

- Was sind Mehrfachzucker? Wie sind sie aufgebaut? Wozu dienen sie?:** Mehrfachzucker sind aus Einzelzuckern aufgebaut, die über glykosidische Bindungen miteinander verbunden sind.
Im Gegensatz zu Proteinen oder Nukleinsäuren bilden Mehrfachzucker nicht nur lineare Polymere, sondern auch verzweigte Polymere. Sie dienen als Speicher- oder als Strukturpolymere.
- Nennen Sie Mehrfachzucker, die als Speicher dienen.:** Stärke, Glykogen
- Was ist Glykogen? Wie ist es aufgebaut? Sekundärstruktur?:** - leicht mobilisierbare Speicherform der Glucose
- aufgebaut aus alpha-1,4-glykosidisch verknüpften Glucoseeinheiten; Verzweigungen über alpha-1,6-glykosidische Bindungen (1 Verzweigung alle 10 Reste)
- alpha-glykosidische Bindungen ergeben offene, helikale Polymere
- Wo befindet sich das Glykogen im menschlichen Körper?:** Grundsätzlich besitzen die meisten Zellen die Fähigkeit Glykogen auf- und abzubauen. Den Hauptteil findet man allerdings in der Muskulatur und in der Leber.
- Wieviel Glykogen hat der menschliche Körper?:** Ein erwachsener Mensch speichert etwa 500 g Glykogen insgesamt in seinem Körper. Mengenmäßig verteilt sich das grob auf zwei Stellen: Muskel und Leber.
Dabei speichert der Muskel klar die grösste Menge insgesamt, obwohl die Menge pro Gewicht im Muskel (mit 2% der Muskelmasse) kleiner ist als in der Leber (10% Frischgewicht).
- Wo in der Zelle und in welcher Form liegt Glykogen vor?:** Glykogen liegt im Zytoplasma der Zellen in Form von Körnern vor. Diese Körner bestehen aus einem einzelnen Glykogenmolekül und haben einen Durchmesser von 10-40 nm. In der Leber können die Körner sich aber zu grösseren Aggregaten zusammenlagern, das bezeichnet man dann als Glykogenrosetten und diese können bis zu 200 nm Durchmesser haben.
- Wie unterscheidet sich Glykogen von Fett als Energiespeicher?:** Glykogen ist im Gegensatz zum Fett ein kurzlebiger, aber schnell verfügbarer Energiespeicher, also eher ein Zwischenspeicher. Es wird als sekundärer Energiespeicher bezeichnet, während die Fette unser primärer Energiespeicher sind.
Der Mensch verfügt über Fettdepots, die im Notfall zur Energieversorgung über mehrere Wochen ausreichen. Glykogenspeicher dagegen sind bei durchschnittlicher Belastung innert 24 Stunden erschöpft. Bei intensiver Belastung sogar schon nach etwa 90 Minuten.
- Was ist die Hauptaufgabe des Glykogens in der Leber?:** Den Blutzuckerspiegel konstant zu halten und das Gehirn mit Glukose zu versorgen.
- Was ist die Aufgabe des Glykogens im Muskel?:** Die Muskelaktivität bei Bedarf mit Energie zu versorgen. Das Glykogen im Muskel ist nur für den Eigenbedarf bestimmt.

- Aus welchem Einzelbaustein ist Glykogen aufgebaut? Zeichnen Sie das Molekül in Hayworth-Projektion.:**

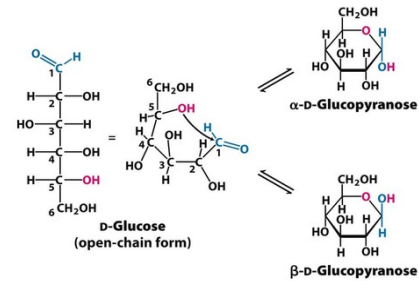


Figure 11.3
Biochemistry, Seventh Edition
© 2012 W. H. Freeman and Company

Glykogen ist aus alpha-D-Glucose aufgebaut.

