

Lösungsschlüssel Fragentyp D:

A: 1,2,3

B: 1,3

C: 2,4

D: 4

E: alle

### Frage 1, Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen ist (sind) richtig?

1. Nur die Zellwand grampositiver Bakterien besitzt als wesentliches Bauelement Peptidoglycan (Murein).
2. Murein besteht aus Heteropolysaccharidketten, die mit Hilfe von Peptiden quervernetzt sind.
3. Bei der Muraminsäure handelt es sich um eine Ketoheptose.
4. Lysozym spaltet beta-1,4-glycosische Bindungen des Mureins und wird im Blut und Körpersekreten gefunden.

### Kommentar

(1)

Murein stammt vom lateinischen ab und bedeutet Wand. Es kommt in der Zellwand der Bakterien vor, hierbei ist es allerdings irrelevant ob diese Gram-Positiv, oder Gram-Negativ sind. Bei der Gramfärbung färbt man Bakterienkolonien zunächst mit einem blauen Farbstoff an, anschließend versucht man diesen wieder herauszuwaschen und färbt mit einem roten Farbstoff gegen. Nun erscheinen die Bakterien entweder rot, oder aber rot-blau.

Die roten Bakterien sind die Gram-Negativen Bakterien (hier konnte durch den Waschschrift die blaue Farbe herausgewaschen werden).

Die rot-blauen Bakterien hingegen sind Gram-Positiv (hier ist das Blau aus der ersten Färbung erhalten geblieben und der Waschschrift zeigte keine Wirkung).

Biologisch betrachtet beruht das ganze auf einem unterschiedlichen Aufbau der Bakterien.

Gram-Negative Bakterien haben zwei Zellmembranen und zwischen diesen beiden Membranen findet sich eine dünne Zellwand.

Gram-Positive Bakterien haben nur eine Zellmembran (innen) und außen eine dicke(!) Zellwand. Die Farbstoffe färben die Zellwände und können aus der dünnen Wand wieder herausgewaschen werden. Bei der dicken Zellwand der Gram-Positiven Bakterien gelingt dies nicht. (1) stimmt daher nicht

(2)

Heteropolysaccharide sind Zuckermoleküle, welche aus verschiedenartigen Zuckern aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den Heteropolysacchariden gibt es noch Homopolysaccharide, welche nur aus einer Art Zuckermonomere aufgebaut sind.

Glykogen wäre beispielsweise ein Homopolysaccharid (es besteht nur aus Glukose).

Murein besteht aus N-Acetylmuraminsäure und N-Acetylglukosamin, welche abwechselnd 1,4-Glykosidische Bindungen eingehen und damit das „Rückrat“ des Mureins bilden. Zwischen zwei N-Acetylmuraminsäuremolekülen erfolgt zusätzliche noch eine Vernetzung durch ein Oligopeptid, so dass eine Quervernetzung über Peptide ebenfalls zutrifft. (2) ist also richtig.

(3)

Eine Ketoheptose wäre ein Monosaccharid, welches 7 C-Moleküle, sowie eine Ketogruppe (C=O Doppelbindung innerhalb des Moleküls; H-C=O in endständiger Position wäre eine Aldehydgruppe) enthält.

Muraminsäure ist allerdings ein Derivat der Glukose.

Glukose wird in unserem Körper oft in so genannte Aminosucker umgewandelt.

Hierzu ersetzt man eine der OH-Gruppen durch eine Aminogruppe (meistens an C2). Macht man dies bei Glukose, so entsteht Glukosamin. Tut man selbiges bei

Mannose, oder Galaktose so entsteht Mannosamin oder Galaktosamin, usw. Im Fall der Muraminsäure benötigt man Glukose. Aus dem Glukosamin wird ein N-Acetyl Glukosamin dadurch, dass man die Aminogruppe Acetyliert. Lässt man nun das C3 Atom mit Laktat (Milchsäure) reagieren, so entsteht N-Acetyl-Muraminsäure, welche Bestandteil des Mureins ist (s.o.). Ohne den Acetylrest spricht man dann nur von der Muraminsäure. (3) ist also falsch, da es keine Ketoheptose, sondern vielmehr das Derivat einer Hexose (6er Zucker) ist.

(4)

Diese Antwort ist absolut richtig. Lysozym ist ein Enzym, welches unser Körper des häufigeren herstellt um uns vor Mikroorganismen zu schützen. Wie oben beschrieben bestehen die Zellwände der Bakterien aus Murein, welches beta 1,4 glykosidische Bindungen ausbildet. Geht man nun her und spaltet genau diese Verbindungen, so löst sich die Zellwand auf und das Bakterium stirbt. Unser Körper produziert Lysozym sowohl im Magen-Darm Trakt, als auch in Schweiß und Tränenflüssigkeiten. Viel

Lysozym kann man im klaren Teil eines Hühnereis finden. Dieses Hühnerlysozym findet man übrigens auch manchmal in Halsschmerztabletten.

Zusammengefasst ist also 2 und 4 richtig! -> Antwort C

## 2. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen ist (sind) falsch?

1. alpha-D-Glucose kann durch eine Epimerase in beta-D-Glucose umgewandelt werden.
2. Unter Mutarotation versteht man die Umwandlung von D-Glucose in L-Glucose
3. Oxidation von D-Glucose am C-Atom 6 ergibt Gluconsäure, die mit schwerlöslichen Stoffen (z.B. Arzneimittel) Ester oder Amide zu deren Ausscheidung bildet.
4. Die Oxidation von L-Glucose am C-Atom 6 ergibt Iduronsäure, ein Bestandteil u. a. des Heparins

### Kommentar

(1)

Glukose tritt sowohl in einer offenkettigen Form, als auch in einer so Ringform auf. Diese beiden Formen von Glukose existieren nebeneinander und stehen im Gleichgewicht, wobei das Gleichgewicht stark auf der Seite der Ringform liegt. In der Ringform reagiert nun die OH-Gruppe des C-5 Atoms mit der Aldehydgruppe des C-1 Atoms und bilden einen Ring. Hierbei entstehen nun wiederum zwei verschiedene Formen. Die so genannte Alpha-Form und die Beta-Form, welche sich in der Stellung der OH Gruppe unterscheiden. OH unten = Alpha. OH oben = Beta. Diese beiden Formen stehen über die offenkettige Form der Glukose miteinander im Gleichgewicht. Eine Umwandlung von der alpha-Form über die offenkettige Form zur beta-Form nennt man Mutarotation.

Epimerasen sind Enzyme, welche Stoffe ineinander umwandeln können, die epimer zueinander sind. Das bedeutet, dass sie sich nur in einem Stereozentrum voneinander unterscheiden. Ein Beispiel wäre die D-Glukose und die D-Galaktose. Anomere C-Atome können Epimerasen nicht herumdrehen, daher ist (1) falsch.

(2)

Die Umwandlung der ringförmigen Glukose von der alpha in die beta-Form heißt Mutarotation, nicht die Umwandlung von D in L- Glukose. (2) Ist also falsch.

