

## **Abbauvorgänge aerob**

### **1981/III/3**

- 3.2 Beim aeroben Abbau von 1 mol Glucose entstehen insgesamt 36 mol Adenosintriphosphat.
- 3.2.1 Formulieren Sie die Summengleichung für diesen Abbau der Glucose mit ATP- Synthese.
- 3.2.2 Geben Sie in einem kurzen Überblick den Abschnitt des Abbauweges an, in dem die Hauptmenge des ATP gebildet wird.

### **1985 III/3.2**

- 3.2 Das beim biologischen Fettabbau entstehende Glycerin wird zu Glycerinaldehyd oxidiert.
- 3.2.1 Benennen Sie die weiteren Hauptabschnitte des Abbaus zu Kohlenstoffdioxid und Wasser! 3
- 3.2.2 Erläutern Sie den Hauptabschnitt des Abbauweges, bei dem am meisten ATP entsteht!  
7

### **1986/IV/4.1.**

- 4 Bei der alkoholischen Gärung wird aus Glucose Ethanol, bei der Milchsäuregärung Milchsäure als organisches Endprodukt gebildet. In beiden Fällen wird gleichzeitig Adenosintriphosphat aufgebaut.
- 4.1 Formulieren Sie für jeden dieser beiden Gärungstypen die Summengleichung! Aus der Summengleichung muß auch die ATP-Bildung hervorgehen. 4
- 4.2 Beim aeroben Abbau von 1 mol Glucose entstehen insgesamt 38 mol Adenosintriphosphat.
- 4.2.1 Formulieren Sie die Summengleichung für diesen Abbau der Glucose (mit ATP-Synthese)! 2
- 4.2.2 Geben Sie in einem kurzen Überblick denjenigen Abschnitt des aeroben Abbauweges an, in dem der Hauptanteil des ATP gebildet wird! 6

### **1988 IV/4**

- 4 Der enzymatisch gesteuerte Abbau der Kohlenhydrate ist einer der wichtigsten Stoffwechselfvorgänge in unserem Körper.
- 4.1 Erklären Sie unter Mitverwendung von Skizzen den Begriff „enzymatisch gesteuert“!  
4
- 4.2 Erläutern Sie (ohne Angabe der Enzyme), wie in Körperzellen Glykogen zu Pyruvat abgebaut werden kann!  
Geben Sie jeweils die Strukturformel für das Produkt eines jeden Stoffwechselschritts an!  
8
- 4.3 Legen Sie die Bedeutung des unter Nr.4.2 dargestellten Kohlenhydratabbaus im Stoffwechselgeschehen der Lebewesen dar!  
3

### **1989/IV/4**

- 4 Brenztraubensäure (Pyruvat) ist ein zentrales Zwischenprodukt des Stoffwechsels.
- 4.1 Legen Sie die Hauptschritte des Glucoseabbaus bis zum Pyruvat mit Strukturformeln dar!

- Die Coenzyme sind dabei in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben! 7
- 4.2 Bei der Milchsäuregärung wird durch den letzten Reaktionsschritt von Brenztraubensäure zu Milchsäure (Lactat) kein ATP gebildet. Stellen Sie die Strukturformelgleichung für den gegebenen Stoffwechselschritt auf!

Legen Sie dar, weshalb Pyruvat nicht das Endprodukt des anaeroben Glucoseabbaus darstellen kann!

3

### 1993/III/4

- 4 Das beim biologischen Fettabbau entstehende Glycerin wird zu Glycerinaldehyd oxidiert.
- 4.1 Nennen Sie die Hauptabschnitte des biologischen Abbaus von Glycerinaldehyd zu Kohlenstoffdioxid und Wasser!
- 3
- 4.2 Erläutern Sie den Hauptabschnitt des Abbauweges, bei dem am meisten Adenosintriphosphat entsteht! 7

### 1995/III/3

- 3 Kohlenhydrate dienen vielen Lebewesen als ergiebige Energiequelle.
- 3.1 Formulieren Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die Abschnitte des Glucoseabbaus, die bei der Zellatmung und der Milchsäuregärung identisch sind! Beteiligte Coenzyme sind in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben.
- 6
- 3.2 Nennen Sie die Reaktionsabschnitte, die sich bei der Zellatmung an den unter Nr.3.1 beschriebenen Abbauprozess anschließen! Geben Sie die Bedeutung der einzelnen Abschnitte für den Energiegewinn der Zelle an! 6

