

Kohlenhydrate

Polysaccharide

I Stärke

In natürlichen *Stärke*körnern kommen im Inneren *Amylose* und weiter außen *Amylopektin* vor. Amylose macht dabei lediglich 15-20% aus.

I a) Amylose („lösliche Stärke“)

Amylose ist in kaltem Wasser unlöslich, in heißem dagegen recht gut. Aber auch wenn die Stärke in Wasser gelöst ist, sieht die Lösung nicht klar aus. Strahlt man sie in einem dunklen Raum mit einer Lampe an, so ist der Strahlenverlauf innerhalb der Lösung klar zu erkennen. Dieses Phänomen wird als *Tyndalleffekt* bezeichnet. Er beruht darauf, dass die äußerst langen Stärke-Moleküle im Wasser das Licht streuen.

Die Fehlingprobe mit Amylose verläuft negativ.

Nimmt man eine Saure Hydrolyse¹ vor und unterzieht die Produkte der Fehlingprobe, so verläuft diese positiv.

Vom Aufbau ist Amylose eine lange Kette von 200-300 1-4-monoglycosidisch verknüpften α -D-Glucose-Molekülen.

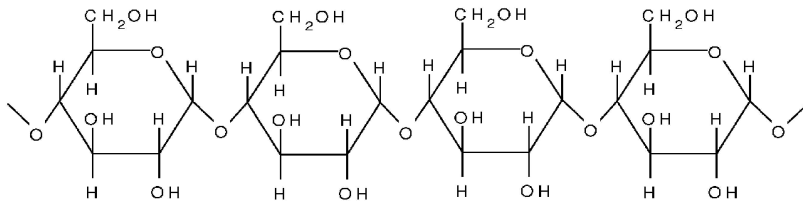


Abbildung 2: Ein Ausschnitt der Strukturformel der Amylose

Aufgrund der Winkel zwischen den einzelnen Bindungen des Amylose-Moleküls formt es eine spiralförmige Struktur, zusammengehalten von Wasserstoffbrücken. Jede Windung ist $6\frac{1}{2}$ Moleküle lang².

Auf diesem Umstand basiert auch der Stärkenachweis mit der *Iod-Stärke-Reaktion*. Dabei gibt man Iod² zu der Lösung. Die Iod-Moleküle können sich nun in der gewundenen Struktur einlagern (man spricht von einer *Einschlussverbindung*). Skizziert ist das in Abbildung 3. Die Lösung färbt sich blau.

Erhitzt man die Lösung nach dem Nachweis wieder, so entfärbt sie sich. Die Stärke verliert bei höheren Temperaturen nämlich ihre Spiralforn. Die Amylose windet sich auf und Iod kann sich nicht mehr einlagern. Es handelt sich hierbei um eine Gleichgewichtsreaktion!

Beim Lösen von Amylose werden in die Spirale Wassermoleküle eingelagert (möglich ist das an sämtlichen OH-Gruppen). Die Lösung *verkleistert* dann – man kann sie als Stärkekleister verwenden.

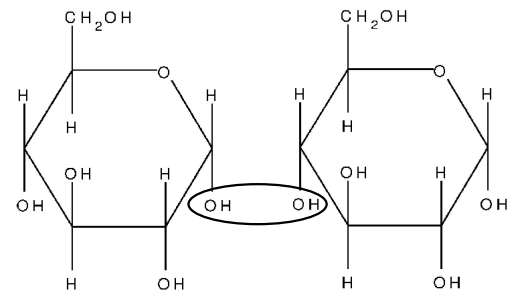


Abbildung 1: zwei α -D-Glucose-Moleküle werden 1-4 monoglycosidisch verknüpft

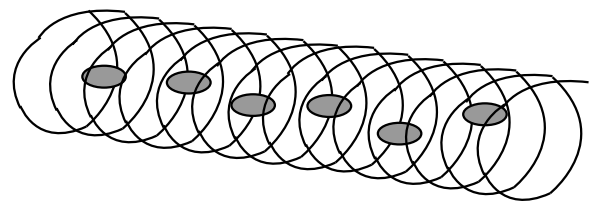


Abbildung 3: die schematische Struktur der Amylose mit eingelagerten Iod-Molekülen

¹ Man hätte auch eine enzymatische Hydrolyse mit *Amylose* machen können – dann wäre *Maltose* entstanden.