(3)

Die Oxidation eines Glukosemoleküls ergibt tatsächlich Gluconsäure, allerdings nur wenn man sie am C-1 Atom oxidiert. Eine Oxidation am C-6 Atom ergibt Glucuronsäure. Zur Ausscheidung von schwerlöslichen Stoffen verwendet unsere Leber dann auch die am C-6 Atom oxidierte D-Glukose, die Glukuronsäure. Schwer lösliche Stoffe wie beispielsweise Steroidhormone werden also von der Leber tatsächlich mit Glukuronsäure verestert und so über die Galle ausgeschieden. Für diese Reaktion im Rahmen der Biotransformation muss die Glukuronsäure zunächst als UDP-Glukuronsäure aktiviert werden. (3) ist also falsch, da Glukuronsäure und nicht Glukonsäure verwendet wird.

(4)

L-Glukose am C-6 Atom oxidiert ergibt tatsächlich Iduronsäure und sie ist auch teil des Heparins, diese Antwort ist also korrekt. (Woher man so was wissen soll ist mir schleierhaft)

**Lösung: C**

### 3. Fragentyp D

Die Glukoneogenese in der Leber kann aus folgendem(n) Stoff(en) erfolgen

1. Glycerin (aus Neutralfetten)
2. Propionyl-CoA
3. Alanin
4. Leucin,

#### Kommentar

(1)

Glycerin aus Neutralfetten ist auf jeden Fall eine gute Möglichkeit in die Glukoneogenese einzusteigen. Da hier die Starkreaktion von Pyruvat zu Phosphoenolpyruvat sogar entfallen kann, spart man wertvolle Energie. In der Leber existiert eine Glycerokinase, welche aus Glycerin Glycerin-3-Phosphat macht. Glycerin-3-Phosphat wird anschließend zum Glyceron-3-Phosphat oxidiert, hierbei fällt noch ein NADPH/H<sup>+</sup> an. Dieser Weg ist sehr praktisch, da im Hungerstoffwechsel ganz viel TAG abgebaut wird und hier jedes mal auch ein Glycerin-Molekül abfällt. Die Leber kann dies für ihre Glukoneogenese also gut gebrauchen. (1) ist richtig

(2)

Propionyl-CoA ist ein Stoff der vor allem aus dem Abbau ungeradzahlicher Fettsäuren entsteht. Geradzahlige Fettsäuren können ohne Komplikationen zu Acetyl-Coa abgebaut werden, Ungeradzahlige gehen den Umweg über Propionyl-CoA. Propionyl-Coa wird nun Biotinabhängig von der Propionyl-CoA Carboxylase zum D-Methyl-malonyl-CoA Carboxyliert. Dieses D-Methyl-Malonyl-CoA wird nun in seine L-Form umgewandelt (von einer Epimerase) und als L-Methyl-Malonyl-Coa von einer Mutase in Succinyl-Coa umgebaut. Succinyl-Coa ist Zwischenprodukt des Cytratzykluses und wird über die Schritte Succinat->Fumarat->Malat->Oxalacetat in die Glukoneogenese eingeschleust. (2) ist also richtig.

(3)

Alanin kann durch eine Transaminase (oder auch Aminotransferase) zu Pyruvat umgewandelt werden, was ja bekanntlich wichtigster Ausgangspunkt für die Glukoneogenese ist. (3) ist richtig

(4)

Leucin ist eine Aminosäure die mit „L“ beginnt. Hiervon gibt es genau zwei Stück, nämlich Leucin und Lysin. Diese beiden Aminosäuren sind die einzigen die rein ketogen sind und direkt zum Acetyl-Coa abgebaut werden. Aus Acetyl-Coa kann man keine Glukose mehr herstellen, daher ist (4) falsch.

Lösung: 1,2,3 waren richtig, 4 falsch – also Antwort A

#### 4. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen ist (sind) f a l s c h?

1. Glycosaminoglycane sind lange Heteroglycane, die aus bis zu zehn verschiedenen Monosacchariden aufgebaut sind
2. Glycoproteine(enthaltene in der Mehrheit der Fälle aminoterminal-gebundene Oligosaccharide)
3. Immunglobuline sind Glycoproteine die über die endständige Monosaccharide ihrer Zuckerketten die antigenen Eigenschaften der Blutgruppen spezifizieren.
4. Zahnplaques, die die Entstehung von Karies fördern, bestehen aus Proteoglycanen.

#### Kommentar

- (1) Glykosaminoglycane sind saure Polysaccharide, welche aus alpha-1,4 Glykosidisch Verknüpften Disacchariden bestehen. Die Disaccharideinheiten bestehen aus einer Uronsäure (Glukuronsäure, oder Iduronsäure) und N-Acetyl-Glukosamin. Glykosaminoglykane spielen in unserem Körper eine wichtige Rolle. Sie sind Bestandteil von extrazellulären Matrixen. Hyaluronsäure ist beispielsweise ein Glykosaminoglykan. Glycosaminoglycane sind also Heteroglycane, bestehen allerdings nicht aus bis zu zehn verschiedenen Monosacchariden, sondern genau aus zwei verschiedenen. (1) ist falsch
- (2) Glykoproteine werden im Endoplasmatischen Retikulum und dem Golgi Apparat hergestellt. Daher sind extrazelluläre Proteine fast immer, intrazelluläre Proteine aber im Prinzip nie Glykosyliert. Als Glykosylierung bezeichnet man den Vorgang indem ein Oligosaccharid an ein Protein gebunden wird. Diese Bindung erfolgt allerdings nicht wie in der Antwortmöglichkeit am N-Terminalen Ende, sondern an den Seitenketten der Aminosäuren. Es gibt sowohl O Glykosidische Glykosylierungen (Serin und Threonin), als auch N-Glykosidische Glykosylierungen (Asparagin).(2) ist falsch.
- (3) Immunglobuline sind Proteine. Die Antigene der Blutgruppen (AB0) sind endständige Saccharide, die Immunglobuline erkennen ihre Antigene aber mit den variablen Teilen der leichten und der schweren Kette. Diese Ketten sind Proteine, keine Glykoproteine.(3) ist falsch.
- (4) Proteoglykane sind Glykoproteinen bei denen der Kohlenhydratanteil überwiegt. Sie spielen eine große Rolle in der extrazellulären Matrix. Karies entsteht allerdings anders. Hauptursache für Karies ist der Erreger Streptococcus mutans, welcher sich in unserer Mundhöhle wiederfindet. Dieser ernährt sich anaerob und stellt so aus Kohlenhydraten Laktat (Milchsäure) her. Diese Milchsäure greift unsere Zähne an. (4) ist falsch.

Alle sind falsch -> Antwort E

## 5. Fragentyp A

Welche Aussage zum Glykogen-Abbau im Skelettmuskel trifft am ehesten zu ?

- A) Er wird durch Glucagon stimuliert.
- B) Er wird durch Insulin stimuliert.
- C) Er wird durch Adrenalin gehemmt.
- D) Er erfolgt - im Unterschied zur Leber - vor allem durch Hydrolyse.
- E) Im Verlauf des Glykogen-Abbaus wird zuerst Glucose-1 -phosphat gebildet.