### 1999/IV/2

- 2 Die Kohlenhydrate Amylose und Amylopektin werden von Pflanzen als Reservestoffe genutzt.
- 2.1 Zeichnen Sie kennzeichnende Strukturformelausschnitte beider Stoffe! 3
- 2.2 Das Hydrolyseprodukt der unter Nr.2 genannten Polysaccharide ist die Glucose, deren Abbau Energie zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge liefert.
- 2.2.1 Charakterisieren Sie die Hauptabschnitte des aeroben Glucoseabbaus! Geben Sie dabei an, in welchem der Abschnitte
- a) Kohlenstoffdioxid freigesetzt und
- b) Adenosintriphosphat aufgebaut wird! 4
- 2.2.2 Erstellen Sie eine Bilanz der ATP-Bildung beim aeroben Glucoseabbau! 6

### 2000/III/4.3

Stellen Sie im Überblick die zentrale Bedeutung des Citronensäure-Zyklus für den aeroben Glucoseabbau dar!

### 2003/I/4

- 4 Im Citratzyklus katalysiert das Enzym Succinatdehydrogenase die Reaktion zwischen dem Wasserstoffakzeptor FAD und der Butandisäure (Bernsteinsäure). Dabei entsteht eine von zwei stereoisomeren Formen einer Dicarbonsäure.
- 4.1 Erstellen Sie die Strukturformeln der beiden stereoisomeren Dicarbonsäuren und benennen Sie diese!

### 2005/I/3

- 3 Hefepilze können aus Glucose sowohl unter aeroben als auch anaeroben Bedingungen Energie freisetzen. In einem Experiment werden Hefepilze in einer frisch bereiteten Glucoselösung suspendiert. Anschließend wird diese in ein dicht schließendes Gefäß mit Druckausgleichsmöglichkeit eingebracht. In bestimmten Zeitintervallen werden Proben entnommen und auf ihren Gehalt an Glucose und Ethanol untersucht. Dabei wird Folgendes festgestellt: Zunächst nimmt die Glucosekonzentration nur sehr langsam ab, Ethanol ist während dieser Phase nicht nachweisbar. Nach einiger Zeit verringert sich der Glucosegehalt der Lösung sehr rasch. Ab diesem Zeitpunkt nimmt auch die Ethanolkonzentration rasch zu.
- 3.1 Erklären Sie die beschriebenen Beobachtungen unter Mitverwendung geeigneter Reaktionsgleichungen! 7
- 3.2 In einem Parallelversuch wird der Ansatz mit Bleiacetat-Lösung versetzt. Erklären Sie die Auswirkung dieser Maßnahme auf den zeitlichen Verlauf des Glucosegehalts der Suspension! 3
- 3.3 Hefezellen verarbeiten Glucose im Rahmen der Glykolyse zu Brenztraubensäure (Pyruvat).
- 3.3.1 Erklären Sie, weshalb dieser Stoff nicht das Endprodukt des Glucoseabbaus sein kann! Formulieren Sie den unter anaeroben Bedingungen auf die Glykolyse folgenden Reaktionsweg! Für Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 4
- 3.3.2 Neben Glucose kann auch Glycerin im Energiestoffwechsel verwendet werden. Schlagen Sie unter Mitverwendung von Strukturformelgleichungen einen möglichen Reaktionsweg vor, um Glycerin in ein Zwischenprodukt der Glykolyse umzuwandeln, bei dessen Umbau zur Brenztraubensäure Energie freigesetzt wird! Für Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 4

### 2006/III/2.2

- 2.2 Die in der Photosynthese aufgebaute Glucose kann im Stoffwechsel auf unterschiedlichen Wegen zur Energiefreisetzung herangezogen werden. Für die Oxidation von Glucose zu Wasser und Kohlenstoffdioxid (Reaktion 1) und für die Umwandlung von Glucose zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid (Reaktion 2) gelten bei Standardbedingungen ( $T = 298 \text{ K}$ ) folgende thermodynamische Daten:

	$\Delta H^\circ$	$\Delta S^\circ$
Reaktion 1	$- 2817 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$+ 0,185 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Reaktion 2	$- 82 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$+ 0,461 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Laufen die Reaktionen 1 und 2 in lebenden Organismen ab, so wird ein Teil der Freien Enthalpie in Form von ATP gebunden. Formulieren Sie für jede der beiden Reaktionen die Gesamtgleichung unter

Einbezug der ATP-Bilanz! Für Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden.

