|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Aufgabe 1 | | | | |
|  | | | | |
| 1 | * -I ±0 +III -II   CH3CH2OH + O2 (+ Enzyme) CH3COOH + H2O  C wird oxidiert von –I nach +III,  O wird reduziert von ±0 nach –II.  -II +II -III +III  CH3OH + CO (+ Kat., hoher p, 130-250 °C) CH3COOH  C in CO wird oxidiert von +II nach +III,  C in CH3OH wird reduziert von –II nach –III.   * rH0 (CH3OHg) = –201 kJ·mol-1   S0 (CH3OHg) = 240 J·mol-1·K-1  rH0 (COg) = –111 kJ·mol-1  S0 (COg) = 198 J·mol-1·K-1  rH0 (CH3COOHg) = –433 kJ·mol-1  S0 (CH3COOHg) = 283 J·mol-1·K-1    RH0 = rH0 (CH3COOHg) – [rH0(CH3OHg) +rH0(COg)]  = –433 kJ·mol-1 – (–201 kJ·mol-1 – 111 kJ·mol-1)  = –433 kJ·mol-1 –(–312 kJ·mol-1)  = –433 kJ·mol-1 + 312 kJ·mol-1  = –121 kJ·mol-1  RS0 = S0 (CH3COOHg) – [S0(CH3OHg) + S0(COg)]  = 283 J·mol-1·K-1 – (240 J·mol-1·K-1 + 198 J·mol-1·K-1)  = 283 J·mol-1·K-1 – 438 J·mol-1·K-1  = –155 J·mol-1·K-1  Bei der industriellen Essigsäuresynthese entsteht aus zwei Molekülen, CH3OH und CO, ein neues Molekül, CH3COOH.  Die Teilchenzahl nimmt also ab,  die Ordnung steigt,  die Entropie sinkt,  RS0 | |  | |
|  | * c(CH3COOH)   KC =  c(CH3OH) · c(CO)  Nach Le Chatelier muss bei hohem Druck gearbeitet werden,  weil die Bildung der Essigsäure  unter Volumenverminderung (Druckabnahme!) abläuft.  Hoher Druck begünstigt daher  die druckmindernde Reaktion.  Ferner muss nach Le Chatelier bei niedriger Temperatur gear- beitet werden,  weil die Bildung der Essigsäure  mit –121kJ·mol-1 exotherm abläuft.  Niedrige Temperatur begünstigt daher  die Wärme liefernde Reaktion.  Der Katalysator  beschleunigt die Einstellung des Gleichgewichts. | | 8 VP | |
|  | | | | |
| 2 | | Bürette U≈  mit H2O  I    10 mL  Essigsäure,  rein   * Reine Essigsäure liegt undissoziiert als Dimeres vor.   Leitfähigkeit = Null, da keine Ionen vorliegen.  Zugabe von Wasser: Essigsäure dissoziiert.  Leitfähigkeit steigt stark an, da H3O+- und CH3COO--Ionen vorliegen.  Ab Erreichen des Gleichgewichtszustandes werden keine weite-ren Ionen mehr gebildet.  Leitfähigkeit steigt nicht mehr an, da die maximale Ionen-konzentration erreicht wurde.  Weiteres Wasser wird zugegeben.  Leitfähigkeit sinkt wieder in Folge des Verdünnungseffekts. | | 4 VP |
| 3 | | * In 1000 mL 1 m NaOH ist 1 Mol NaOH enthalten.   In 1 mL 1 m NaOH ist 0,001 Mol NaOH enthalten.  In 15,3 mL 1 m NaOH sind 0,0153 Mol NaOH enthalten.  15,3 mL 1 m NaOH neutralisieren 20 mL Speiseessig.  In 20 mL Speiseessig sind 0,0153 Mol H3O+ enthalten.  In 1 mL Speiseessig sind 0,000765 Mol H3O+ enthalten.  In 1000 mL Speiseessig sind 0,765 Mol H3O+ enthalten.  Der Speiseessig ist also bezüglich der Essigsäure 0,765-molar.  Massenanteil an Essig im Speiseessig: w = 4,5 %  Von 1000 g Essig entfallen 45 g auf Essigsäure.  