### Kommentar

- (A) Diese Antwort könnte theoretisch richtig sein, da Glukagon dann ausgeschüttet wird, wenn zu wenig Energie im Blut (in Form von Glukose) herumschwimmt. Da die Muskeln zwar Glykogen abbauen können, die dabei entstehende Glukose allerdings nicht an das Blut abgeben können (sie haben keine Glukose-6-Phosphatase) würde eine Regulation des Glykogen Abbaus durch Glukagon keinen Sinn ergeben. Ein Muskel weiß besser wann er Energie benötigt, als dies die alpha-Zellen des Pankreas tun.
- (B) Insulin wird dann freigesetzt, wenn zu viel Glukose im Blut herumschwimmt, warum also sollte der Muskel nach Insulinausschüttung noch mehr Glukose produzieren. Das Gegenteil passiert, denn Insulin sorgt dafür, dass in Muskel und Fettgewebe die insulinabhängigen Glukosetransporter GLUT 4 eingebaut werden. So nehmen die Muskeln zusätzliche Glukose auf und speichern diese in Form von Glykogen.
- (C) Adrenalin ist ein „Alarmsignal“ unseres Körpers. Wenn wir uns auf eine Flucht vorbereiten wird Adrenalin von unserer Nebenniere ausgeschüttet. Die Muskeln benötigen also viel Energie in Form von Glukose. Eine Hemmung des Glykogenabbaus wäre hier kontraproduktiv. Das Gegenteil ist der Fall.
- (D) Der Glykogenabbau erfolgt in allen Zellen auf die gleiche Art und Weise. Die 1,4-glykosidisch verknüpften Moleküle werden Phosphorylytisch gespalten, die 1,6 glykosydisch verknüpften Verzweigungsstellen hydrolytisch.
- (E) Das ist vollkommend richtig. Die Glykogen Phosphorylase spaltet ein Glukosemolekül nach dem anderen vom Glykogen ab und heftet ein Phosphat an. Es entsteht Glukose-1-Phosphat.

Lösung: E

## 6. Fragentyp A

Welches der genannten Hormone ist ein wichtiger Stimulator der Insulinsekretion

- A) T4
- B) T3
- C) Glucagon
- D) Glucagon-like peptide -1 (GLP-1)
- E) Somatostatin

### Kommentar

- (A) T4 ist das Hormon der Schilddrüse in der biologisch nicht ganz so aktiven Form. Die Schilddrüsenhormone sind wichtig für viele Wachstumsprozesse und sie steigern den Grundumsatz. Mit der Insulinsekretion haben sie nichts zu tun.
- (B) T3 ist ebenfalls das Hormon der Schilddrüse in der biologisch aktivsten Form. Es hat genauso wenig mit der Insulinsekretion zu tun wie T4.
- (C) Glukagon soll den Blutzuckerspiegel im Hungerzustand anheben und wirkt vor allem in der Leber. Es sorgt dafür, dass verstärkt Glukoneogenese und Lypolyse betrieben wird. Insulin sorgt dafür, dass Glukose aus dem Blut verschwindet. Dieser Effekt wäre also kontraproduktiv.
- (D) GLP-1 wird von unserem Darm sekretiert wenn in diesem Nahrungsbrei ankommt. Wenn unser Darm Nahrung bekommt ist es klar, dass kurz später viel Glukose resorbiert wird, daher bereitet das GLP-1 den Körper schon einmal darauf vor und sorgt für eine Insulinsekretion, denn zu viel freie Glukose im Blut ist ungesund.
- (E) Somatostatin hemmt in unserem Körper im Prinzip jeden Prozess, es hemmt sogar seine eigene Sekretion. Bei Insulin macht es da keine Ausnahme.

Lösung: D

## 7. Fragentyp A

Im Rahmen der Diagnostik des akuten Herzinfarktes wird die Aktivität der Kreatinkinase im Serum mit Hilfe eines gekoppelten optischen Tests unter Verwendung der Hilfsenzyme Hexokinase und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase bestimmt.

Es muss außerdem zugegeben werden (neben u.a. Kreatinphosphat, Glucose und NADP):

- A) ADP
- B) ATP
- C) 1,3-Bisphosphoglycerat
- D) Phosphoenolpyruvat
- E) Pyruvat

### Kommentar:

Die Kreatinkinase ist ein Enzym, welches sowohl im Zytosol, als auch im Mitochondrium vorkommt. Im Zytosol regeneriert ADP es aus Kreatinphosphat zum ATP. Diese Reaktion ist enorm wichtig für die Muskulatur bei auftretender anaerober Belastung. Die mitochondriale Kreatinkinase macht aus Kreatin wieder Kreatinphosphat (wenn ATP zur Verfügung steht). Das Gleichgewicht liegt auf der Seite des ATP. Wenn bei einem Herzmuskelschaden also Kreatinphosphat, sowie Kreatinkinase ins Blut übertritt, so ist diese bestrebt zum ATP zu reagieren. Als Substrat benötigt die Kreatinkinase also ADP. Messen kann man allerdings das ATP oder das ADP nicht direkt. Deshalb gibt man Hexokinase, sowie Glukose-6-Phosphat Dehydrogenase dazu. Glukose gibt es im Blut, oder man gibt auch diese noch dazu ☺ Nun gewinnt die Kreatinkinase (die wollen wir ja eigentlich messen) aus dem Kreatinphosphat ATP. Die Hexokinase braucht dieses ATP um aus Glukose Glukose-6-Phosphat zu machen. Dieses Glukose-6-Phosphat wird nun wiederum mittels der Glukose-6-Phosphat-Dehydrogenase oxidiert. In diesem Schritt, der eigentlich dem Pentosephosphatweg angehört – entsteht nun endlich ein Reduktionsäquivalent was sich im Photometer messen lässt, nämlich NADPH/H<sup>+</sup>.

Lösung A

### 8. Fragentyp A

Ordnen Sie nachstehend genannte Enzyme in der funktionell richtigen Reihenfolge beim Abbau von Glucose an!

1. Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase
2. Pyruvatkinase
3. Aldolase
4. Enolase
5. Hexokinase

- A) 1-2-3-4-5
- B) 2-4-1-5-3
- C) 3-5-1-4-2
- D) 5-3-4-1-2
- E) 5-3-1-4-2

### Kommentar

Hier gibt es wenig zu kommentieren. Man muss einfach den Zyklus können.

Lösung E ist richtig.

### 9. Fragentyp A

entfällt, da das Bild fehlt.

### 10. Fragentyp A,

Welche Verbindung dient als Wasserstoffakzeptor bei der anaeroben Glykolyse?

- A) Pyruvat
- B) FAD
- C) Lactat
- D) Glycerinaldehyd-3-phosphat (Glycerol-3-phosphat)
- E) Acetat

### Kommentar

Das Endprodukt der Glykolyse ist immer Pyruvat. Was allerdings mit dem Pyruvat passiert ist abhängig von der Stoffwechselsituation. Ist genügend Sauerstoff vorhanden (aerobe Stoffwechsellage), so läuft die Atmungskette auf Hochtouren und das Pyruvat wird über die Pyruvat Dehydrogenase in den Citratzyklus eingeschleust. Die dort entstehenden Reduktionsäquivalente werden in der Atmungskette zur ATP Gewinnung genutzt. Ist nun nicht genügend Sauerstoff vorhanden (anaerobe Stoffwechsellage), so entsteht das Problem, dass bei der Glykolyse  $\text{NAD}^+$  verbraucht wird (es wird zu  $\text{NADH}/\text{H}^+$  reduziert). Die Glykolyse kann also nur ablaufen bis kein  $\text{NAD}^+$  mehr vorhanden ist. Um dieses Problem zu umgehen besitzt unser Körper die Laktatdehydrogenase, welche aus dem Pyruvat Laktat herstellt und damit aus  $\text{NADH}/\text{H}^+$  wieder  $\text{NAD}^+$  macht. Die Wasserstoffionen tauchen also am Ende im Laktat auf, aber Vorsicht! Akzeptor ist natürlich das Pyruvat, denn erst dadurch, dass Pyruvat die Ionen aufnimmt entsteht das Laktat.

