**3**-Lösung mit 200 g AgNO**3** in 1 L Lösung soll entsprechend verdünnt werden.  M(AgNO**3**) = (107,9 + 14,0 + 3**·**16,0) g = 169,9 g  1.000 mL einer 1 m AgNO**3** enthalten 169,9 g AgNO**3.**  1 mL einer 1 m AgNO**3** enthält 169,9 mg AgNO**3.**  50 mL einer 1 m AgNO**3** enthalten 169,9**·**50 mg AgNO**3** = 849,5 mg AgNO**3** = 8,496 g AgNO**3**  200 g AgNO**3** sind in 1.000 mL der gegebenen AgNO**3**-Lösung enthalten.  1 g AgNO**3** ist in 5 mL der gegebenen AgNO**3**-Lösung enthalten.  8,496 g AgNO**3** sind in 8,496**·**5 mL ≈ 42,5 mL der gegebenen AgNO**3**-Lösung enthalten.  Für das Experiment werden 50 mL 1 m AgNO**3** benötigt.  42,5 mL der gegebenen AgNO**3**-Lösung werden  in ein 50-mL-Messkölbchen pipettiert  und mit dest. Wasser auf 50 mL aufgefüllt.   * Die Zugabe einiger Tropfen Salzsäure   verändert in beiden Halbzellen die Konzentrationen:   * c(Ag**+**) in der Silber-Halbzelle sinkt   wegen Ag**+**(aq.) + Cl (aq.) **→** AgCl(s).   * c(H**3**O**+**) in der Wasserstoff-Halbzelle steigt   wegen Zugabe von H**3**O**+** (aus der HCl).  Unter Standardbedingungen gilt:  ΔE = ΔE **0** = E **0**(Kathode) – E **0**(Anode)   * Elektrode, an der die Reduktion stattfindet:   Kathode, hier die Silber-Elektrode;  E **0**(Ag/Ag**+**) = 0,80 V  - Elektrode, an der die Oxidation stattfindet:  Anode, hier die Wasserstoff-Elektrode;  E **0**(H**2**/2H**+**) = 0,00 V  ΔE = 0,80 V – 0,00 V = 0,80V    Nach Zugabe von HCl zur Silber-Halbzelle gilt:  - Wegen c(Ag**+**) < c**0**(Ag**+**)  ist E (Ag/Ag**+**) < E **0**(Ag/Ag**+**), also ΔE < 0,80 V (z.B. 0,60 V)  **→** Spannung nimmt ab (z.B.: 0,60 V – 0,00 V = 0,60 V)    Nach Zugabe von HCl zur Wasserstoff-Halbzelle gilt:  - Wegen c(H**3**O**+**) > c**0**(H**3**O**+**)  ist E (H**2**/2H**+**) > E **0**(H**2**/2H**+**), also ΔE > 0,00 V (z.B. 0,10 V)  **→** Spannung nimmt ab **(**z.B.: 0,80 V – (+0,10 V) = 0,70 V**)** | 6 VP    6 VP  5 VP    3 VP    20 VP |