

# Wichtige Polysaccharide aus der Natur und dem Biolabor

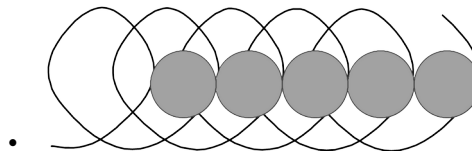
## 1. Pflanzen speichern Energie in Form von Stärke

Pflanzen stellen sich aus  $\text{CO}_2$  und Sonnenlicht ihre eigene Nahrung her, ein Vorgang der Fotosynthese heißt! Primärprodukt der Fotosynthese sind erst mal Monosaccharide, vor allem Glucose. Diese Glucose können die Zellen der Pflanzen dann auch gleich als Nährstoff/Nahrung nutzen. Als Nährstoffreserve für die Zeiten, in denen keine Fotosynthese möglich ist (...immer wenn es Dunkel wird, oder im Winter) wandelt die Pflanze Einfachzucker-Überschüsse der Fotosynthese in die Langzeit-Energiespeicherform (= Reservestoff) um, die **Pflanzenstärke**. Die hat gegenüber der Glucose einige Vorteile: Für deren Einlagerung muss weniger Wasser vorrätig gehalten werden als für dieselbe Masse an Einfachzucker. Stärke kann auch kompakter in spezialisierten Zellen gespeichert werden als Einfachzucker. Die Stärkemoleküle bestehen aus D-Glucose-Einheiten, die über glycosidische Bindungen miteinander verknüpft. Stärke besteht in der Regel zu 20-30% aus **Amylose** und 70-80% aus **Amylopektin**.

- Bei Amylose handelt es sich um unverzweigte Ketten mit **helikaler (Schrauben-)Struktur**, deren Monomere nur  $\alpha$ -1,4-glycosidisch verknüpft sind. Hier zeigt sich, dass eine Verknüpfung von Monomere zu langkettigen Molekülen in der Biochemie meist zu **Überstrukturen** führt. Solche regelmäßigen dreidimensionale Strukturen werden in der Biochemie auch **Sekundärstrukturen** genannt und finden sich auch in Proteinen (Polymer aus Aminosäuren) und Nucleinsäuren (Polymer aus Nucleotiden).

**1.1** Zeichnen Sie die Strukturformel eines Ausschnitts aus der Amylose aus mindestens 3 D-Glucose-Einheiten.

Der Amylose-Anteil der Stärke ist auch für die Iodstärkereaktion verantwortlich. Die charakteristische Nachweisreaktion von Amylose benötigt neben Iod und Amylose noch Spuren an Iodid-Anionen. Iodid-Anionen und Iod liegen z.B. in der **Iod-Kaliumiodidlösung (Lugolsche Lösung)** vor. In solchen Lösungen lagern sich Iodmoleküle und Iodid-Ionen zu Polyiodidionen zusammen:  $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$  oder  $2 \text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_5^-$ . Für die Blaufärbung ist der Einschluss von Polyiodidionen in den Hohlraum der Amylose-Helix verantwortlich:

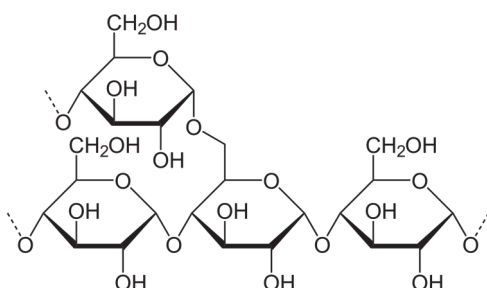


**Abb. 1.1:** Einschlussverbindung zwischen Pentaiodid und Amylose-Helix

Durch Erwärmen wird die Einschlussverbindung reversibel gelöst und die Lösung dabei farblos. Erst lang anhaltendes und starkes Erhitzen zerstört die Amylose-Helix irreversibel.

- **Amylopektin** besteht aus unregelmäßig verzweigten Strukturen, mit  $\alpha$ -1,6-glycosidischen und  $\alpha$ -1,4-glycosidischen Verknüpfungen.

