

Grundkurs Chemie anaerober Abbau aerober Abbau

1977/II

- 3.2 Beschreiben Sie die Struktur eines Fett-, eines Polysaccharid- und eines Proteinmoleküls mit Hilfe einer Strukturformel bzw. eines Strukturformelausschnittes und geben Sie unter Verwendung von Gleichungen den Abbau dieser Nahrungsstoffe im Verdauungstrakt an.

1983/II

- 2.1 Versetzt man Traubensaft mit Hefe und lässt diesen Ansatz unter Luftabschluss stehen, so erhält man nach einigen Wochen Wein. Formulieren Sie die Hauptschritte des dabei ablaufenden Vorgangs, und benennen Sie wichtige Zwischen- und Endprodukte! 8BE
- 2.2 In unserem Körper wird die im Traubensaft enthaltene Glucose aerob abgebaut. Erläutern Sie anhand einfacher Schemata die wichtigsten Schritte dieses andersartigen Abbaus, und nennen Sie die Endprodukte! 8BE

1984/IV

- 2.1 Die Glykolyse verläuft bei Atmung und Gärung gleich. Formulieren Sie
- die Gesamtgleichung für die Glykolyse und
 - die Strukturformelgleichung für den Reaktionsschritt, bei dem Reduktionsäquivalente (NADH/H^+) und Adenosintriphosphat (ATP) gebildet werden (Strukturformeln nur für Substrat und Produkt)! 6BE
- 2.2 Die bei der Glykolyse gebildeten Reduktionsäquivalente werden
- bei der Milchsäuregärung,
 - bei der alkoholischen Gärung und
 - bei der Zellatmung oxidiert.
- Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für a), b) und c)! 6BE

1986/IV

- 2 Glucose wird im Stoffwechsel der Zellen enzymatisch zu Brenztraubensäure (Pyruvat) abgebaut.
- 2.1 Formulieren Sie die drei wichtigsten Reaktionsschritte dieses Abbaus! (Substrate und Produkte jeweils mit Strukturformeln und Namen.) 9BE
- 2.2 Zeigen Sie die Bedeutung der Brenztraubensäure für das weitere Stoffwechselgeschehen in einem Überblick auf! 5BE
- 2.3 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für eine Möglichkeit der anaeroben Verarbeitung der Brenztraubensäure im Stoffwechselgeschehen der Lebewesen! 4BE

1987/II

- 1 Im Stoffwechsel spielen sowohl Brenztraubensäure als auch Milchsäure eine bedeutende Rolle.
- 1.1 Geben Sie die Strukturformeln von Brenztraubensäure und Milchsäure an! 2BE
- 1.2 Brenztraubensäure reagiert mit Wasser. Stellen Sie die entsprechende Gleichung auf, benennen Sie das organische Produkt mit seinem Trivialnamen, und begründen Sie das Verhalten der Brenztraubensäure gegenüber Wasser! 6BE
- 1.3 Brenztraubensäure kann im Stoffwechsel auf verschiedene Weisen verarbeitet werden.
- 1.3.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für zwei Möglichkeiten der Weiterverarbeitung unter anaeroben Bedingungen, und benennen Sie die

Produkte! 6BE

- 1.3.2 Geben Sie den aeroben Abbau von Brenztraubensäure im Überblick wieder! Chemische Formeln sind nicht verlangt. 10BE

1988/I

- 3.3 Die unter Nr. 3 verwendete Glucoselösung wird mit einer Suspension lebender Hefezellen versetzt, das Reaktionsgefäß mit einem Gärröhrchen, das mit Kalkwasser gefüllt ist, von der Umgebungsluft abgeschlossen und einige Tage an einem warmen Ort stehen gelassen. Stellen Sie die entsprechende Summgleichung für den in dem Reaktionsgefäß ablaufenden Glucoseabbau auf, und benennen Sie die Produkte der Reaktion! 2BE
- 3.3.2 Stellen Sie in Kurzfassung die wichtigsten Reaktionsschritte dieses Zuckerabbaus durch die Hefezellen zusammen! (Die entsprechenden Enzyme, Phosphorylierungen und Isomerisierungen sind nicht verlangt!) Geben Sie für das jeweilige Produkt der einzelnen Stoffwechselfschritte die entsprechende Strukturformel an! 8BE