Lösung A

## 11. Fragentyp A

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) n i c h t zu?

- A) Milchzucker besteht aus Glucose und Galactose.
- B) Galactose ist ein Epimer der Mannose.
- C) Epimere Kohlenhydrate können im menschlichen Körper nach Aktivierung (z.B. durch Anhängen eines UDP-Restes) mit Hilfe von Epimerasen ineinander umgewandelt werden.
- D) Chondroitinsulfate zählen zu den Heteroglycanen und sind Bestandteil des Knorpels.
- E) Zahnplaques enthalten als wesentlichen Bestandteil bakteriell gebildete Dextrane, die zu den Homopolysacchariden zählen.

### Kommentar

(A)

Ist richtig. Das muss man einfach lernen.

Weitere wichtige Disaccharide sind:

Maltose, Malzzucker – Glukose, Glucose (alpha 1,4)

Saccharose, Rohrzucker – Glukose, Fruktose

Laktose, Milchzucker – Glukose, Galaktose

(B)

Hier helfen die Merksprüche

Ta-Tü-Ta-Ta (Glukose),

Ta-Tü-Tü-Ta (Galaktose),

Tü-Tü-Ta-Ta (Mannose)

Zwei stoffe sind Epimere, wenn sie sich an nur einem Stereozentrum unterscheiden.

Galaktose und Mannose unterscheiden sich am C-Atom 2 und 4. Damit sind sie keine Epimere. Am Rande: zur Glukose sind beides Epimere.

(C)

Das ist richtig.

(D)

Zur Wiederholung Heteroglykane sind Verbindungen aus verschiedenen Zuckerderivaten.

Chondroitin besteht aus N-Acetyl-Galaktosamin und Glukuronsäure, wobei das N-Acetyl-Galaktosamin sulfatiert ist.

(E)

Dextrane bestehen nur aus Glukosebestandteilen und zählen damit zu den Homoglykanen.

Lösung: B

## 12. Fragentyp

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) zu?

1. Schweine können im Gegensatz zu Menschen aus Glucuronsäure Ascorbinsäure synthetisieren.
2. Da Glucuronsäure nur für die Ascorbinsäure-Synthese benötigt wird, kommt sie im menschlichen Körper praktisch nicht vor.
3. Der Umsatz von Glucose über den Hexosemonophosphatweg dient u. a. der Bereitstellung von NADPH.
4. Bei der nichtenzymatischen Glycierung von Proteinen reagiert eine alkoholische OH-Gruppe der Glucose mit einer Aminogruppe in Proteinen.

### Kommentar

(1)

Das stimmt tatsächlich, Säugetiere können Vitamin C synthetisieren, uns Menschen und den Meerschweinchen fehlt allerdings das passende Enzym hierzu, weshalb Ascorbinsäure für uns ein Vitamin (Vitamin C) ist.

(1) ist richtig.

(2)

Glucuronsäure ist sehr wichtig für uns Menschen. Sie kommt sowohl in vielen Glycosaminoglykanen, als auch als Substrat der Biotransformation in der Leber vor.

(2) ist falsch

(3)

Das ist richtig. Im Hexosemonophosphatweg wird anstelle von NAD<sup>+</sup> immer NADP<sup>+</sup> reduziert. Eine weitere Möglichkeit für die Zellen NADPH/H<sup>+</sup> herzustellen ist das Malat-Enzym. Hier wird Malat oxidativ Decarboxyliert und es entsteht Pyruvat und CO<sub>2</sub>. Coenzym ist hier entsprechend auch NADP<sup>+</sup>

(3) ist richtig.

(4)

Das ist quatsch. Glykosylierung in unseren Zellen passiert immer enzymatisch.

(4) ist falsch.

Lösung B

### 13. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) zu?

1. Glucose-6-phosphat kann aus Glucose oder Glucose-1-phosphat gebildet werden.
2. Beim Abbau des Glycogens werden die (1-4)-verknüpften Glycosylreste hydrolytisch gespalten.
3. Das Gleichgewicht zwischen Glucokinase und Glucose-6-Phosphatase ist für den Glucose-6-Phosphat-Spiegel der Hepatocyten entscheidend.
4. Die biotinabhängige Carboxylierung von Acetat zu Pyruvat ist Teil der Gluconeogenese.

#### Kommentar

- (1) Das ist richtig. Glukose-6-Phosphat wird von der Hexokinase oder der Glukokinase aus freier Glukose gebildet, sobald diese über Glukosetransporter die Zelle betreten haben. Glukose-1-Phosphat entsteht beim Glykogenabbau und wird ebenfalls zu Glukose-6-Phosphat umgebaut, denn nur so kann es weiterverwendet werden. (1) ist richtig.
- (2) Das ist falsch. Die 1-4 glykosidischen Bindungen werden von der Glykogen Phosphorylase auch phosphorylytisch gespalten. Es entsteht Glukose-6-Phosphat. Die 1-6 glykosidischen Bindungen an den Verzweigungsstellen werden vom debranching enzyme hydrolytisch gespalten und es entsteht freie Glukose. (2) ist falsch.
- (3) Glukokinase phosphoryliert die Glukose und Glukose-6-Phosphatase dephosphoryliert diese. Die Glukose-6-Phosphatase liegt zwar im ER, aber hier stellt die Membran keine ernste Barriere dar, denn sonst würde die Glukoneogenese nicht funktionieren. (3) ist also richtig.
- (4) Acetat kann in unserem Körper nicht Carboxyliert werden. In der Glukoneogenese wird Pyruvat biotinabhängig zu Oxalacetat Carboxyliert. Das zuständige Enzym ist die Pyruvat Carboxylase. (4) ist falsch.

Lösung: 1,3 ist richtig – also B

#### 14. Fragentyp A

entfällt, da das Bild nicht verfügbar ist.

#### 15. Fragentyp A

Welche der folgenden Aussagen trifft n i c h t zu?

- A) Glucose und Galactose sind Epimere.
- B) Glucose und Mannose sind Epimere.
- C) Epimere Kohlenhydrate können im menschlichen Körper nach Aktivierung (durch Anhängen eines UDP-Restes) mit Hilfe von Epimerasen ineinander umgewandelt werden.
- D) Chondroitinsulfate zählen zu den Homopolysacchariden und sind u.a. Bestandteil der mitochondrialen Membran.
- E) Zahnplaques enthalten als wesentlichen Bestandteil bakteriell gebildete Dextrane, die zu den Homopolysacchariden zählen.

#### Kommentar

- (A) Ta-Tü-Ta-Ta und Ta-Tü-Tü-Ta unterscheiden sich nur am C4 Atom, sie sind also Epomere
- (B) Ta-Tü-Ta-Ta und Tü-Tü-Ta-Ta sind ebenfalls Epimere, sie unterscheiden sich an C2.
- (C) Das ist richtig.
- (D) Chondroitinsulfat kommt vor allem im Knorpel vor und zählt nicht zu den Homopolysacchariden. Da es aus N-Acetyl-Galaktosamin und Glukuronsäure besteht zählt es zu den Heteropolysacchariden
- (E) Dextran besteht ausschließlich aus Glukosemolekülen, damit ist es ein Homopolysaccharid.