**1.2** Nummerieren Sie in folgender Abbildung die Positionen 1, 4 und 6 aller D-Glucose-Einheiten.

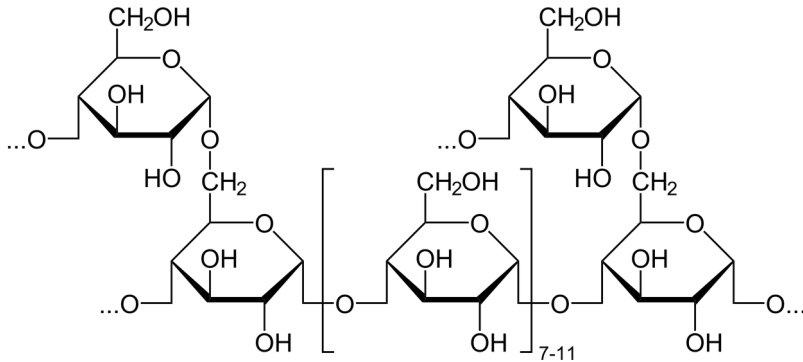


**Abb. 1.2:** Verzweigungsstelle aus Amylopektin. Statistisch tritt alle 30 D-Glucose-Einheiten eine 1,6-Verzweigung auf!

## 2. Tiere speichern kurz- und mittelfristig Energie in Form von **Glykogen**

Was für die Pflanze die Stärke ist, ist für Tiere, Pilze und den Menschen das **Glykogen**. Glykogen dient allerdings nur zur **kurz- bis mittelfristigen Speicherung**. Es handelt sich um ein Reservekohlenhydrat, das vor allem in Leberzellen gespeichert wird. Die Langzeitspeicherform für Reservestoffe sind bei vielen Tiergruppen die **Fette (Lipide)**. Letztere haben den Vorteil, dass sie pro Brennwert leichter sind und noch weniger Wasser zur Speicherung benötigen als Glykogen, ja sogar wasserabweisend (lipophil, hydrophob) sind. Auch einige Pflanzen nutzen diese Langzeitspeicherform in Form von **Pflanzenölen**.

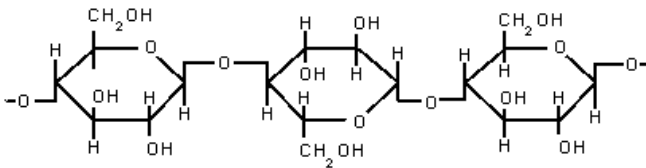
**2.2** Anbei ein repräsentativer Ausschnitt aus Glykogen. Analysieren Sie die Monomere, die Verknüpfungen und die Verzweigungshäufigkeit im Vergleich zu Amylopektin und schreiben Sie Ihre Erkenntnisse rechts daneben!



**Abb. 2.1:** Repräsentativer Ausschnitt aus Glykogen

## 3. Die Zellwände der Pflanzenzellen bestehen aus Zellulose

**2.2** Anbei ein Ausschnitt aus Zellulose. Analysieren Sie die Monomere, die Zuckerverknüpfungen und die Verzweigungshäufigkeit. Schreiben Sie Ihre Erkenntnisse darunter! Gehen Sie kurz darauf ein, warum jedes zweite Zuckermolekül gedreht ist. Nummerieren Sie auch die Positionen 1 und 4



**Abb. 3.1:** Repräsentativer Ausschnitt aus Zellulose. Dies ist die sich regelmäßig wiederholende Einheit (Monomer) und hier ein Zweierpaket! Dieses Zweierpaket wird **Cellobiose** genannt.

Erkenntnisse:

Zellulose ist auch technisch außerordentlich wichtig und ein **nachwachsende Rohstoff**. Produkte wie Zellstoff, Papier und Baumwolle werden daraus gewonnen. Aus nicht weiter verwertbarem Pflanzenmaterial (z.B. Maispflanze ohne die Maiskolben!), das großteils aus Zellulose besteht, lässt sich in Bioreaktoren durch Hefekulturen auch **Bioethanol (Cellulose-Ethanol)** gewinnen, einem Kraftstoff für Verbrennungsmotoren! In einer Tonne Stroh sind 320 kg Glucose chemisch gebunden. Bei einer vollständigen Vergärung entstehen daraus etwa 160 kg Ethanol, was einem Volumen von 200 Liter entspricht. Darüber hinaus kann auch die in Pflanzenmaterial enthaltene Xylose zu Ethanol vergärt werden. Die vollständige Vergärung ergibt zusätzliche 124 Liter Ethanol pro Tonne Stroh!