1989/I

- 3 Der Abbau der Glucose verläuft unter aeroben und anaeroben Bedingungen bis zur Brenztraubensäure (Pyruvat) identisch.
- 3.1 Formulieren Sie die vollständige Reaktionsgleichung für diesen Stoffwechselfvorgang! 4BE
- 3.2 Stellen Sie die Hauptschritte des Glucoseabbaus bis zur Brenztraubensäure unter Mitverwendung von Strukturformeln dar! 10BE

1990/I

- 3 Traubenzucker (Glucose) kann zu Ethanol vergoren werden.
- 3.1 Formulieren Sie die Gleichung für den Gesamtvorgang! 2
- 3.2 Erläutern Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln (Coenzyme bzw. Cosubstrate in der üblichen Kurzschreibweise) die Hauptschritte des Glucoseabbaus bis zum Ethanol! 12BE

1991/I

- 3 Viele Stoffwechselfvorgänge stellen Kreisprozesse dar.
- 3.1 Im aeroben Abbau der Kohlendhydrate ist der Citratzyklus ein zentraler Abschnitt. Erläutern Sie seine Bedeutung für den Kohlenhydrat-Abbau! 4BE
- 3.2 Bestimmte anaerobe Bakterien geben Milchsäure an ihre Umgebung ab.
- 3.2.1 Stellen Sie die Reaktion vom Endprodukt der Glykolyse zur Milchsäure in einer Strukturformel dar! (Für Coenzyme [Cosubstrate] ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden!) 3BE
- 3.2.2 Erläutern Sie, warum die unter Nummer 3.2.1 genannte Reaktion im Hinblick auf das beteiligte Coenzym als Teil eines Kreisprozesses angesehen werden kann! 4BE

1992/III

- 3 Die Atmung und einige Gärungen beginnen mit der gleichen Reaktionsfolge.
- 3.1 Benennen Sie diese Reaktionsfolge, und formulieren Sie diese in einer Gesamtgleichung! Für die beteiligten Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 4BE

- 3.2 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für den Teil dieser Reaktionsfolge, bei dem ATP und Reduktionsäquivalente gebildet werden!
4BE

1993/I

- 2 Die Brenztraubensäure (bzw. das Pyruvat) besitzt eine Schlüsselstellung im Stoffwechsel von Lebewesen.
- 2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für zwei weiterführende anaerobe Stoffwechselwege der Brenztraubensäure, und benennen Sie die organischen Endprodukte dieser Stoffwechselwege! (Für Coenzyme [Cosubstrate] ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden.) 6BE
- 2.2 Die Brenztraubensäure kann aus Glucose, aber auch aus einer bestimmten Aminosäure gebildet werden. Beschreiben Sie diese Stoffwechselwege unter Mitverwendung von Strukturformeln! 9BE

1993/II

- 2 Aerob lebende Organismen können Butansäure bis zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abbauen.
- 2.1 Erläutern Sie, ausgehend von Butansäure, das Prinzip dieses Abbauweges bis zu dem Stoff, der in den Citratzyklus eingeschleust wird!
- 2.2 Zeigen Sie die Bedeutung der Reduktionsäquivalente auf, die bei diesem Abbau gebildet werden!

1994/III

- 1 Der französische Chemiker Louis Pasteur beschäftigte sich in grundlegenden Arbeiten mit Gärungsvorgängen.
- 1.1 Die Milchsäuregärung ist ein wichtiger biotechnischer Prozess. Geben Sie die Bruttogleichung der Milchsäuregärung an! 2 BE
- 1.2 Formulieren Sie, ausgehend von der Brenztraubensäure, die Strukturformelgleichung für die Bildung der Milchsäure! Für beteiligte Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 3 BE
- 1.3 Die alkoholische Gärung der Hefepilze kommt bei Sauerstoffzufuhr zum Erliegen, obwohl die Hefepilze sich weiter vermehren. Erklären Sie diesen nach Pasteur benannten Effekt! 5 BE