Berechnen Sie für beide Reaktionen die Änderung der Freien Standardenthalpie

$\Delta G^\circ$ , vergleichen Sie die Werte und beurteilen Sie auf dieser Grundlage die Effizienz der beiden Abbauege der Glucose! 7 BE

- 2.3 In den Zellen der Leber wird Ethanol mit Hilfe des Enzyms Alkoholdehydrogenase zu einem Aldehyd oxidiert. Zur Bestimmung der Aktivität dieses Enzyms kann ein fotometrisches Verfahren verwendet werden, das auf dem in Abbildung 1 dargestellten Absorptionsverhalten von  $\text{NAD}^+$  und  $\text{NADH}/\text{H}^+$  beruht. In Abbildung 2 sind die Messergebnisse einer derartigen Versuchsreihe zur Bestimmung der Enzymaktivität dargestellt.

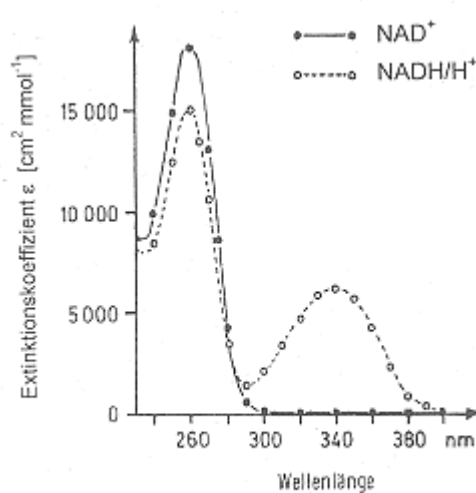


Abb. 1

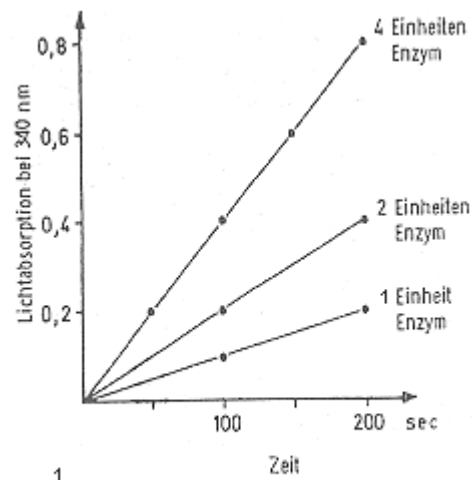


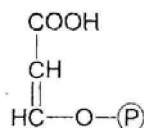
Abb. 2

Stellen Sie die genannte Reaktion mit einer Strukturformelgleichung dar! Für Cofaktoren ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden.

Erklären Sie darauf aufbauend, weshalb die fotometrische Messung bei einer Wellenlänge von 340 nm erfolgte und leiten Sie aus den dargestellten Messergebnissen den Zusammenhang zwischen Enzymkonzentration und Reaktionsgeschwindigkeit ab! 6 BE

## 2007/C2

- 2 Steinbrechgewächse leben auf Felsen und sind an extreme Temperaturen und Trockenheit angepasst. Um die Wasserverluste bei der Aufnahme von Kohlenstoffdioxid zur Photosynthese zu minimieren, öffnen die Pflanzen ihre Spaltöffnungen nur nachts und speichern das aufgenommene Kohlenstoffdioxid durch eine Reaktion mit Phosphoenolbrenztraubensäure.

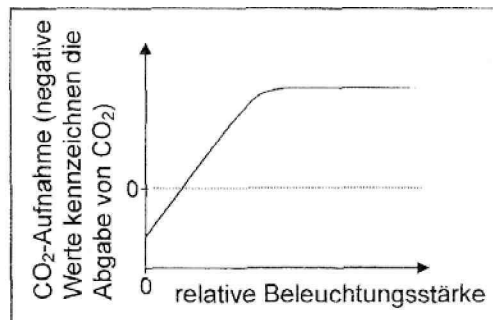


Phosphoenolbrenztraubensäure

- 2.1 Die Phosphoenolbrenztraubensäure entsteht in der Glykolyse. Stellen Sie die Summengleichung der Glykolyse mit Strukturformeln auf und legen Sie die Bedeutung dieses Reaktionsweges im Rahmen des anaeroben