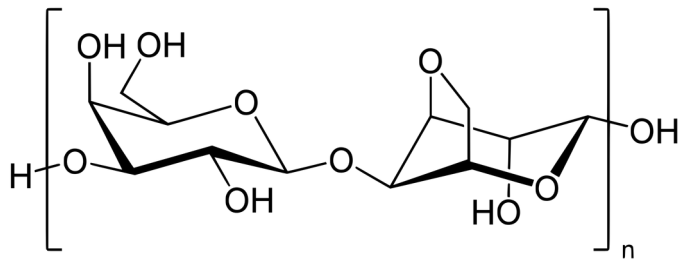
## 4. **Agarose** – Polysaccharid vieler Gele im Biolabor

**Agarose** ist ein Polysaccharid aus D-Galactose und 3,6-Anhydro-L-Galactose, die glycosidisch miteinander verbunden sind. Es stellt die Hauptkomponente des Agars dar und wird vor allem aus den Rotalgen gewonnen. Agarose ist ein starker Gelbildner und für die Gelierfähigkeit des Agars verantwortlich.

**Agarosegel** ist die Bezeichnung für ein Gel, das in der Agarose-Gelelektrophorese zur elektrophoretischen Trennung von Substanzen, z. B. von Nukleinsäuren oder Proteinen eingesetzt wird. Es wird durch Aufkochen von Agarose in einem

Puffer hergestellt. Die Konzentration der Agarose im Puffer richtet sich nach der Größe der mit der Gelelektrophorese aufzutrennenden Teilchen. Je geringer die Agarosekonzentration im Gel, desto grobmaschiger ist das Gel.

Sowohl Agarose als auch die daraus gewonnene Sepharose (*siehe unten*) sind als Gelbildner im Labor sehr geeignet, weil sie chemisch stabiler sind als natürliche Polysaccharide und z.B. auch extremere pH-Werte überstehen, ohne zu hydrolysieren.

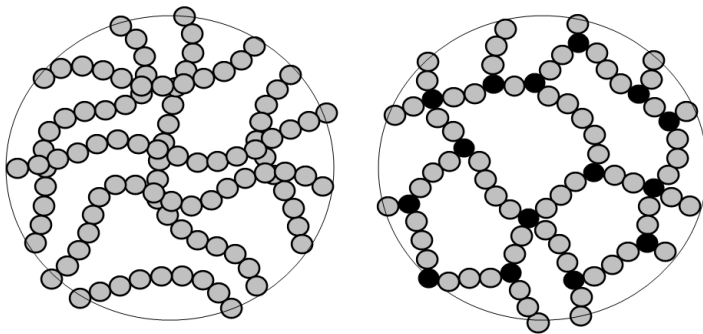


**Abb. 4.1:** Strukturformel von Agarose. Welches charakteristische Strukturmerkmal besitzt 3,6-Anhydro-L-Galactose?

## 5. Sepharose – Träger von chromatographischen Verfahren

Quervernetzte Agarose wird unter dem Handelsnamen **Sepharose** verkauft, der für **Separation-Pharmacia-Agarose** steht. Sepharose wird als stationäre Phase für die chromatographische Trennung von Biomolekülen eingesetzt, häufig in Form beschichteter Sepharose-Kügelchen (englisch **beads**). Beispiel für eine solche **Bioaffinitätschromatographie**: Beschichtet man die Kügelchen z.B. mit Antikörpern, kann man die dazu passenden Antigene aus einem Gemisch fischen, weil sie spezifisch daran binden. Anschließend kann man die Antigene wieder entfernen und die beschichteten Beads erneut benutzen.

**5.1 Was ist mit Quervernetzung gemeint? Interpretieren Sie folgende Abbildung! Genau hinschauen!**



**Abb. 5.1:** Vor und nach der Quervernetzung von Polymeren. Quelle: wikipedia.de

**Quelle:** Ausschließlich Wikipedia (verschiedene Sprachversionen)