1995/I

- 4 Bei Sauerstoffmangel läuft im Skelettmuskel Milchsäuregärung ab.
- 4.1 Erläutern Sie die wesentlichen Schritte des Glucoseabbaus bei der Milchsäuregärung! Formeln sind nicht erforderlich. 5BE
- 4.2 Bei der Milchsäuregärung im Muskel entsteht L-Milchsäure; Bakterien liefern überwiegend D-Milchsäure. Zeichnen Sie die Fischer-Projektionsformeln der beiden Isomeren, und nennen Sie das Strukturmerkmal, auf das diese Isomerie zurückgeht!
4BE

1996/III

- 2.3 Zur Herstellung von Ethanol durch Gärung verwendet man unter anderem das Saccharose enthaltende Zuckerrohr.
- 2.3.1 Zeichnen Sie die Projektionsformel des Saccharose-Moleküls, und benennen Sie die Hydrolyseprodukte der Saccharose! 3BE
- 2.3.2 Beschreiben Sie, ausgehend von Glucose, die wesentlichen Schritte der alkoholischen Gärung unter Mitverwendung von Strukturformeln! Für beteiligte Coenzyme (Cofaktoren) ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 9BE

1997/II

- 3 Milchsäurebakterien gewinnen den Energieträger ATP durch einen Gärungsprozeß.

- 3.1 Erstellen Sie die Bruttogleichung der Milchsäuregärung, welche auch die ATP-Bilanz berücksichtigt! 3BE
- 3.2 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die Teilschritte der Glykolyse, bei denen ATP verbraucht bzw. gebildet wird, und überprüfen Sie dabei die unter Nr. 3.1 angegebene ATP-Bilanz! Edukte und Produkte sind zu benennen. Für beteiligte Coenzyme (Cofaktoren) ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 6BE
- 3.3 Begründen Sie unter Mitverwendung einer Gleichung, weshalb der Gärungsprozeß nicht bei Brenztraubensäure (Pyruvat) endet, sondern ohne weiteren Energiegewinn Milchsäure (Lactat) gebildet wird! Für beteiligte Coenzyme (Cofaktoren) ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 5BE

1998/II

- 2 Ethanol wird schon seit langem biotechnisch aus zuckerhaltigen Lösungen hergestellt.
- 2.1 Erstellen Sie die Bruttogleichung der alkoholischen Gärung! 2 BE
- 2.2 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die wesentlichen Schritte der Glykolyse! Für die beteiligten Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 7 BE
- 2.3 Erstellen Sie die Strukturformelgleichungen für die beiden Reaktionsschritte, die vom Endprodukt der Glykolyse zum Ethanol führen und begründen Sie, warum die Gärung nicht mit der Bildung der Brenztraubensäure (Ketopropansäure, 2-Oxopropansäure) beendet wird! 5 BE
- 2.4 Unter aeroben Bedingungen unterbleibt die Bildung von Ethanol. Begründen Sie diese Erscheinung und geben Sie - unter Verzicht auf Strukturformeln - einen Überblick über den aeroben Abbau der Brenztraubensäure! 6 BE

2000/III/2

- 2 Der Energie liefernde Abbau der Glucose stimmt bei verschiedenen Organismen in seinem ersten Abschnitt überein.
- 2.1 Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die wesentlichen Schritte der Glykolyse und benennen Sie Zwischen- und Endprodukte! Für die beteiligten Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 7 BE
- 2.2 Das bei der Glykolyse reduzierte Coenzym wird von Organismen auf unterschiedliche Weise rückoxidiert.
- 2.2.1 Erläutern Sie an einem Beispiel unter Mitverwendung von Strukturformeln eine anaerobe Möglichkeit dieser Oxidation! 5 BE
- 2.2.1 Geben Sie unter Verzicht auf Strukturformeln einen Überblick über den aeroben Abbau des Glykolyse-Endprodukts! 6 BE

2001/III/4

- 4 Im Stoffwechsel des Menschen hat der Citronensäurezyklus eine zentrale Bedeutung.
Gehen Sie einen Überblick über die wesentlichen Vorgänge dieses Prozesses! 6 BE
Nennen Sie den auf den Citronensäurezyklus folgenden Abschnitt des aeroben Glucoseabbaus und charakterisieren Sie dessen Aufgaben! 3 BE

2004/IV/3.3

- 3 Das Adenosintriphosphat (ATP) wird auch als universelle "Energiewährung" aller Lebewesen bezeichnet. Grüne Pflanzen können ATP in den Chloroplasten synthetisieren. Ein erwachsener Mensch setzt in Ruhe ca. 40

kg Adenosintriphosphat in 24 Stunden um. Enzyme, mit deren Hilfe ATP gebildet und gespalten werden kann (ATPasen), nehmen eine Schlüsselstellung im Stoffwechsel ein.