Glucoseabbau dar! Für Cofaktoren können die üblichen Kurzschreibweisen verwendet werden. 5 BE

- 2.2 Phosphoenolbrenztraubensäure reagiert mit Kohlenstoffdioxid unter Abspaltung von Phosphat zu Oxallessigsäure (2-Ketobutandisäure). Diese wird enzymatisch zur Äpfelsäure (2-Hydroxy-butandisäure) umgesetzt. In dieser Form speichert die Pflanze das aufgenommene Kohlenstoffdioxid und setzt es während des Tages durch die oxidative Decarboxylierung (Abspaltung von Kohlenstoffdioxid) der Äpfelsäure unter Bildung von Brenztraubensäure wieder frei.
- 2.3 Formulieren Sie die zugehörigen Strukturformelgleichungen! Als Reduktionsmittel ist NADPH/H<sup>+</sup> zu verwenden. [6 BE]
- 2.4 Wird die oben genannte Reaktion von Oxallessigsäure zu Äpfelsäure im Labor ohne Einsatz von Enzymen durchgeführt, so entsteht eine optisch inaktive Lösung. Die enzymatisch katalysierte Umsetzung liefert dagegen eine optisch aktive Lösung. Erläutern Sie diesen Sachverhalt! [6BE]



- 2.5 Obenstehende Abbildung zeigt die CO<sub>2</sub>-Aufnahme einer grünen, nicht an Trockenheit angepassten Pflanze in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke. Erläutern Sie den Kurvenverlauf!

#### 2008/C1

- 2.2 Die Leistungssteigerung des Epo-Dopings beruht unter anderem auf einer Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität des Blutes. Die Sauerstoffversorgung eines Muskels beeinflusst entscheidend die Art des Glucoseabbau in den Muskelzellen und die Menge der hierbei freigesetzten Energie.

Erläutern Sie diesen Zusammenhang mit Hilfe der Gesamtgleichungen zweier Glucose-Abbauwege im menschlichen Körper und vergleichen Sie die jeweils freigesetzte Energiemenge! [6 BE]

#### 2009/C2

- 2.3.2 In den Muskelzellen der Biene wird das Endprodukt der Glykolyse unter aeroben Bedingungen abgebaut. Benennen Sie die Hauptschritte dieses Abbaus und geben Sie jeweils ihre Bedeutung an! [7 BE]

#### 2011/C1

- 2.3 In den Körperzellen werden Fettsäuren schrittweise gespalten. Bei jedem Abbauschritt verkürzt sich die Kette um zwei Kohlenstoffatome und es entsteht ein Molekül aktivierte Essigsäure. Bei diesem schrittweisen Abbau entstehen pro Mol aktivierter Essigsäure 1 mol FADH<sub>2</sub> und 1 mol NADH/H<sup>+</sup>. (Die aktivierte Essigsäure wird in den Energiestoffwechsel eingeschleust und vollständig oxidiert.)

Berechnen Sie die theoretische Ausbeute an ATP für den vollständigen Abbau von einem Mol Stearinsäure (Octadecansäure) zu Kohlenstoffdioxid und Wasser!

Beachten Sie dabei, dass zur Aktivierung eines Mols Stearinsäure ein Mol ATP benötigt wird. [10 BE]

### **Abbauvorgänge anaerob**

#### **1978/I**

- 3.1 Welcher Schritt der Glykolyse führt vom C<sub>6</sub>-Körper zu C<sub>3</sub>-Körpern?  
(Reaktionsgleichung mit Strukturformeln) 4 BE
- 3.2 Geben Sie in einer Reihe von Strukturformeln an, wie aus einem der C<sub>3</sub>-Körper Brenztraubensäure (Pyruvat) entsteht. 8 BE

#### **1981/III/3**

Bei der Milchsäuregärung wird aus der Glucose Milchsäure, bei der alkoholischen Gärung Äthanol als organisches Endprodukt gebildet. In beiden Fällen wird gleichzeitig Adenosintriphosphat aufgebaut.

- 3.1 Formulieren Sie für jeden dieser beiden Gärungstypen die Summengleichung. In den Gleichungen muss auch die ATP-Bildung enthalten sein.

#### **1982/III/4**

4. Zu Beginn der Glykolyse wird Glucose-6-phosphat über Fructose-6-phosphat und Fructose-1, 6-diphosphat in Glycerinaldehydphosphat und Dihydroxyacetonphosphat gespalten; Glycerinaldehydphosphat wird durch Folgereaktionen rasch verbraucht.