Lösung: D

## 16. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) n i c h t zu?

1. Die Resorption von Glucose im Darm wird durch einen im Bürstensaum der Mucosazellen befindlichen natriumabhängigen Glucosetransporter bewirkt.
2. Gluconsäure kann im Gegensatz zu Glucuronsäure keine glycosidische Bindung mehr eingehen.
3. Die Glycierung von Proteinen verläuft nicht enzymatisch, wobei die Aldehydgruppe der Glucose mit einer Aminogruppe in Proteinen reagiert.
4. Der Umsatz von Glucose über den Polyolweg dient u. a. der Bereitstellung von FADH<sub>2</sub>.

### Kommentar:

(1)

Das stimmt. Die Resorption von Glukose erfolgt tatsächlich im Symport mit Na<sup>+</sup>.

(1) ist richtig

(2)

Glykosidische Bindungen bestehen immer aus einer anomeren OH Gruppe und einer OH-Gruppe eines anderen Zuckers, oder einer Aminogruppe. Wenn man Glukose am C-1 Atom oxidiert entsteht Gluconsäure, welche nicht mehr als Halbacetal vorliegen kann. Damit gibt es auch keine anomere OH Gruppe mehr und damit keine glykosidischen Bindungen.

(2) ist also richtig.

(3)

Als Glycierung bezeichnet man den Prozess bei welchem Proteine mit Kohlenhydraten geschmückt werden. Die Glycierung erfolgt tatsächlich nicht enzymatisch. Im Gegensatz hierzu steht die Glykosylierung. Diese erfolgt enzymatisch im Endoplasmatischen Retikulum. Die Oligosaccharide gehen dabei glykosidische Verbindungen zu Aminogruppen, oder OH Gruppen ein. Diese OH Gruppen gehören zu den Seitenketten der Aminosäuren. Da die Glycierung nicht kontrolliert wird, ist sie Ursache für verschiedene Krankheiten. Unter anderem beim Diabetes Mellitus ist es ein Problem, wenn die viele freie Glukose anfängt unkontrolliert in irgendwelche Enzyme reinzufunken.

(3) ist richtig.

(4)

Der Polyolweg bezeichnet eine Reaktion von Glukose zu Fruktose, welche über Sorbit läuft. Hierbei werden als Coenzyme NADPH/H<sup>+</sup> (Aldose Reduktase) und NAD<sup>+</sup> (Sorbit Dehydrogenase) benötigt.

(4) ist falsch

Lösung: D

### 17. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) zu?

1. Glucose-6-phosphat entsteht in unserem Körper ausschließlich durch Phosphorylierung von Glucose durch Glucokinasen (incl. der Hexokinase).
2. Beim Abbau des Glycogens werden die (1-6)-verknüpften Glycosylreste hydrolytisch gespalten.
3. Das Gleichgewicht zwischen Glucose-1-Phosphatase und Glucose-6 Phosphatase ist für den Glycogenspiegel der Hepatocyten entscheidend.
4. Die biotinabhängige Carboxylierung von Pyruvat zu Oxalacetat ist Teil der Gluconeogenese.

#### Kommentar:

(1)

Das stimmt nicht, denn beispielsweise kann Glukose-6-Phosphat auch aus der Glukoneogenese hervorgehen. Oder aber beim Glykogenabbau entsteht Glukose-6-Phosphat aus Glukose-1-Phosphat. (1) ist falsch

(2)

Das ist richtig. Das debranching Enzyme spaltet die Querverbindungen (1-6 glykosidisch) hydrolytisch. Dabei entsteht freie Glukose (2) ist richtig.

(3)

Eine Glukose-1-Phosphatase ist mir nicht bekannt, aber selbst wenn würde sie aus Glukose-1-Phosphat Glukose und anorganisches Phosphat machen. Glukose-6-Phosphatase mach selbiges mit Glukose-6-Phosphat. Ein Gleichgewicht gibt es hierbei nicht. (3) ist falsch.

(4)

Das ist richtig. Diese Reaktion findet im Mitochondrium statt. Biotin wurde vorher ATP abhängig mit einer Carboxylgruppe beladen. (4) ist richtig.

Lösung: C

### 18. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) nicht zu

1. Glucose und Fructose sind Epimere und können im menschlichen Körper durch das Enzym UDP-Glucose-Epimerase ineinander umgewandelt werden
2. Transketolasen werden auch im Citratcyclus benötigt und haben als "Prosthetische Gruppe" Thiaminpyrophosphat, weshalb Vitamin B1-Mangel (z.B. bei Alkoholikern) zu schweren Gesundheitsstörungen führt.
3. Auf dem Hexosemonophosphat-Weg (Pentosephosphatweg) wird Glucose-6-Phosphat durch Transketolasen in Ribose-5-Phosphat umgewandelt.
4. Heparin bzw. Heparansulfat ist Bestandteil von Proteoglycanen und dient u.a. dazu, die extrazelluläre Lipoproteinlipase auf der Außenseite der Plasmamembran zu verankern.

#### Kommentar:

(1)

Fructose besitzt durch seine Ketogruppe ein Chiralitätszentrum weniger, damit sind Glucose und Fructose keine Epimere. (1) ist falsch.

(2)

Transketolasen werden im nicht-oxidativen Teil des Pentosephosphatwegs benötigt, um aus der Ribose wieder Zwischenprodukte der Glykolyse herzustellen. Thiaminpyrophosphat ist prosthetische Gruppe bei der PDH und der alpha-Ketoglutarat-Dehydrogenase. (2) ist falsch.

(3)

Im Hexosemonophosphatweg oder Pentosephosphatweg wird Glucose-6-Phosphat zwar zu Ribose-5-Phosphat umgebaut, dies erfolgt jedoch oxidativ. Transketolasen werden erst im zweiten Teil des Hexosemonophosphatwegs benötigt, wenn es darum geht, Ribose-5-Phosphat wieder in den Energiestoffwechsel einzuschleusen. (3) ist falsch.

(4)

Das ist richtig. Heparansulfat ist ein Glykosaminoglykan, welches aus Uronsäuren und D-Glukosamineinheiten besteht. (4) ist richtig.

Lösung: A

### 19. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) nicht zu?

1. Glukonsäure kann im Körper an schwerlösliche Stoffe z.B. Bilirubin, Steroidhormone) gekoppelt werden, um deren Wasserlöslichkeit zu erhöhen.
2. Die OH-Gruppe am anomeren Kohlenstoffatom der Glucopyranose kann nur enzymatisch von der alpha- in die beta-Stellung gebracht werden.
3. Bei Diabetikern ist der verstärkte Umsatz von Glucose über den Hexosemonophosphat – Weg mitverantwortlich für die Spätfolgen (z.B. Mikroangiopathien) dieser Krankheit.
4. Die einzelnen Mitglieder der so genannten Glukosetransporter (Glut) -Familie unterscheiden sich durch ihre Affinität zu Glucose und werden gewebsspezifisch exprimiert.