- Wie ist ein Glykogenmolekül von seiner Struktur her aufgebaut?:**

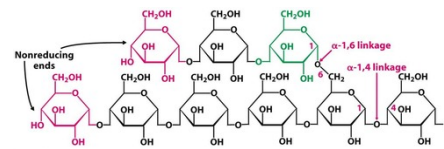
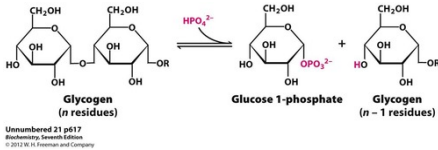


Figure 21.2
Biochemistry, Seventh Edition
© 2012 W. H. Freeman and Company

Das Glykogenmolekül (Korn) bildet sich um ein Protein herum, das Glykogenin heisst. Im Glykogen sind Glucoseeinheiten über O-glykosidische Bindungen verknüpft, mehrheitlich alpha-1,4-glykosidische Bindungen. Jedoch etwa alle 10 Reste gibt es eine alpha-1,6-Verzweigung. Die Verzweigungen machen den Abbau effizienter, weil mehr Enden bereitgestellt werden.

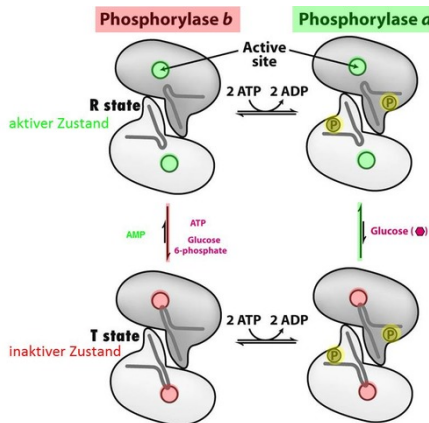
- Welche drei Bestandteile machen den Glykogenstoffwechsel aus?:** Um die Versorgung des Organismus mit Glucose zu sichern braucht es:
 1. Glykogensynthese
 2. Glykogenabbau
 3. Regulation beider Prozesse
- Wann findet Glykogensynthese und wann -abbau statt?:** Glykogensynthese findet nach den Mahlzeiten statt, Glykogenabbau zwischen den Mahlzeiten, während der Schlafphase und bei körperlicher Anstrengung.
- Welche vier Enzyme sind am Abbau des Glykogens zu Glucose beteiligt?:** Glykogenphosphorylase, Entzweigungsenzym, Glucosephosphat-Mutase, Glucose-6-Phosphatase

15. Welche Reaktion katalysiert die Glykogenphosphorylase und wie?:



Glykogenphosphorylase spaltet Glykogen phosphorolytisch (anstatt hydrolytisch), um ein $\sim P$ zu gewinnen. Sie ist das Schlüsselenzym des Glykogenabbaus, spaltet α -1,4-glycosidische Bindungen eine nach der anderen mithilfe von Orthophosphat, kann aber keine α -1,6-glycosidischen Bindungen spalten. Glykogenphosphorylase stoppt 4 Reste vor einer Verzweigung.

16. Warum wird das Glykogen nicht direkt zu Glucose abgebaut, also durch Hydrolyse?: Es gibt zwei Gründe:
1. bessere Verwertung der energiereichen glycosidischen Bindung, Produkt kann so ohne weiteren ATP-Verbrauch in die Glykolyse einmünden
 2. Glucose würde über die Transporter in der Membran unkontrolliert aus der Zelle verschwinden.
17. Welche beiden Formen der Glykogenphosphorylase gibt es und worin unterscheiden sie sich?:

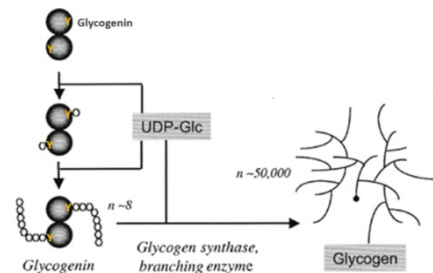


Glykogenphosphorylase existiert in der unphosphorylierten Form als Phosphorylase b, und in der phosphorylierten Form als Phosphorylase a. Beide kommen in zwei Konformationen vor, die als R und T bezeichnet werden. Die R Konformation ist aktiv, weil die aktiven Zentren zugänglich sind. Die T Konformation ist inaktiv, weil die aktiven Zentren von einem Loop blockiert sind.