M(CH3COOH) = 2 · 12 g + 2 · 16 g + 4 · 1 g  = 24 g + 32 g + 4 g  = 60 g  60 g Essigsäure ≙ 1 Mol Essigsäure  1 g Essigsäure ≙ 1/60 Mol Essigsäure  45 g Essigsäure ≙ 45/60 Mol Essigsäure = 0,75 Mol Essigsäure  Die Titration ergab, dass die Essigsäure 0,765-molar ist. Dieses Ergebnis stimmt gut mit der Angabe des Herstellers überein. Um-gekehrt ergibt sich mit 0,765 m Essigsäure ein Massenanteil an Essig von w = 4,59 %, was ebenfalls eine weitgehende Überein-stimmung bedeutet.   * CH3COOH + H2O H3O+ + CH3COO-   [H3O+] · [CH3COO-]  = 1,74 · 10-5;  = 1,74 10-5; pKS (CH3COOH) = 4,76  KS =  [CH3COOH]  Weil Essigsäure nur eine schwache Säure ist, gilt:  [H3O+] = **√** KS · [CH3COOH]  pH = ½ · (pKS – lg c0(CH3COOH)  = ½ · (4,76 – lg 0,765)  = ½ · (4,76 – (–0,12))  = ½ · 4,88  = 2,44  Anders als die schwache Essigsäure liegt die starke Salzsäure vollständig dissoziiert vor.  c(HCl) = c(H3O+) = 0,765 mol·L-1  pH = – lg 0,765 = 0,12  Die Differenz der pH-Werte trotz gleicher Ausgangskonzentra-tion erklärt sich über die unterschiedlichen Säurestärken. | | 4 VP |
| 4 | | * CH3COOH + H2O H3O+ + CH3COO-   Zugabe von Natriumacetat erhöht die Konzentration von CH3COO- auf der Produktseite.  Nach Le Chatelier wird durch Zugabe von H3O+ die CH3COO--Konzentration wieder erniedrigt durch Verschiebung des Gleich-gewichts auf die Seite der undissoziierten Essigsäure. Zugege-bene H3O+-Ionen werden somit aus dem Gleichgewicht entfernt.  Nach Le Chatelier werden zugegebene OH--Ionen entfernt durch Reaktion mit undissoziierten Essigsäuremolekülen gemäß CH3COOH + OH- CH3COO- .   * Ein Puffer arbeitet am besten, wenn die schwache Säure und ihre konjugierte Base äquimolar vorliegen.   M(CH3COONa) = 2 · 12 g + 3 · 1 g + 2 ·16 g + 23 g  = 24 g + 3 g + 32 g + 23 g  = 82 g  82 g CH3COONa ≙ 1 Mol CH3COONa  1 g CH3COONa ≙ 1/82 Mol CH3COONa  6,15 g CH3COONa ≙ 6,15/82 Mol CH3COONa  = 0,075 Mol CH3COONa  In 100 mL der 0,75 m Essigsäure sind 0,075 Mol CH3COOH ent-halten. Somit gilt:  n(CH3COOH) = n(CH3COO-) = 0,075 Mol (äquimolar!).  Berechnung der [H3O+] im Puffersystem:  [H3O+] · [CH3COO-]  KS =  [CH3COOH]    [CH3COOH]  [H3O+] = KS ·  [CH3COO-]  Da der Puffer äquimolar ist, also [CH3COOH] = [CH3COO-], gilt:  [H3O+] = KS  pH = pKS  pH = 4,76 | | 4 VP  20 VP |
| Aufgabe 2 | | | | |
|  | |  | |  |
| 1 | | * - Die DNA besteht aus 2 Strängen.   - Diese verlaufen antiparallel (3’ und 5’)  - und sind als Doppelhelix angeordnet.  - Verbunden sind die Stränge (“Holme”) durch Bassenpaare (“Sprossen”), so dass das Molekül wie eine Strickleiter aufge-baut ist.  - Die Basen sind paarweise komplementär (AT, GC).  - Zwischen A und T bestehen 2 Wasserstoffbrücken,  zwischen G und C deren 3.   * Die beiden gesuchten Bausteine sind der Zucker Desoxyribose und Phosphorsäure. Beide sind über Esterbindungen miteinander verknüpft.   Esterbindungen können durch alkalische Hydrolyse gespalten werden. In einem Reaktionsgefäß wird dem Ester portionsweise (z.B. aus einer Bürette) Natronlauge zugesetzt. Dabei läuft (z.B. bei Essigsäureethylester) folgende Reaktion ab:  CH3COOCH2CH3 + OH- CH3COO- + CH3CH2OH .  Will man den Reaktionsverlauf mitverfolgen, so eignet sich hierfür z.B. eine Leitfähigkeitsmessung. Die Leitfähigkeit nimmt kontinuierlich ab, weil die gut beweglichen OH--Ionen im Verhältnis 1:1 durch langsamere CH3COO--Ionen ersetzt wer-den.   * Wegen der Basenkomplementarität muss der Anteil der Adenin-Basen ebenfalls 19 % betragen. Adenin und Thymin zusammen machen damit 38 % aller Basen aus. Die restlichen 62 % der Basen entfallen zu jeweils gleichen Teilen (31 %) auf Guanin und Cytosin. | | 7 VP |
|  | | | | |
| 2.1 | | Tripeptid, z.B. Gly-Ala-Gly:  H O CH3 H H O  H-N-C-C-O-N-C-C-O-N-C-C  H H H H O H OH | | 3 VP |
|  | | | | |
| 2.2 | | Primärstruktur:  Anzahl und Reihenfolge (Sequenz) der Aminosäuren;  Sekundärstruktur:  -Helix oder Faltblattstruktur durch intramolekulare Wasser-stoffbrücken;  Tertiärstruktur:  Raumstruktur (sterische Konformation),  Stabilisierung durch   * Disulfidbrücken, * Ionenbindungen, * Wasserstoffbrücken * und van-der-Waals-Kräfte   zwischen den Seitenketten der Aminosäuren. | | 4 VP |
|  | | | | |
| 2.3 | | Denaturierung durch  - Hitze:  Bindungen geraten ins Schwingen und reißen. Dadurch kann die ursprüngliche Tertiärstruktur nicht mehr aufrecht erhalten werden.  - Veränderung des pH-Werts:  \* basische Aminosäuren mit Aminogruppen in der Seitenkette  werden in saurem Medium protoniert  und liegen kationisch vor (R-NH3+),  \* saure Aminosäuren mit Carboxylgruppen in der Seitenkette  werden in basischem Medium deprotoniert  und liegen anionisch vor (R-COO-);  durch die veränderten Ladungen in den Seitenketten der Amino- säuren werden Anziehungskräfte aufgelöst und neue gebildet.  - Schwermetallionen:  Die oft mehrfach geladenen Kationen stören das Gefüge der An-ziehungskräfte im Protein und verändern dieses nachhaltig.  (Nur zwei Antworten brauchen genannt zu werden.) | | 3 VP |
|  | | | | |
| 2.4 | | *Qualitativer Nachweis von -Aminosäuren mit dem Ninhydrintest:* Die zu untersuchende Probenlösung wird auf ein Chromatografie-papier aufgetropft, welches anschließend in das Laufmittelgemisch gestellt wird (ggf. zweidimensionales Chromatogramm!). An den verschiedenen Flecken auf dem Papier erkennt man, dass die Auf-trennung erfolgreich war. Die Flecken werden mit einem Föhn ge-trocknet und das Papier anschließend mit der Ninhydrinlösung besprüht. Danach wird das Chromatogramm etwa 10 min. im Trockenschrank bei 110 °C erhitzt. Die Flecken verfärben sich hier-bei blau. Durch Bestimmung der Rf-Werte kann man die Aminosäu-ren jetzt identifizieren.  