Die Aufklärung der Struktur der ATPasen beschäftigte zahlreiche Wissenschaftler mehr als zwanzig Jahre lang. Die bedeutendsten Beiträge wurden durch die Verleihung des Chemie-Nobelpreises im Jahr 1997 gewürdigt.

- 3.1 Erörtern Sie, ausgehend von der chemischen Natur der Enzyme und unter Mitverwendung von Fachbegriffen, welche grundsätzlichen Informationen über die Struktur der ATPase-Moleküle von den Wissenschaftlern ermittelt werden mussten! 5 BE
- 3.2 Legen Sie unter Mitverwendung von Skizzen dar, wie grüne Pflanzen in den Chloroplasten ATP bilden! 7 BE
- 3.3 Erläutern Sie die aerobe ATP-Gewinnung in den Zellen des Menschen unter Einbeziehung einer Bruttogleichung mit darin enthaltener ATP-Bilanz! Gehen Sie in Ihrer Antwort auch auf den Wirkungsgrad der Reaktion ein! 5 BE

2005/IV/2.2

- 2.2 In Gegenwart von Sauerstoff ist trotz gleichbleibender ATP-Produktion pro Zeiteinheit und Zelle der Glucoseverbrauch der Hefe deutlich geringer als ohne Sauerstoff. Erklären Sie diesen Befund unter Mitverwendung einer Bruttogleichung!

2006/II

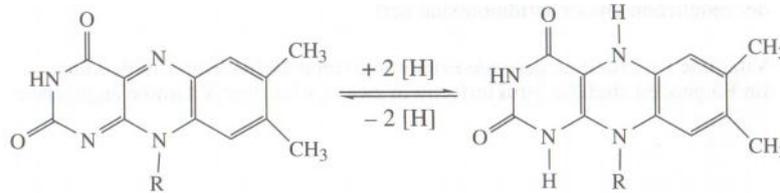
- 3 Der anaerobe und der aerobe Glucoseabbau verlaufen zunächst gleich.
- 3.1 Formulieren Sie die Bruttogleichung für den aeroben Abbau der Glucose! Für Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden.
- 3.2 Geben Sie den Namen und die Strukturformel des letzten gemeinsamen Zwischenprodukts des anaeroben und des aeroben Glucoseabbaus an, nennen Sie, beginnend bei diesem Zwischenprodukt, die weiteren Schritte des aeroben Abbaus der Glucose und stellen Sie deren jeweilige Bedeutung dar! 10BE
- 3.3 Im Skelettmuskel des Menschen wird der Energiebedarf bei starker Belastung auch durch anaeroben Glucoseabbau gedeckt, wobei es allerdings zur Übersäuerung der Muskulatur kommen kann. Formulieren Sie die Bruttogleichung für diesen Abbauweg der Glucose, benennen Sie ihn und vergleichen Sie die Energieausbeute mit derjenigen beim aeroben Abbau! Für Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 3BE

2006/III

- 3 Ethanol ist nicht nur ein bedeutender Ausgangsstoff für chemische Synthesen, sondern gewinnt auch als regenerativer Energieträger zunehmend an Bedeutung. Die Herstellung dieser Chemikalie erfolgt sowohl biochemisch als auch petrochemisch.
- 3.1 Unter Mitwirkung von Hefe lässt sich Ethanol durch Gärung aus Kohlenhydraten herstellen. Formulieren Sie, ausgehend von Glucose, die Schritte der alkoholischen Gärung unter Einbeziehung von Strukturformeln! Geben Sie die Bruttogleichung dieses Vorgangs an! Für beteiligte Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 9BE

2006/IV

- 3.3 Das Vitamin B2 ist Baustein des Flavinadeninukleotids (FAD), welches an wichtigen Stoffwechselschritten beteiligt ist. So reagiert FAD beispielsweise im Zitronensäurezyklus mit Bernsteinsäure (Butandisäure $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$) wie im Folgenden beschrieben:



Aus der Bernsteinsäure entsteht dabei eine von zwei theoretisch möglichen unverzweigten Dicarbonsäuren.