² Es handelt sich um Iod (I₂), das in einer Kaliumiodidlösung (K⁺_(aq)/I_(aq)) gelöst ist.

I b) Amylopektin

Amylopektin-Moleküle sind im Aufbau mit Amylose-Molekülen vergleichbar. Sie sind mit 3000 Bausteinen ungleich länger, außerdem sind sie verzweigt: etwa an jedem 25. Glucose-Baustein ist eine Seitenkette 1-6-monoglycosidisch verknüpft.³ In Wasser ist sie wesentlich schwerer, bis unmöglich, löslich.

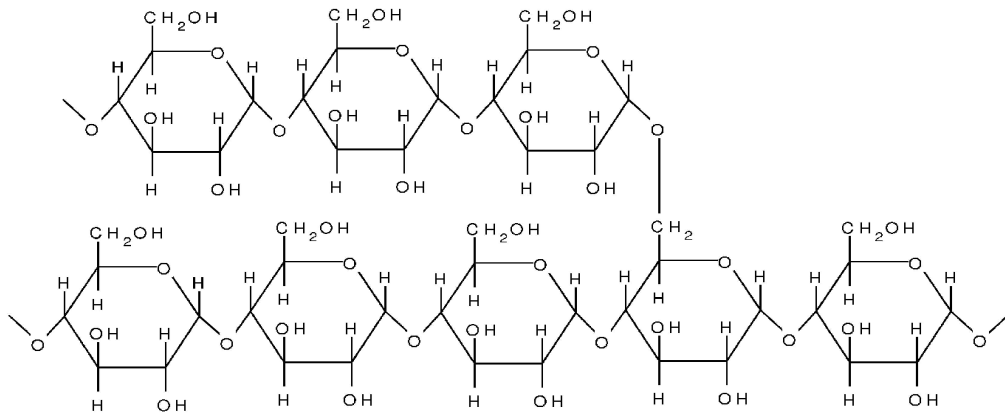


Abbildung 4: Ausschnitt aus der Struktur des Amylopektins. Vergleicht man mit Abbildung 2 so fällt auf, dass es sich im Prinzip um Amylosen handelt, die 1-6-monoglycosidisch aneinander geknüpft sind.

II a) Cellulose

Cellulose kommt natürlich vor in Pflanzenzellwänden (z.B.: Holz, Stroh...). In reiner Form findet man es in den Samenhaaren von Baumwolle, Hanf oder Flachs.

Cellulose ist in Wasser und anderen Lösungsmitteln nicht löslich, nimmt Wasser jedoch auf.

Nimmt man eine Saure Hydrolyse vor, so liegen danach D-Glucosen vor. Mit einer Enzymatischen Hydrolyse (mit Cellulase) entsteht Cellobiose (zwei β -D-Glucose-Moleküle monoglycosidisch 1-4 verknüpft \rightarrow Abbildung 5).

Der große Unterschied zu Amylose und Amylopektin ist jedoch, dass Cellulose aus β -D-Glucose-Molekülen besteht.

Wir können Cellulose nicht verdauen, da in unserem Magen die Bindung nicht gelöst werden kann, weil uns die nötigen Enzyme fehlen. Kühe oder Pferde können das – aber auch nur, weil ihnen in ihrem Magen Mikroorganismen helfen. Für uns ist Cellulose deshalb ein Ballaststoff.

Die Struktur der Moleküle sieht wesentlich anders aus, als die von Amylose oder Amylopektin. In Abbildung 6 ist die Strukturformel zu sehen. Es ergibt sich ein langgestreckter Bau und somit kann sich kein Iod anlagern (vgl. Abb. 3), weswegen die Iod-Stärke-Reaktion negativ ausfällt.

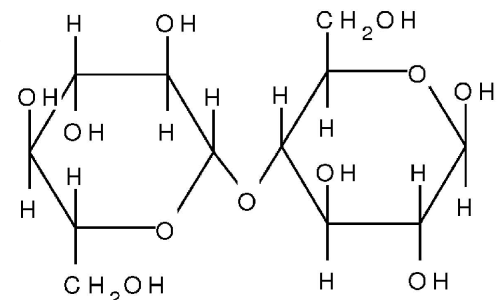


Abbildung 5: Cellobiose besteht aus β -D-Glucose-Molekülen. Verknüpfen sich viele Cellobiose-Moleküle, so entsteht Cellulose.