- 4.1 Stellen Sie die Reaktionen des geschilderten Glykolysebeginns mit Gleichungen dar! Für die genannten Substanzen sind Strukturformeln zu verwenden. 5BE
- 4.2 Der weitere Abbau setzt am Glycerinaldehydphosphat an. Erläutern Sie, weshalb es im Organismus nicht zur Anhäufung von Dihydroxyacetonphosphat kommt! Die maßgebliche Beziehung ist mit Strukturformeln darzustellen. 3BE

#### **1987/III/2**

- 2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Glykolyse Schritte, die mit einer ATP-Bildung gekoppelt sind!  
(ADP und ATP sind nur in der hier verwendeten Kurzschreibweise anzugeben.) 5
- 2.2 Ein Endprodukt der Glykolyse ist Pyruvat. Formulieren Sie die Gleichungen für zwei Möglichkeiten der Weiterverarbeitung unter anaeroben Bedingungen! Berücksichtigen Sie dabei die einzelnen Reaktionsschritte! 6

#### **1988/III/2**

- 1 Das Holz unserer einheimischen Nadel- und Laubbäume besteht zu 40–50% aus Cellulose, die als Gerüstsubstanz den Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände ausmacht.
- 1.1 Stellen Sie die makromolekulare Struktur von Cellulose anhand eines charakteristischen Strukturformelausschnitts (zwei Baueinheiten) dar! Benennen Sie die monomeren Baueinheiten der Cellulose und deren Verknüpfungsart! 3
- 1.2 Beschreiben Sie kurz eine Methode, mit deren Hilfe Cellulose in vergärbare Zucker übergeführt werden kann! 3
- 1.3 Erläutern Sie unter Mitverwendung entsprechender Gleichungen an einem selbstgewählten Beispiel, wie in der entstandenen verdünnten

Holzzuckerlösung aus Nr.1.2 reduzierende Zucker nachgewiesen werden können! 4

1.4 Beschreiben Sie, wie die bei Nr.1.2 erhaltende Holzzuckerlösung zu Ethanol weiterverarbeitet werden kann!

Stellen Sie die Gesamtgleichung für den entsprechenden Vorgang auf! 3

#### 1988/IV/4

4 Der enzymatisch gesteuerte Abbau der Kohlenhydrate ist einer der wichtigsten Stoffwechselfvorgänge in unserem Körper.

4.1 Erklären Sie unter Mitverwendung von Skizzen den Begriff „enzymatisch gesteuert“! 4

4.2 Erläutern Sie (ohne Angabe der Enzyme), wie in Körperzellen Glykogen zu Pyruvat abgebaut werden kann!

Geben Sie jeweils die Strukturformel für das Produkt eines jeden Stoffwechselschritts an! 8BE

4.3 Legen Sie die Bedeutung des unter Nr. 4.2 dargestellten Kohlenhydratabbaus im Stoffwechselgeschehen der Lebewesen dar! 3BE

#### 1989/IV/4

4 Brenztraubensäure (Pyruvat) ist ein zentrales Zwischenprodukt des Stoffwechsels.

4.1 Legen Sie die Hauptschritte des Glucoseabbaus bis zum Pyruvat mit Strukturformeln dar!

Die Coenzyme sind dabei in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben! 7BE

4.2 Bei der Milchsäuregärung wird durch den letzten Reaktionsschritt von Brenztraubensäure zu Milchsäure (Lactat) kein ATP gebildet.

Stellen Sie die Strukturformelgleichung für den gegebenen Stoffwechselschritt auf!

Legen Sie dar, weshalb Pyruvat nicht das Endprodukt des anaeroben Glucose-abbaus darstellen kann! 3

#### 1994/I/3

3 In lebenden Zellen folgt der Abbau von Glucose zu Pyruvat (Brenztraubensäure) einem gemeinsamen Stoffwechselweg. Unterschiedlich ist jedoch die Verwertung des Pyruvats im Stoffwechsel verschiedener Organismen.