Zeichnen Sie die Strukturformeln der beiden möglichen Dicarbonsäuren und benennen Sie diese nach den Nomenklaturregeln! Geben Sie die Bedeutung von FAD bei dieser Reaktion und im Energiestoffwechsel an! 6BE

2007/A2

- 2 Honig mit einem Wassergehalt von mehr als 20 % ist anfällig für eine Vergärung durch Hefepilze. Bei gezielter Durchführung kann auf diesem Wege Met (Honigwein) hergestellt werden.
- 2.1 Formulieren Sie die Summengleichung für die im Rahmen der alkoholischen Gärung stattfindenden Glykolyse, aus der auch die ATP-Bilanz ersichtlich ist! Für Cofaktoren ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. 4BE
- 2.2 Formulieren Sie den entscheidenden Oxidationsvorgang bei der Glykolyse mit Strukturformeln! Für Cofaktoren ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden.

2008/B1

Überschüssige Aminosäuren, die nicht zur Synthese von Proteinen verwendet werden, können im menschlichen Körper nicht gespeichert werden. Sie werden aber auch nicht ausgeschieden, sondern dienen im Stoffwechsel als Energieträger. Dazu werden Aminosäuren wie z. B. Alanin unter aeroben Bedingungen beim Vorgang der oxidativen Desaminierung abgebaut. Die einzelnen Reaktionsschritte dieses Vorgangs lassen sich wie folgt vereinfacht zusammenfassen:



Die Brenztraubensäure wird in der vom Kohlenhydratabbau bekannten Nennen Sie die wesentlichen Schritte des aeroben Abbaus der Brenztraubensäure und ermitteln Sie nachvollziehbar, welche Stoffmenge ATP ein Organismus beim aeroben Abbau von 1 mol Alanin gewinnen kann!

[8 BE]

2009/B1

- 2.3 Beschreiben Sie die Bedeutung der Atmungskette im Gesamtzusammenhang des Glucoseabbaus! [4 BE]

- 2.2 Bei Sauerstoffmangel wird in Muskeln die L-(+)-Milchsäure gebildet. Stellen Sie die Bedeutung der Symbole 'L' und '+' dar und beschreiben Sie ausgehend von Glucose unter Mitverwendung von Strukturformeln die Einzelschritte der Milchsäurebildung im Muskel! [12 BE]

Beschreiben Sie die Bedeutung der Atmungskette im Gesamtzusammenhang des Glucoseabbaus! 4 BE

2010 C1

- 2 Die Bildung von Essig beim Verderb alkoholischer Getränke ist eine lange bekannte Erscheinung. Louis Pasteur bewies im 19. Jahrhundert, dass die gebildete Ethansäure das Stoffwechselprodukt bestimmter Bakteriengattungen ist.
- 2.1 Bakterien der Gattung *Acetobacter* können Ethanol mithilfe von Luftsauerstoff in Ethansäure umwandeln. Bakterien der Gattung *Clostridium* können Ethansäure dagegen auch bei Abwesenheit von Sauerstoff z. B. aus Glucose bilden. Die Abbildung 3 zeigt schematisch und vereinfacht die beiden Reaktionswege zur Ethansäure:

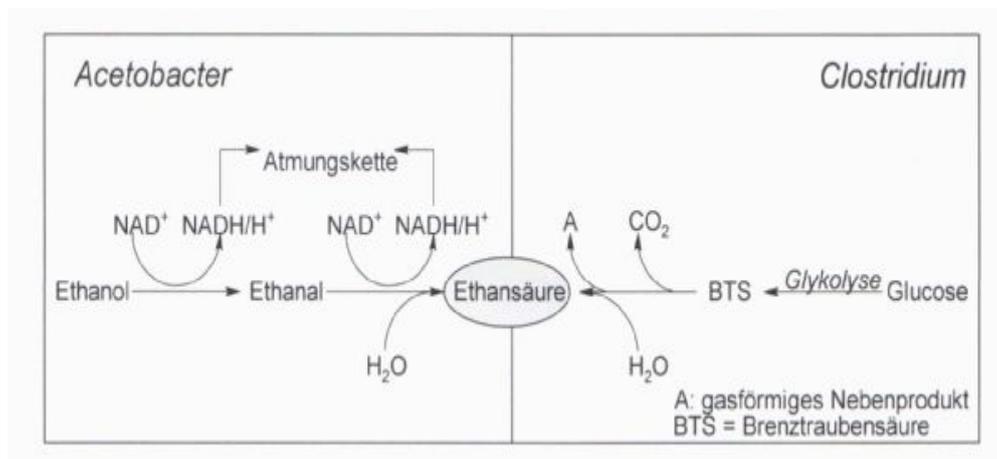


Abb. 3: Ethansäurebildung bei *Acetobacter* bzw. *Clostridium*

- Ermitteln Sie die Anzahl der ATP-Moleküle, die *Acetobacter* beim Abbau eines Ethanol-Moleküls zu Ethansäure gewinnt! Vergleichen Sie diese mit der Anzahl der ATP-Moleküle, die eine Hefezelle unter aeroben Bedingungen beim vollständigen Abbau eines Moleküls aktivierter Essigsäure bildet! [7 BE]
- 2.2 Formulieren Sie die Bruttogleichung für die Glykolyse! Geben Sie die Strukturformeln von Brenztraubensäure und Ethansäure an und ermitteln Sie das in Abbildung 3 angegebene gasförmige Produkt A, das von *Clostridium* als Nebenprodukt der Essigsäuregärung gebildet wird! Für die beteiligten Coenzyme können die üblichen Abkürzungen verwendet werden. [6 BE]

2010 C2

Das Bierbrauen hat in Deutschland eine lange Tradition. Die Erzeugung eines „besonderen Gerstensaftes“ im bayerischen Geisenfeld in der heutigen Hallertau wurde 736 erstmals urkundlich erwähnt. Das bayerische Reinheitsgebot von 1516, nach dem ausschließlich Gerste, Hopfen und

Wasser für den Brauvorgang verwendet werden dürfen, ist eine der ältesten lebensmittelrechtlichen Verordnungen.

- 1 Zur Herstellung von Malz wird hauptsächlich Gerste als Getreide verwendet. Beim Maischen, einem Teilprozess der Bierherstellung, wird die in den Getreidekörnern enthaltene Stärke mithilfe des Enzyms Amylase hydrolytisch zu Maltose gespalten. Führt man das Maischen in drei verschiedenen Versuchen bei unterschiedlichen Temperaturen unter sonst gleichen Bedingungen durch, so lassen sich nach jeweils der gleichen Zeit unterschiedliche Mengen an Stärke und Maltose (Malzzucker) in der Maische nachweisen.