#### Kommentar:

- (1) Einen ähnlichen Mechanismus betreibt die Leber tatsächlich, allerdings nicht mit Glukonsäure, sondern mit Glukuronsäure. (1) ist falsch.
- (2) Das stimmt nicht. Die alpha und die beta Form stehen über die offenkettige Form im Gleichgewicht. Eine Umwandlung von der alpha in die beta Form bezeichnet man Mutarotation. (2) ist falsch.
- (3) Bei Diabetikern besteht das Problem darin, dass sie zu hohe Blutglukosespiegel haben. Der Hexosemonophosphatweg spielt sich bereits innerhalb der Zellen ab. Hier gibt es keine Korrelation (3) ist falsch.
- (4) Das ist richtig. Die Grundversorgung übernehmen die GLUT 1 und GLUT 3 mit hoher Glukoseaffinität. GLUT 2 exprimieren die Leberzellen und die B-Zellen des Pankreas. Diese haben einen sehr hohen Km Wert. GLUT 4 exprimieren Fett- und Muskelzellen, diese sind Insulinabhängig und werden nur in Anwesenheit von Insulin in die Membran eingebaut. (4) ist richtig.

Lösung: A

## 20. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) zu?

1. Bei der Bildung von Glucose aus Glucose-6-phosphat wird der Phosphatrest auf ADP übertragen.
2. Das Gleichgewicht zwischen Glucokinase und Glucose-6-Phosphatase ist für den Glucose-6-phosphat-Spiegel der Hepatocyten entscheidend.
3. Beim Abbau des Glycogens werden die (1-4)-und (1-6)-verknüpften Glycosylreste phosphorolytisch gespalten.
4. Ein Glucose-6-phosphat-Dehydrogenasemangel ist Ursache des Favismus.

### Kommentar:

- (1) Das ist falsch. Die Phosphoryllierung eines Glukosemoleküls benötigt zwar ATP (Hexokinase, oder Glukokinase), die umgekehrte Reaktion von Glukose-6-Phosphat zur freien Glukose verläuft allerdings Phosphoryllitisch. Hierbei wird keine Energie in Form von ATP konserviert. Sonst wäre das Enzym auch eine Kinase und keine Phosphatase. (1) ist falsch
- (2) Das ist richtig, denn die Glukose-6-Phosphatase macht aus Glukose-6-Phosphat freie Glukose. Die Glukokinase katalysiert die umgekehrte Reaktion. Wichtig zu wissen ist noch, dass die Glukose-6-Phosphatase nur in Leber, Darm und Nierenzellen zu finden ist. Sie ist im ER lokalisiert. (2) ist richtig.
- (3) Das ist nicht richtig. Die linearen Ketten des Glykogens (1-4 verknüpft) werden von der Glykogenphosphorylase phosphoryllitisch gespalten und es entsteht Glukose-1-Phosphat. Die Verzweigungsstellen (1-6) verknüpft werden vom debranching Enzyme hydrolytisch gespalten und es entsteht freie Glukose. (3) ist falsch.
- (4) Das stimmt tatsächlich. Ein Glukose-6-Phosphat Dehydrogenasemangel macht sich im Pentosephosphatweg bemerkbar, denn die Glukose-6-Phosphat Dehydrogenase ist das Schlüsselenzym dieses Stoffwechselwegs. Die Folge eines solchen Mangels ist, dass dem Organismus nicht genügend NADPH/H<sup>+</sup> zur Verfügung steht und er somit nicht in der Lage ist das Glutathiondisulfid zu regenerieren. Dies führt dazu, dass Erythrozyten durch oxidativen Stress zerstört werden und damit zu einer hämolytischen Anämie. (4) ist richtig.

Lösung: C

## 21. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen über Kohlenhydrate bzw. Zuckerverbindungen ist sind ( f a l s c h )?

1. Nukleotide enthalten im Gegensatz zu Disacchariden keine glykosidische Bindung
2. D-Mannose und D-Glukose sind Enantiomere
3. Unter Mutarotation versteht man die Umwandlung von z.B. D-Glukose in L-Glukose
4. Bei der D-Glukopyranose handelt es sich um ein Halbacetal

### Kommentar:

- (1) ist falsch. Nukleotide sind Verbindungen aus einer Pentose, einem Phosphatrest und einer Purin- oder Pyrimidinbase. Das zentrale Atom hierbei ist die Pentose (Ribose oder 2-Desoxyribose), an ihr ist am C-Atom 1 die Base über eine N-Glykosidische Bindung gebunden. Am C-Atom 5 findet man den Phosphatrest, welcher über eine Esterbindung mit der Pentose verbunden ist. Disaccharide werden O-Glykosidisch verbunden. (1) ist falsch.
- (2) Das ist falsch. Enantiomere sind Moleküle, welche sich wie Bild und Spiegelbild verhalten. D-Glukose und D-Mannose sind aber Epimere (sie unterscheiden sich in genau einem Chiralitätszentrum). (2) ist falsch.
- (3) Mutarotation bezeichnet man die Umwandlung von der alpha-Halbacetalform der Glukose in die beta-Halbacetalform der Glukose. (3) ist falsch.
- (4) Das ist richtig. Pyranose steht für einen 6er Ring, also ein ringförmiges Molekül, das 6-Ecken besitzt. Die Glukose geht in Lösung eine intramolekulare Bindung zwischen der OH-Gruppe an C-Atom 5 und der Aldehydgruppe an C-Atom 1 ein und bildet somit einen 6er Ring. Die Bindung ist eine Halbacetalbindung. Verbindet sich das Molekül nun weiter mit einem gleichwertigen Molekül beispielsweise zu einem Disaccharid, so bezeichnet man diese Bindung als Glykosidische Bindung und sie hat den Charakter eines Vollacetals. (4) ist richtig.

## 22. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen über Glukose ist (sind) richtig?

Aus Glukose entsteht:

1. durch Oxidation am C-Atom 6 Glukuronsäure
2. durch Reduktion am C-Atom 1 Sorbitol
3. durch Oxidation am C-Atom 1 Glukonolacton bzw. Glukonsäure
4. auf dem Polyolweg Fruktose

### Kommentar:

(1)

Das ist richtig. Man kann Glukose an zwei Stellen oxidieren, zum einen am C-1 Atom, dann entsteht Glukonsäure, oder aber am C-6 Atom wodurch Glukuronsäure entsteht. Die Glukuronsäure ist für unseren Mechanismus – besonders für unsere Leber – die weitaus wichtigere, da sie im Rahmen der Biotransformation hilft schwer lösliche Stoffe (Steroidhormone, Pharmaka, etc.) auszuscheiden. (1) ist richtig.

(2)

Sorbitol ist ein Alkohol mit 6-C Atomen. Die Glukose unterscheidet sich von diesem nur am C-Atom 1, da sie hier eine Aldehydgruppe besitzt. Reduziert man nun diese Aldehydgruppe, so erhält man Sorbitol. Sorbitol kann im Körper zu Fruktose umgewandelt werden und ist besonders für Diabetiker ein wichtiger Ersatzzucker. (2) ist richtig.

(3)

Siehe Kommentar zu (1). Glukonsäure liegt unter physiologischem pH dissoziiert vor und heißt dann Glukonolaktone. (3) ist richtig.

(4)

Auch das stimmt. Glukose kann von der Aldolase-Reduktase zu Sorbitol und vom Sorbitol über die Sorbitol Dehydrogenase weiter zur Fruktose umgebaut werden. Die Aldolase Reduktase benötigt NADPH/H<sup>+</sup> als Coenzym. Die Sorbitol Dehydrogenase NAD<sup>+</sup>. (4) ist richtig.