Grundlage des Nachweises ist die Reaktion von Ninhydrin mit -Aminosäuren in der Hitze zu einer blau gefärbten Verbindung. (Die Reaktion kann auch zur quantitativen Aminosäurebestimmung durch fotometrische Analyse genutzt werden.)  Qualitativer Nachweis von aromatischen Aminosäuren mit der Xanthoproteinreaktion:  Die zu untersuchende Probenlösung wird im Reagenzglas vorsichtig mit konzentrierter Salpetersäure erhitzt. Tritt hierbei eine Gelb-färbung auf, so liegen aromatische Aminosäuren vor.  Die Gelbfärbung beruht auf der Nitrierung der aromatischen Anteile der Aminosäuren. Nichtaromatische Aminosäuren werden durch diesen Nachweis nicht erfasst.  Der Nachweis über die Biuretreaktion ist für Aminosäuren nicht geeignet. Diese Reaktion weist nur Proteine nach und Peptide, die mindestens zwei Amidgruppen enthalten. Auf Aminosäuren spricht die Reaktion nicht an.  (Nur eine Nachweismethode braucht beschrieben zu werden.) | | 3 VP  20 VP |
| Aufgabe 3 | | | | |
|  | | | | |
| 1 | | * H H H H H H   C=C C=C C=C  H C=O H C=O H C=O  H-O  O N H  Na H C  Monomeres Monomeres N H  von A von B H C H  C=C O  H H    Monomeres  von C   * Monomeres von B, synthetisiert aus dem Monomeren von A:   H H H H  C=C + Na+ + OH-  C=C + H2O  H C=O H C=O  H-O  O    Reaktionstyp: Protolyse Na  Monomeres von C, synthetisiert aus dem Monomeren von A:  H H H H H  2 C=C H-N C= C  H C=O + H-C-H  H C=O + 2 H2O  H-O H-N  N H  H H C  Reaktionstyp: N H  Kondensationsreaktion H C H  C=C O  H H     * Die Monomeren sind alle drei ungesättigt.   Verknüpfung untereinander durch Polymerisation.   * Je mehr C-Monomeren zugegeben werden,   desto höher wird der Vernetzungsgrad.  Grund: Da diese Monomeren zweifach ungesättigt sind,  sind auch Quervernetzungen möglich. | | 7 VP |
|  | | | | |
| 2 | | * Zwischen Carboxylgruppen bzw. Carboxylatanionen und Wasser   können Wasserstoffbrücken ausgebildet werden.  O O **+**  R- C **+ -** H R-C H  **-** O H O bzw. O O  H H    H H **+** H H **+**  O O     * Mit zunehmendem Vernetzungsgrad   nimmt infolge der Kondensationsreaktion  die Zahl der freien Carboxylgruppen ab,  damit auch die Quellfähigkeit  und die elastischen Eigenschaften. | | 4 VP |
|  | | | | |
| 3 | | * Ungequollenes SAP wird gewogen   und anschließend zur Quellung  in eine wässrige Lösung eines bestimmten pH-Werts gelegt.  Die Differenz beider Wägungen gibt an,  wieviel Wasser das SAP aufgenommen hat.     * Bis pH 4,5   ist keine Gewichtszunahme festzustellen,  es findet keine nennenswerte Wasseraufnahme statt.  SAP liegt im stark sauren Bereich (bis pH 4,5)  fast ausschließlich protoniert vor.  Ab pH > 4,5  werden die Carboxylgruppen zunehmend deprotoniert,  vor allem im basischen Bereich.  Durch die dadurch entstehenden Carboxylat-Anionen  steigt die Quellfähigkeit stark an.  Dies zeigt sich in einem linearen Anstieg  der Werte für die Massenvervielfachung. | | 4 VP |