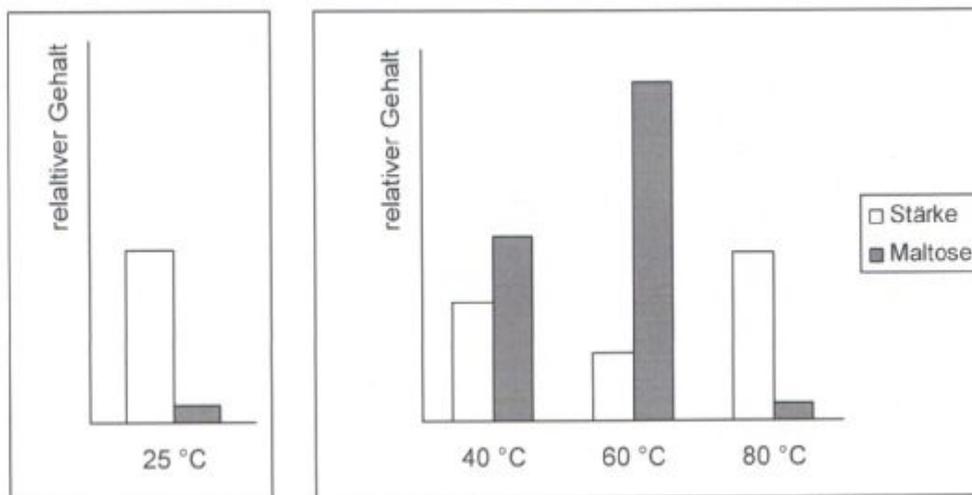


Abb. 1: Relativer Gehalt an Stärke bzw. Maltose vor dem Maischen (links) und 30 Minuten nach Beginn des Maischens (rechts)

Erläutern Sie den im Diagramm dargestellten Zusammenhang zwischen der Temperatur beim Maischen und dem relativen Gehalt an Stärke und Maltose in der Maische! [7 BE]

- 2 Nach dem Maischen wird der entstandene Sud gereinigt, mit Hopfen und der zur Gärung erforderlichen Hefe versetzt. Nach Hydrolyse der Maltose durch die Hefe verläuft der weitere Abbau der gebildeten Glucose unter aeroben bzw. anaeroben Bedingungen unterschiedlich. Um dies zu untersuchen, wurde eine Glucoselösung mit Hefezellen versetzt und dieses Gemisch auf zwei Versuchsansätze A und B aufgeteilt. Unter sonst gleichen Bedingungen wurde einer der Versuchsansätze belüftet, der andere luftdicht verschlossen.

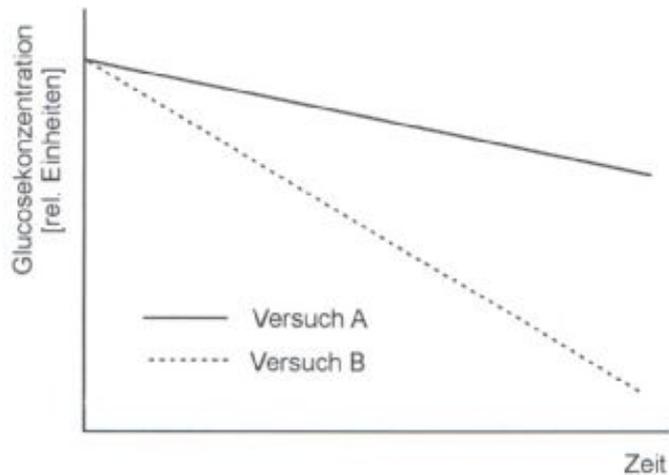


Abb. 2: Glucosekonzentration in Abhängigkeit von der Zeit

Geben Sie die Bruttogleichungen für den aeroben und den anaeroben Abbau der Glucose unter Einbeziehung der Energiebilanzen an und erläutern Sie, welcher der beiden Versuche unter aeroben und welcher unter anaeroben Bedingungen durchgeführt wurde! Es kann davon ausgegangen werden, dass Anzahl und Aktivität der Hefezellen in beiden Versuchsansätzen gleich bleiben. [8 BE]

2011/A2

Die Assimilation bei der Photosynthese grüner Pflanzen und die Dissimilation bei der Zellatmung sind gegenläufige Prozesse, bei denen auf der Erde pro Jahr ca. 400 Gigatonnen Kohlenstoff umgesetzt werden.

- 1 Das Photosyntheseprodukt Glucose kann unter aeroben oder unter anaeroben Bedingungen abgebaut werden.
 - 1.1 Formulieren Sie die Bruttogleichung für den aeroben Abbau von Glucose bei der Zellatmung! Erläutern Sie anhand der Oxidationszahlen das chemische Prinzip der Dissimilation! [5 BE]
 - 1.2 Im Muskelgewebe des Menschen kann Glucose auch unter anaeroben Bedingungen abgebaut werden. Beschreiben Sie unter Mitverwendung von Strukturformeln die wesentlichen Schritte dieses anaeroben Glucoseabbaus und benennen Sie Zwischen- und Endprodukte! Für die beteiligten Coenzyme ist die übliche Kurzschreibweise zu verwenden. [8 BE]