Bei Phosphorylase a liegt das Gleichgewicht auf Seite der aktiven R Form, bei Phosphorylase b auf der inaktiven T Form. Somit ist Form b grundsätzlich inaktiv, Form a grundsätzlich aktiv.

18. Welche Form der Glykogenphosphorylase liegt meist in der Leber vor?: In der Leber wird hauptsächlich Glykogen für die Produktion von Glucose gebraucht (außer direkt nach den Mahlzeiten). Hier liegt also die Phosphorylase üblicherweise phosphoryliert und aktiv vor. Phosphorylase a.
19. Welche Form der Glykogenphosphorylase liegt im ruhenden Muskel vor?: Phosphorylase im ruhenden Muskel ist üblicherweise in der b-Form, also unphosphoryliert, und somit inaktiv.

20. Warum kann Glykogenphosphorylase nicht das ganze Glykogenmolekül abbauen?
Was wird zusätzlich benötigt?: Glykogenphosphorylase kann keine α -1,6-Bindungen spalten. Außerdem werden die letzten drei α -1,4-Bindungen vor einer Verzweigung nicht gespalten.
- Zwei zusätzliche Funktionen werden benötigt.
1. Transfer der drei noch übrigen α -1,4-verbundenen Reste auf ein anderes freies C4-Ende. Diese Aktivität nennt man Glucosyltransferaseaktivität und das Enzym eine Glucosyltransferase.
 2. Spaltung der α -1,6-Bindung an der Verzweigungsstelle. Das macht die α -1,6-Glucosidase.
- In Eukaryonten besitzt das Entzweigungsenzym beide Aktivitäten.
21. Durch welche Hormone wird der Glykogenabbau reguliert?: Epinephrin (Adrenalin) im Muskel oder Glukagon in der Leber aktivieren über einen Membranrezeptor eine Signalkaskade (Stimulation der Adenylatzyklase, die cAMP produziert). Letztendlich führt die Kaskade zur Phosphorylierung der Phosphorylase, also wird Form a gebildet. Im Muskel passiert das während der Muskelarbeit, in der Leber in den Hungerphasen (zwischen den Mahlzeiten).
22. Welche Enzyme sind am Glykogenabbau beteiligt (außer dem Starter)?: Glykogen-Synthase
Verzweigungsenzym
Glukosephosphat-Mutase
UDP-Glucose-Phosphorylase
23. Was ist Glykogenin? Welche Reaktion führt es durch?:



Glykogensynthase kann Glucosylreste nur an eine schon existierende Kette von mindestens vier Glucoseeinheiten hängen. Glykogenin ist ein Protein, ein Homodimer. Es ist eine Glucosyltransferase, die einen Glucosylrest an die OH-Gruppe eines Tyrosins der jeweils anderen Glykogeninuntereinheit hängt und danach noch drei Reste dranhängt. Glykogenin ist also der Glykogenstarter.

24. Welche Reaktion katalysiert die Glykogensynthase und wie?: Glykogen-Synthase ist das eigentliche «Aufbauenzym».
- bildet α (1,4) glycosidische Bindungen
 - als Glucosedonor dient UDP-Glucose (Uridindiphosphat-Glucose), eine aktivierte Form der Glucose
 - kann keine α (1,6) glycosidische Bindungen bilden
 - benötigt eine Kette von mindestens vier Glucoseeinheiten, um eine weitere Einheit anzuhängen