3.1 Beschreiben Sie, ausgehend vom Pyruvat, unter Mitverwendung von Strukturformelgleichungen zwei Möglichkeiten des anaeroben Abbaus bis zu den jeweiligen Endprodukten sowie die Bildung von Acetyl-CoenzymA im aeroben Stoffwechselgeschehen! Die Coenzyme können in der üblichen Kurzschreibweise angegeben werden. 7

3.2 Bei der alkoholischen Gärung tritt als Nebenprodukt Glycerin auf. Es entsteht durch Reduktion von Dihydroxyacetonphosphat und Glycerinaldehyd-3-phosphat mit NADH und anschließender Hydrolyse des Phosphorsäureesters.

3.2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die beiden Reaktionsschritte, die vom Dihydroxyacetonphosphat zum Glycerin führen!

5

3.2.2 Erklären Sie, weshalb bei anaerob lebenden Hefen Glycerin nicht das alleinige Gärungsprodukt sein kann! 3

#### 1997/I/3.3

- 3.3 Die aus Lactose durch bakterielle Einwirkung entstandene Glucose kann zu Milchsäure vergoren werden.
- 3.3.1 Erstellen Sie die Bruttogleichung der Glycolyse, und zeigen Sie die Bedeutung dieses Stoffwechselweges auf!  
Die Coenzyme können in der üblichen Kurzschreibweise angegeben werden.  
4
- 3.3.2 Erläutern Sie unter Mitverwendung einer Strukturformelgleichung die biochemische Notwendigkeit der Weiterreaktion des Glycolyse-Endproduktes am Beispiel der Milchsäurebildung! 3

#### 2000/III/4.2

- 4 Durch den Abbau von Glucose gewinnen Organismen Energie für endergonische Prozesse.
- 4.1 Stellen Sie, ausgehend von Glucose, die wesentlichen Schritte der Glykolyse mit Strukturformeln dar! Beteiligte Coenzyme sind in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben. 6 BE
- 4.2 Beim Endprodukt der Glykolyse verzweigen sich die weiteren Abbauwege. Bei der alkoholischen Gärung entsteht aus dem Endprodukt der Glykolyse unter anderem Ethanol. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für diesen Abbau und geben Sie die Bedeutung dieses Vorgangs für den anaeroben Glucoseabbau an!

#### 2001/I/4

- 4 Für die Oxidation von Glucose zu Wasser und Kohlenstoffdioxid (=Reaktion 1) bzw. für die Umwandlung von Glucose in Ethanol und Kohlenstoffdioxid (=Reaktion 2) gelten bei Standardbedingungen die folgenden thermodynamischen Daten:

	$\Delta H^\circ$	$\Delta S^\circ$
Reaktion 1:	$- 2817 \text{ kJ mol}^{-1}$	$+ 0,185 \text{ K}^{-1} \text{ kJ mol}^{-1}$
Reaktion 2	$- 82 \text{ kJ mol}^{-1}$	$+ 0,461 \text{ K}^{-1} \text{ kJ mol}^{-1}$

- 4.1 Berechnen Sie für beide Reaktionen die Änderung der Freien Enthalpie  $G^0$  und nehmen Sie zu folgender Aussage Stellung:  
Die Reaktion 1 wird vorwiegend durch Enthalpieabnahme, die Reaktion 2 vorwiegend durch Entropiezunahme ermöglicht. 6BE
- 4.2 Laufen die Reaktionen 1 und 2 in lebenden Organismen ab, so wird ein Teil der freigesetzten Freien Enthalpie in Form von ATP gebunden (30,5 kJ pro Mol ATP).  
Formulieren Sie die Gesamtgleichungen für die beiden Reaktionen unter Einbezug der ATP-Bilanz! Die damit einhergehende Wasserbildung kann unberücksichtigt bleiben; GTP soll wie ATP behandelt werden. Berechnen Sie den Anteil der Freien Enthalpie, der jeweils als Wärme abgegeben wird!

#### 2002/III/3

- 3 Die Deutsche Medizinische Wochenschrift 1888, Nr.30, S.620, beschreibt ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Zuckers im Harn mittels eines Gärröhrchens:  
1 ml einer Harnprobe mit der Dichte = 1,030 g/cm<sup>3</sup> wird zusammen mit 9 ml destilliertem Wasser und 1 g Hefe in ein Gärröhrchen gegeben.  
Am Ende der Gärung sind 4,15 ml Kohlenstoffdioxid entstanden.



( $t=25^{\circ}\text{C}$ ;  $p=1025\text{ hPa}$ ).