| 4 | | * An der Anode weist die Rotfärbung des Indikators   auf die Bildung von H3O+-Ionen hin.  6 H2O 44 e-  An der Kathode weist die Blaufärbung des Indikators  auf die Bildung von OH--Ionen hin.  2 H2O + 2 e-­    * Der an der Anode gebildete Sauerstoff   wird durch die Glimmspanprobe nachgewiesen:  ein glimmender Span flammt bei Sauerstoffanwesenheit hell auf.  Der an der Kathode gebildete Wasserstoff  wird durch die Knallgasprobe nachgewiesen:  bringt man ein Reagenzglas mit dem aufgefangenen Gas  an eine Brennerflamme, so ist (im Falle von Wasserstoff)  ein Pfeif- oder Plopp-Geräusch zu hören.  Beim Auffangen des Gases ist darauf zu achten,  dass alle Luft verdrängt wird. | | 5 VP |
|  | |  | | 20 VP |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aufgabe 4** | | |
|  | | |
| 1 | * *Ladevorgang:*   an der Nickelelektrode = Pluspol:  Ni2+ Ni3+ + 2 e- (Donatorhalbzelle);  an der Metallhydridelektrode = Minuspol:  2 H2O + 2 e- H2 + 2 OH- (Akzeptorhalbzelle).  *Entladungsvorgang:*  Ni3+ wird zu Ni2+ reduziert (Akzeptorhalbzelle),  H2 (gespeichert vom Elektrodenmaterial) wird zu H2O oxi-  diert (Donatorhalbzelle).  Die Polung ist umgekehrt wie beim Ladevorgang.   * UZ = EH0 (Akzeptorhalbzelle) – EH0 (Donatorhalbzelle)   = 0,49 V – (–0,059 V · pH)  = 0,49 V + 0,826 V  = 1,316 V   * 1,316 V = 0,49 V + 0,826 V   1,200 V = 0,49 V + 0,710 V  Nach Nernst errechnet sich die Zellspannung eines Galvani-schen Elements bei 25 °C wie folgt:  UZ = UH0(Men+/Me) + (0,059/n) V · lg [c(Ox)/c(Red)] ,  im vorliegenden Fall also  UZ = UH0(Ni2+/Ni3+) + 0,059 V · lg {1 mol·L-1/c(Ni2+)} .  0,059 V · lg {1 mol·L-1/c(Ni2+)} = 0,710 V  Damit der Term *0,059 V* · *lg {1 mol*·*L-1/c(Ni2+)}* einen niedrigeren Wert an-nehmen kann (0,710 V statt 0,826 V), muss der Faktor *lg {1 mol*·*L-1/c(Ni2+)}* kleiner werden. Dies ist der Fall, wenn sich die c(Ni2+) erhöht.  Beispiel:  c(Ni2+) steigt auf das Zehnfache von 10-3 auf 10-2.  Dann ist lg (1/10-3) = lg 103 = 3 und lg (1/10-2) = lg 102 = 2 .  Der Term *0,059 V* · *lg {1 mol*·*L-1/c(Ni2+)}* ändert sich dann  von 0,059 V · 3 = 0,177 V auf 0,059 V · 2 = 0,118 .  Niedrigere Konzentration (10-3): UZ = 0,49 V + 0,177 V = 0,667 V ,  höhere Konzentration (10-2): UZ = 0,49 V + 0,118 V = 0,608 V .  Fazit: höhere c(Ni2+) verminderte UZ . |  |
|  | Alternativ  kann auch über die Beeinflussung des Gleichgewichts nach Le Chatelier durch Konzentrationsänderung (hier c(Ni2+)) argu-mentiert werden. | 6 VP |
|  | | |