Lösung: E

### 23. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen ist (sind) richtig?

1. unter Sauerstoffmangel wird Glukose im Muskel nur bis zu Acetyl -CoA abgebaut.
2. Acetyl -CoA kann vom Muskel zur Leber transportiert und dort zur Glukoneogenese herangezogen werden.
3. Die durch die Glucokinase, im Gegensatz zur Hexokinase, katalysierte Reaktion ist unter physiologischen Bedingungen umkehrbar.
4. UDP-Galactose kann im menschlichen Körper durch das Enzym UDP-Galactose-4-Epimerase in UDP-Glukose umgewandelt werden.

#### Kommentar:

(1)

Das ist falsch. Endprodukt der Glykolyse ist immer Pyruvat. Der weitere Weg des Pyruvats lässt sich allerdings tatsächlich in einen aeroben Weg und einen anaeroben Weg unterteilen. Ist genügend Sauerstoff vorhanden (aerob), so wird das Pyruvat oxidativ zu Acetyl-CoA Decarboxyliert und geht in den Citratzyklus ein. Fehlt der Sauerstoff (anaerob), so muss schnellstmöglich das für die Glykolyse benötigte Coenzym NAD<sup>+</sup> wieder regeneriert werden. In diesem Fall dient Pyruvat als Wasserstoffakzeptor und wird von der Laktat Dehydrogenase zu Laktat reduziert. Unter Sauerstoffmangel entsteht als Laktat und nicht Acetyl-Coa. (1) ist falsch.

(2)

Das ist falsch. Acetyl-CoA hat nur noch zwei C-Atome. Solche so genannten C-2 Körper können von unserem Organismus nicht wieder zur Glukose aufgebaut werden. (2) ist falsch.

(3)

Die beiden Enzyme katalysieren die gleiche Reaktion, welche nicht umkehrbar ist. Sie sind Isoenzyme und unterscheiden sich lediglich in ihrem Km Wert, also in ihrer Affinität zur Glukose. (3) ist falsch.

(4)

Glukose und Galaktose sind Epimere. Epimerasen sind genau dazu da Epimere ineinander umzuwandeln, damit ist (4) richtig.

Lösung: D

## 24. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen trifft (treffen) zu?

1. Die Leber ist das einzige Organ, das Fruktose effizient abbauen kann.
2. Sogenannte Glukosetransporter (Glut) ermöglichen die Diffusion von Glukose durch die Zellmembran gegen ein Konzentrationsgefälle.
3. Die Synthese von Fruktose in den Testes ist Testosteron-abhängig, weshalb der Fruktosegehalt des Spermas auf den Testosteronspiegel schließen lässt.
4. Im ersten Teil des Hexosemonophosphat -Wegs (Pentosephosphatweg) findet eine Reduktion, von Glukose zu Ribose statt, wobei NADP<sup>+</sup> gebildet wird.

### Kommentar:

(1)

Das ist richtig. In Der Leber wird die Fruktose über GLUT 5 in die Zellen aufgenommen und dort zu Fruktose-1-Phosphat phosphorylliert. Fruktose-1-Phosphat wird von einer Aldolase in Glyceron-3-Phosphat und Glycerol gespalten. Glycerol kann nun von einer Triosekinase zu Glycerol-3-Phosphat phosphorylliert werden, wodurch zwei Zwischenprodukte der Glykolyse entstanden wären. Auch in anderen Zellen kann Fruktose abgebaut werden. Da diese jedoch keine Fruktokinase besitzen verläuft die Reaktion sehr viel ineffizienter über die Hexokinasen. (1) ist also richtig.

(2)

Glukosetransporter ermöglichen den Transport von Glukose, allerdings nicht gegen ein Konzentrationsgefälle, sondern nur mit diesem. Um gegen ein Konzentrationsgefälle zu arbeiten müsste man Energie aufbringen. (2) ist falsch.

(3)

Das ist richtig. Die gesamte Spermatogonese ist in gewissem Maße Testosteron abhängig. Die meiste Fruktose wird allerdings in den Samenblasen produziert und nicht in den Testes selbst. Die Flüssigkeit der Samenblasen (mit der Fruktose) machen ca. 70% des Ejakulats aus. (3) ist trotzdem richtig.

(4)

Das ist Quatsch. Man kann den Hexosemonophosphatweg tatsächlich in zwei Teile unterteilen. Den oxidativen Teil und den nichtoxidativen teil. Im Oxidativen ersten(!) Teil wird NADPH/H<sup>+</sup> gebildet. (4) ist falsch.

Lösung: B

## 25. Fragentyp A

Die Glycogenspeicherkrankheit vom Typ I(v. Gierke) ist bedingt durch einen

- A) hohen Anteil an Kohlenhydraten in der Nahrung.
- B) Mangel an lysosomaler alpha-Glucosidase.
- C) Mangel an Amylo-1,6-Glucosidase ("debranching enzyme").
- D) Mangel an Glucose-6-Phosphatase.
- E) Mangel an Phosphorylase-Kinase.

### Kommentar:

(A)

ist quatsch, dann hätten ja jeder der viel Nudeln, Kartoffeln und Schokolade ist eine Glykogenspeicherkrankheit...

(B)

Die Alpha-Glucosidase ist ein Enzym welches das Disaccharid Maltose spaltet. Es ist für die Nahrungsaufnahme wichtig, hat mit der Speicherung des Glykogens allerdings nichts zu tun.

(C)

Das Debranching Enzyme klingt zunächst einmal sehr logisch, denn es ist unmittelbar am Abbau des Glykogens beteiligt. Das Debranching Enzyme baut die Verzweigungsstellen des Glykogens in zwei Schritten ab. Ein Enzymdefekt hier führt auch zur Glykogenspeicherkrankheit, allerdings nicht zum Typ 1, sondern zum Typ 3.

(D)

Ist richtig. Die Leber hat ein besonders altruistisches Wesen und ist dafür zuständig den restlichen Organismus in Hungerzeiten mit Glukose zu versorgen. Besonders die Erythrozyten und das Gehirn sind hierauf angewiesen. Aus diesem Grund kann die Leber besonders große Mengen an Glykogen speichern um diese bei Bedarf abbauen und in Form von Glukose ins Blut abgeben zu können. Beim Glykogenabbau entsteht nun Glukose-1-Phosphat, welches in Glukose-6-Phosphat umgewandelt wird. Glukose-6-Phosphat kann aber die Zelle nicht verlassen, daher muss die Glukose-6-Phosphatase diesen Missstand beheben und spaltet den Phosphatrest hydrolytisch ab. Fehlt dieses Enzym nun, so kann die Glukose die Leberzellen nicht verlassen und wird wieder in Form von Glykogen gespeichert. Das ist ein Problem für den übrigen Organismus, da dieser in der Nacht z.B. viel zu wenig Glukose zur Verfügung hat. Hier muss man medizinisch eingreifen und Glukose geben. Die Leber wird so anstatt der normalen 1,5 kg bis zu 10 kg schwer. (D) ist richtig.

(E)

Die Phosphorylase Kinase ist wichtig für die Signaltransduktion. Es fördert den Glykogenabbau im Hungerstoffwechsel indem sie die Glykogen-Phosphorylase aktiviert (phosphoryliert). Ein Defekt in diesem Enzym führt zur Glykogenspeicherkrankheit vom Typ 6.