- 3.1 Formulieren Sie die Gesamtgleichung für die Vergärung von Glucose und berechnen Sie den Massenanteil des Zuckers in der Harnprobe! 6 BE
- 3.2 Formulieren Sie die einzelnen Reaktionsschritte vom Pyruvat zum Ethanol mit Strukturformeln und geben Sie die Bedeutung dieses Stoffwechselabschnitts im Rahmen des Glucoseabbaus an!  
Beteiligte Coenzyme (Cosubstrate) sind in der üblichen Kurzschreibweise anzugeben. 3 BE

### 2003/I/3.2

- 3.2 Bei hoher körperlicher Belastung kann man im Muskel einen deutlichen Anstieg der Milchsäurekonzentration nachweisen. Erstellen Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung von Milchsäure ausgehend vom Endprodukt der Glykolyse und erörtern Sie die Bedeutung dieses Reaktionsschrittes für den anaeroben Abbau der Glucose!

### 2005/I/3

- 3 Hefepilze können aus Glucose sowohl unter aeroben als auch anaeroben Bedingungen Energie freisetzen.  
In einem Experiment werden Hefepilze in einer frisch bereiteten Glucoselösung suspendiert. Anschließend wird diese in ein dicht schließendes Gefäß mit Druckausgleichsmöglichkeit eingebracht. In bestimmten Zeitintervallen werden Proben entnommen und auf ihren Gehalt an Glucose und Ethanol untersucht. Dabei wird Folgendes festgestellt:  
Zunächst nimmt die Glucosekonzentration nur sehr langsam ab, Ethanol ist während dieser Phase nicht nachweisbar. Nach einiger Zeit verringert sich der Glucosegehalt der Lösung sehr rasch. Ab diesem Zeitpunkt nimmt auch die Ethanolkonzentration rasch zu.
- 3.1 Erklären Sie die beschriebenen Beobachtungen unter Mitverwendung geeigneter Reaktionsgleichungen! 7

### 2009/C1

Um Roggenbrot herzustellen, muss der Teig angesäuert werden. Dies kann zum Beispiel durch Zusatz von Sauerteig erfolgen. Die darin enthaltenen Milchsäurebakterien senken den pH-Wert des Teiges unter 4,5.  
Geben Sie die Gesamtgleichung für die biogene Milchsäurebildung ausgehend von Glucose an und formulieren Sie die Strukturformelgleichung des für die Energiebereitstellung der Bakterien bedeutsamen Oxidationsschrittes!  
Für Cofaktoren können die üblichen Abkürzungen verwendet werden. [5]

### 2009/C2

- 2.3 Ein Teil des Zuckers wird von den sammelnden Bienen zur Energiebereitstellung abgebaut. Im Verlauf der Glykolyse wird hierbei Dihydroxyacetonphosphat (Dihydroxypropanonphosphat) mithilfe des Enzyms Triosephosphatisomerase in Glycerinaldehyd-3-phosphat umgewandelt.
- 2.3.1 Diese Umwandlung ist auch ohne enzymatische Katalyse möglich. Erläutern Sie den Reaktionsverlauf unter Mitverwendung von Strukturformeln! [6BE]
- 2.3.3 Honig kann zu Met, einem alkoholischen Getränk, vergoren werden. Um den Ablauf der alkoholischen Gärung zu untersuchen, werden Hefezellen

mit D-Glucose versetzt, die als C1-Atom das Radioisotop C-14 enthält. Die Hälfte der beim Abbau dieser Glucosemoleküle entstehenden Glycerinaldehyd-3-phosphat-Moleküle ist am C3-Atom radioaktiv markiert. Leiten Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln ab, in welchem Produkt der alkoholischen Gärung die Markierung auftritt! [5 BE]

**2010/B1**

Viele Früchte erzeugen das Phytohormon Ethen, das ihren Reifungsprozess beeinflusst. Deutliche Hinweise darauf kann folgendes Diagramm geben:

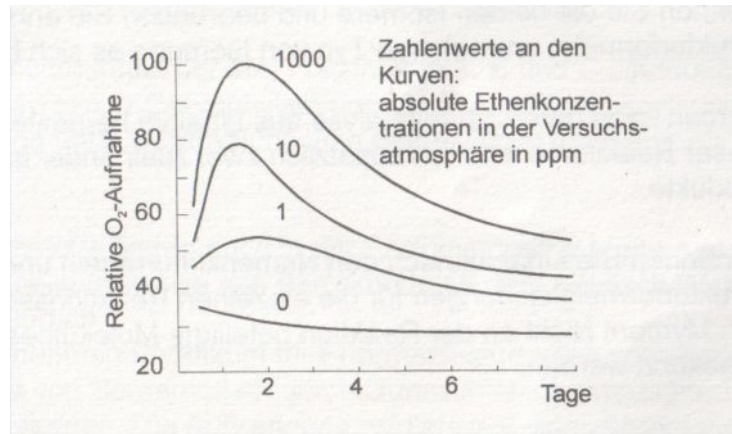


Abb. 4: Einfluss von Ethen auf die Sauerstoff-Aufnahme von Früchten<sup>1</sup>

Beschreiben Sie mithilfe dieser Graphik den Einfluss von Ethen auf den aeroben Abbau von Kohlenhydraten (Zellatmung) von Früchten und leiten Sie hieraus eine Aussage über den Energieumsatz der beim Reifungsprozess ablaufenden biochemischen Reaktionen ab! [3 BE]

Abbildungen:

1 verändert nach: H.-D. Belitz, W. Grosch: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer-Verlag, Berlin 1987, 3. Auflage, S. 67

Abbauvorgänge anaerob

**2010 C1**

2 Hefezellen können Glucose unter anaeroben Bedingungen enzymkatalysiert abbauen.

2.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für den anaeroben Abbau von Glucose in Hefezellen ohne Berücksichtigung der beteiligten Energieäquivalente!

Berechnen Sie mithilfe der folgenden Entropie- und Enthalpiewerte die freie Enthalpie dieser Reaktion bei 25 °C!

Stoff	$\Delta H_B^\circ$ [kJ mol <sup>-1</sup> ]	$S^\circ$ [JK <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> ]
$\alpha$ -D-Glucose (aq)	-1263,0	264,0
Ethanol (l)	-277,7	160,7
Kohlenstoffdioxid (g)	-393,5	213,6

[5BE]

2.2 In mehreren Experimenten soll der anaerobe Glucoseabbau bei Hefezellen untersucht werden.

In einer ersten Versuchsreihe wird eine Hefezellenkultur auf zwei Kolben (A und B) aufgeteilt und unter Stickstoffatmosphäre mit Glucose versetzt. In den Kolben B wird zusätzlich Brenztraubensäure gegeben. In der Folgezeit

werden jeweils die Konzentrationen von Glycerinaldehyd-3-phosphat gemessen. In Kolben A kann zunächst eine starke Erhöhung der Konzentration von Glycerinaldehyd-3-phosphat beobachtet werden, in Kolben B steigt diese Konzentration deutlich weniger stark an.

- 2.2.1 Formulieren Sie eine Strukturformelgleichung für die Oxidation von Glycerinaldehyd-3-phosphat in den Hefezellen! Für Cofaktoren können die üblichen Abkürzungen verwendet werden. [4 BE]
- 2.2.2 Erläutern Sie den unterschiedlich starken Anstieg der Glycerinaldehyd-3-phosphat-Konzentration in beiden Kolben! [6 BE]
- 2.3 Das Enzym Phosphofruktokinase katalysiert beim Abbau von Glucose die Phosphorylierung von Fructose-6-phosphat. Um Aufschluss über die Aktivität dieses Enzyms zu erhalten, werden zwei Versuchsreihen durchgeführt:  
 Versuchsreihe A: niedrige ATP-Konzentration,  
 Versuchsreihe B: hohe ATP-Konzentration.  
 Bei konstanter Enzymmenge wird jeweils die Konzentration von Fructose-6-phosphat schrittweise erhöht und die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmt.

Die Versuchsergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

<b>Versuchsreihe A</b>		<b>Versuchsreihe B</b>	
c(Fructose-6-phosphat) [mmol/L]	Reaktionsgeschwindigkeit [relative Einheiten]	c(Fructose-6-phosphat) [mmol/L]	Reaktionsgeschwindigkeit [relative Einheiten]
0,5	28	0,5	20
1,5	66	1,5	52
2,5	87	2,5	70
3,5	98	3,5	78
4,5	99	4,5	79

Stellen Sie die Messergebnisse der beiden Versuchsreihen in einem Diagramm dar, leiten Sie aus diesem den Einfluss des ATP auf das Enzym Phosphofruktokinase ab und begründen Sie Ihre Aussage! [10 BE]