| 2 | * C8H18 + 25/2 O2 CO2 + 9 H2O   M(C8H18) = 8 · 12 g + 18 · 1 g = 96 g + 18 g = 114 g  M(CO2) = 12 g + 2 · 16 g = 12 g + 32 g = 44 g  Benzinverbrauch Benzinverbrauch  beim Benzinmodell beim Hybridmodell  Jahresleistung jeweils 15.000 km  7,2 L / 100 km 4,8 L / 100 km  7,2 L · 150 = 1.080 L 4,8 L · 150 = 720 L  Einsparung:  (1.080 – 720) L = 360 L  Dichte von Oktan: (C8H18) = 0,703 kg · L-1  Oktananteil an 360 L Benzin: 0,703 kg · 360 = 253,08 kg  114 kg C8H18 ≙ 1.000 Mol C8H18  1 kg C8H18 ≙ (1.000 / 114) Mol C8H18  253,08 kg C8H18 ≙ (253.080 / 114) Mol C8H18 = 2.220 Mol C8H18  Berechnung der Masse des eingesparten CO2:  2.220 Mol C8H18 setzen 8 · 2.220 Mol CO2 frei = 17.760 Mol CO2  1 Mol CO2 ≙ 44 g CO2  17.760 Mol CO2 ≙ 17.760 · 44 g CO2  = 781.440 g CO2 = 781,44 kg CO2 | 4 VP |
|  | | |
| 3 | * CH3OH + H2O CO2 + 3 H2 * Um den Wasserstoff rein zu erhalten,   muss er zuerst aus dem Gasgemisch CO2 / H2 abgetrennt werden. Dies geschieht durch Einleiten in Kalkwasser:  CO2 + Ca(OH)2(aq) CaCO3 ↓ + H2O . |  |
| 4 | A  e- e-  ∙ ∙    O2 ∙ H2  (Luft) ∙    ∙ Elektro- ∙  lyt  Luft / ∙ ∙  H2O Mem- H2  bran  **Kathode** **Anode**  O2 + 2 H2O + 4 e- 4 OH- 2 H2 4 H+ + 4 e-  Der von CO2 abgetrennte Wasserstoff  wird am Minuspol (Anode!) oxidiert.  Die dabei freigesetzten Elektronen werden am Pluspol (Kathode!)  zur Reduktion von Sauerstoff verwendet.  - Herkömmlicher Benzinmotor:  deutlich höherer Benzinverbrauch als beim Hybridmotor,  stärkerer Verbrauch der natürlichen Ressourcen (Erdöl),  höherer Beitrag zum Treibhauseffekt (mehr CO2-Emission),  insgesamt schlechteste Umweltverträglichkeit aller vergliche- nen Systeme.  - Hybridantrieb:  wesentlich umweltfreundlicher,  da erheblich geringerer Ressourcenverbrauch  und deutlich weniger CO2-Emission.  - Brennstoffzelle mit vorgeschaltetem Reformer:  Bei der Reaktion von Methanol mit Wasser entsteht CO2,  das durch Kalkwasser gefällt werden muss;  ferner ist der Anbau von Pflanzen zur Methanolgewinnung  in Ländern der Dritten Welt problematisch,  weil die Anbauflächen zur Produktion von Nahrungsmitteln  dringender benötigt werden;  ansonsten aber keine direkte Schädigung der Umwelt.    - | 7 VP |
|  | Aus ökologischer Sicht ist positiv,  dass die zur Methanolproduktion benötigten grünen Pflanzen  in der Fotosynthese CO2 binden.  - Brennstoffzelle mit mitgeführtem Wasserstoff:  Zwar erfordern Betanken mit H2 und dessen Transport  hohe Sicherheitsstandards,  jedoch aus ökologischer Sicht bestehen keine Bedenken.  Als Abfallprodukt entsteht nur völlig unschädliches H2O.  Somit ergibt sich folgende Reihenfolge der Umweltverträglichkeit:  herkömmlicher Benzinmotor **schlecht**  Hybridantrieb *Umwelt-*  Brennstoffzelle mit vorgeschaltetem Reformer *verträglichkeit*  Brennstoffzelle mit mitgeführtem Wasserstoff **gut** | 3 VP  20 VP |