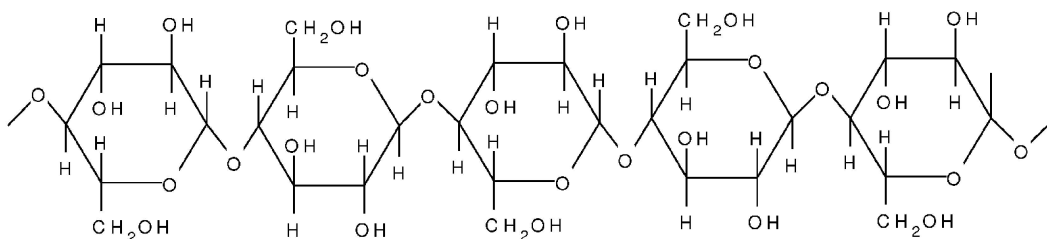


Abbildung 6: Ausschnitt aus der Strukturformel eines Cellulose-Moleküls

Zwischen Makromolekülen der Cellulose bestehen Wasserstoff-Brücken. Mikrofibrillen entstehen aus 60-70 Molekülen, die auf diese Art parallel zusammengehalten werden. Verdrillt man Mikrofibrillen, kann daraus Garn entstehen.

³ Sie ähnelt damit in ihrem Aufbau dem Glycogen – der tierischen Stärke.

II b) Anwendungen der Cellulose

Nur Cellulose aus Baumwolle⁴ kann zu Fäden versponnen werden, da hier die Länge der Fasern ausreichend ist. In Cellulose aus Holz sind ca. 50% Cellulose, ca. 30% Lignin und Hemicellulose⁵ enthalten. Gelingt es, die anderen Stoffe⁶ zu entfernen, nennt man die Cellulose *Zellstoff*. Er ist nicht wie Cellulose aus Baumwolle verspinnbar, da seine Fasern zu kurz sind. Für *Papier* jedoch ist er verwendbar. Papier besteht aus verfilzten Cellulosefasern mit Füllmittel (z.B.: Gips) und Leim, die dünn aufgeschäumt und danach gut getrocknet wurden.

Will man kurzfasrige, nicht verspinnbare Cellulose aus Holz zu Geweben verarbeiten, verändert man dafür die Cellulose.

- Bei *Cellulosederivaten* werden beispielsweise Essigsäurereste (Acetate) an die Cellulose-Bausteine angelagert. Dadurch ist der Stoff in Aceton (Propanon) löslich. Die Lösung wird durch dünne Spinn Düsen gedrückt und das Lösungsmittel wird verdampft. Übrig bleibt eine *Halbkunststoff*-faser, beispielsweise Cellulose-Acetat bzw. Acetatseide. Diese zieht Feuchtigkeit jedoch nicht mehr so gut an, wie Cellulosefasern, da nun weniger OH-Gruppen an dem Molekül vorhanden sind.
- Bei *Celluloseregeneraten* wird die Cellulose durch chemische Reaktionen in eine lösliche Form gebracht. Der Stoff wird dann durch dünne Spinn Düsen in ein Fallbad gepresst. Dort verändert sich die Cellulose wieder zurück. Das Gewebe nennt man Viskose.

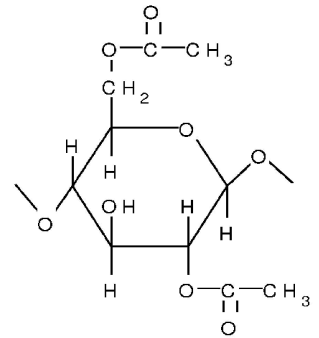


Abbildung 7: Ausschnitt aus der Strukturformel von Cellulose-Acetat. Auf einen Glucose-Baustein kommen durchschnittlich 2,5 Acetatreste.

4 Möglicherweise auch Hanf oder Flachs

5 Polysaccharide aus Pentosen und Hexosen

6 Also die Nicht-Cellulose-Stoffe