Lösung: D

## 26. Fragentyp A

Welche Aussage zu Ketonkörpern trifft am wenigsten zu?

- A) Sie werden in der Leber synthetisiert.
- B) Sie sind auch im Blut von Stoffwechsel-Gesunden nachweisbar.
- C) Sie tragen zum Energiestoffwechsel der Erythrozyten bei.
- D) Sie tragen nach längerem Fasten verstärkt zum Energiestoffwechsel des Zentralnervensystems bei.
- E) Sie können beim Abbau von Aminosäuren entstehen.

### Kommentar:

(A)

Das ist richtig. Die Leber stellt Ketonsäuren immer dann her, wenn der Citratzyklus der  $\beta$ -Oxidation nicht mehr hinterherkommt und sich Acetyl-CoA anstaut. Die Leber verwertet die eigenen Ketonkörper niemals!

(B)

Ein geringer Plasmaspiegel wird auch bei einem gesunden zu finden sein. Ein zu hoher Spiegel wie er im Diabetischen Koma auftritt ist allerdings (Koma) sehr ungesund. Das Problem hieran ist, dass Ketonkörper allesamt Säuren sind und wenn sie in zu großen Maßen vorkommen, senken sie den pH Wert des Mechanismus erheblich.

(C)

Das stimmt auf keinen Fall, denn Erythrozyten haben keine Mitochondrien mehr und sowohl die Herstellung, als auch die Verwertung von Ketonkörpern erfolgt in unmittelbarem Zusammenhang mit der  $\beta$ -Oxidation. Die  $\beta$ -Oxidation erfolgt ausschließlich im Mitochondrium.

(D)

Das ist richtig. Das Gehirn kann sich nicht von Fettsäuren ernähren, da diese die Blut-Hirn-Schranke nicht überwinden können. Glukose ist also das Mittel der Wahl. Im Hungerstoffwechsel ist diese allerdings Mangelware. Nach einiger Zeit Hungerstoffwechsel exprimieren auch die Nervenzellen die Enzyme um Ketonkörper abbauen zu können. Ketonkörper können also die Blut-Hirn-Schranke überwinden.

(E)

Das ist richtig. Beim Abbau von Aminosäuren unterscheidet man zwischen Ketogenen, Glukogenen und gemischten Aminosäuren. Rein Ketogen sind übrigens nur die Aminosäuren mit L: Lysin und Leucin.

Lösung C

**27. Fragentyp A**

**Welches der genannten Enzyme wird durch die Phosphorylierung eines oder mehrerer Serylreste deaktiviert?**

- A) Glykogen-Synthase**
- B) Glykogen-Phosphorylase**
- C) Glykogen-Phosphorylasekinase**
- D) Fructose 2,6-Bisphosphatase**
- E) Insulin-Rezeptor**

**Kommentar:**

(A)

(B)

(C)

(D)

(E) Ist ein Rezeptor vom Typ 1 (genauer eine Tyrosinkinase) und wird durch die Phosphorylierung eines Tyrosinrests aktiviert.

## 28. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen über Kohlenhydrate ist (sind) richtig?

1. Nukleotide enthalten im Gegensatz zu dem Disaccharid Saccharose eine N-glycosidische Bindung.
2. D-Galactose und D-Glucose sind Epimere.
3. Unter Mutarotation versteht man die Umwandlung von z. B. alpha-DGlucose in beta-D-Glucose in wässriger Lösung.
4. Sei der alpha-D-Glucopyranose handelt es sich um ein Halbacetal.

### Kommentar:

- (1) ist richtig. Disaccharide sind Verbindungen aus zwei Monosacchariden, welche in der Ringform vorliegen. Sie verbinden sich über die Anomere OH Gruppe mit einem weiteren Zuckermolekül. Diese Bindung verläuft immer über ein Sauerstoffatom. Stickstoff finden wir in Zuckern überhaupt nicht. Nukleotide sind Pentosen mit einem Phosphatrest und einer Base. Die Base ist mit der Anomeren OH-Gruppe der Pentose (C1) über eine N-Glykosidische Bindung verbunden. (1) ist richtig.
- (2) Das ist richtig. Wie bereits mehrfach erklärt unterscheiden sich Ta-Tü-Ta-Ta und Ta-Tü-Tü-Ta nur am C-Atom Nummer 4. Damit sind sie Epimere. (2) ist richtig
- (3) Das ist richtig. Die Alpha-D-Glucose steht mit der Beta-D-Glucose über die offenkettige Form im Gleichgewicht. Eine Umwandlung von der einen in die andere Form bezeichnet man als Mutarotation.(3) ist richtig.
- (4) Das ist richtig. Pyranose steht für einen 6er Ring, also ein ringförmiges Molekül, das 6-Ecken besitzt. Die Glukose geht in Lösung eine intramolekulare Bindung zwischen der OH-Gruppe an C-Atom 5 und der Aldehydgruppe an C-Atom 1 ein und bildet somit einen 6er Ring. Die Bindung ist eine Halbacetalbindung. Verbindet sich das Molekül nun weiter mit einem gleichwertigen Molekül beispielsweise zu einem Disaccharid, so bezeichnet man diese Bindung als Glykosidische Bindung und sie hat den Charakter eines Vollacetals. (4) ist richtig.

Lösung: E

## 29. Fragentyp D

Welche der folgenden Aussagen über Glucose ist (sind) richtig?

Aus Glucose entsteht:

1. durch Oxidation am C-Atom 6 Glucuronsäure
2. durch Reduktion am C-Atom 1 Sorbitol
3. durch Oxidation am C-Atom 1 Gluconolacton bzw. Gluconsäure
4. auf dem Polyolweg Ribose

### Kommentar:

(1)

Das ist richtig. Man kann Glukose an zwei Stellen oxidieren, zum einen am C-1 Atom, dann entsteht Glukonsäure, oder aber am C-6 Atom wodurch Glukuronsäure entsteht. Die Glukuronsäure ist für unseren Mechanismus – besonders für unsere Leber – die weitaus wichtigere, da sie im Rahmen der Biotransformation hilft schwer lösliche Stoffe (Steroidhormone, Pharmaka, etc.) auszuscheiden. (1) ist richtig.

(2)

Sorbitol ist ein Alkohol mit 6-C Atomen. Die Glukose unterscheidet sich von diesem nur am C-Atom 1, da sie hier eine Aldehydgruppe besitzt. Reduziert man nun diese Aldehydgruppe, so erhält man Sorbitol. Sorbitol kann im Körper zu Fruktose umgewandelt werden und ist besonders für Diabetiker ein wichtiger Ersatzzucker. (2) ist richtig.

(3)

Siehe Kommentar zu (1). Glukonsäure liegt unter physiologischem pH dissoziiert vor und heißt dann Glukonolaktone. (3) ist richtig.

(4)

Das stimmt nicht. Glukose kann von der Aldolase-Reduktase zu Sorbitol und vom Sorbitol über die Sorbitol Dehydrogenase weiter zur Fruktose umgebaut werden. Die Aldolase Reduktase benötigt NADPH/H<sup>+</sup> als Coenzym. Die Sorbitol Dehydrogenase benötigt NAD<sup>+</sup>. Diesen Weg bezeichnet man als Polyolweg. Ribose entsteht durch den oxidativen Teil des Hexosemonophosphatwegs. (4) ist falsch.

Lösung: A