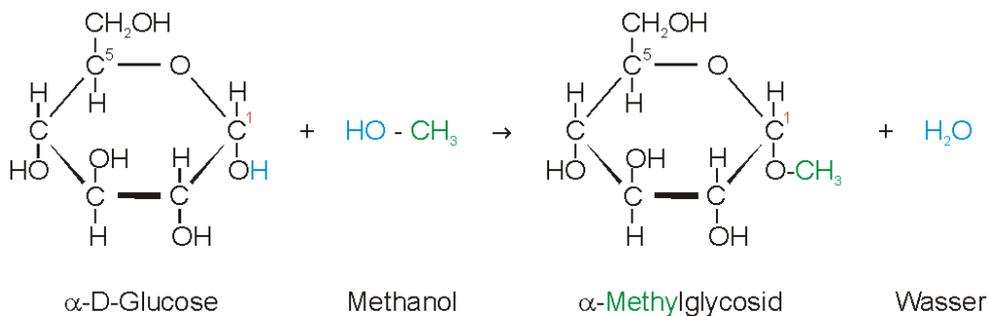


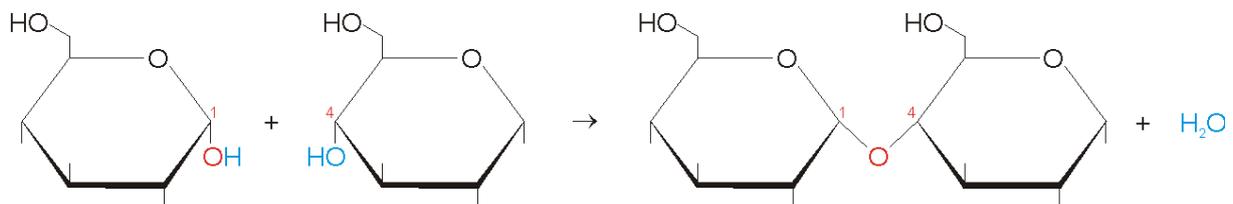
Di- und Polysaccharide

Glycoside und Disaccharide

Zwischen Zucker- und Alkoholmolekülen kann eine Kondensationsreaktion¹ stattfinden, indem die OH-Gruppe des Alkohols mit der OH-Gruppe am C1-Atom des Zuckermoleküls unter Abspaltung von Wasser reagiert. Die so gebildeten Zuckerderivate heißen *Glycoside*.

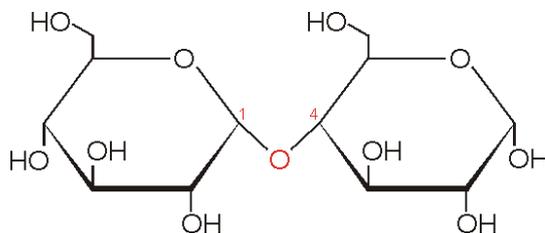


Ähnlich verhält es sich bei der enzymatischen Verknüpfung zweier Monosaccharide: die OH-Gruppen der beiden Zuckermoleküle reagieren unter Wasserabspaltung miteinander und es entsteht ein Disaccharid mit einer Sauerstoffbrücke zwischen den Monosacchariden. (Anstelle der CH₃-Gruppe aus der letzten Abbildung steht dann der zweite Zucker.)



Maltose, Cellobiose, Saccharose und Lactose

Ein Beispiel für die Bildung eines Disaccharids aus zwei Einfachzuckern ist die Verknüpfung zweier α -D-Glucosemoleküle zur *Maltose* (*Malzzucker*).



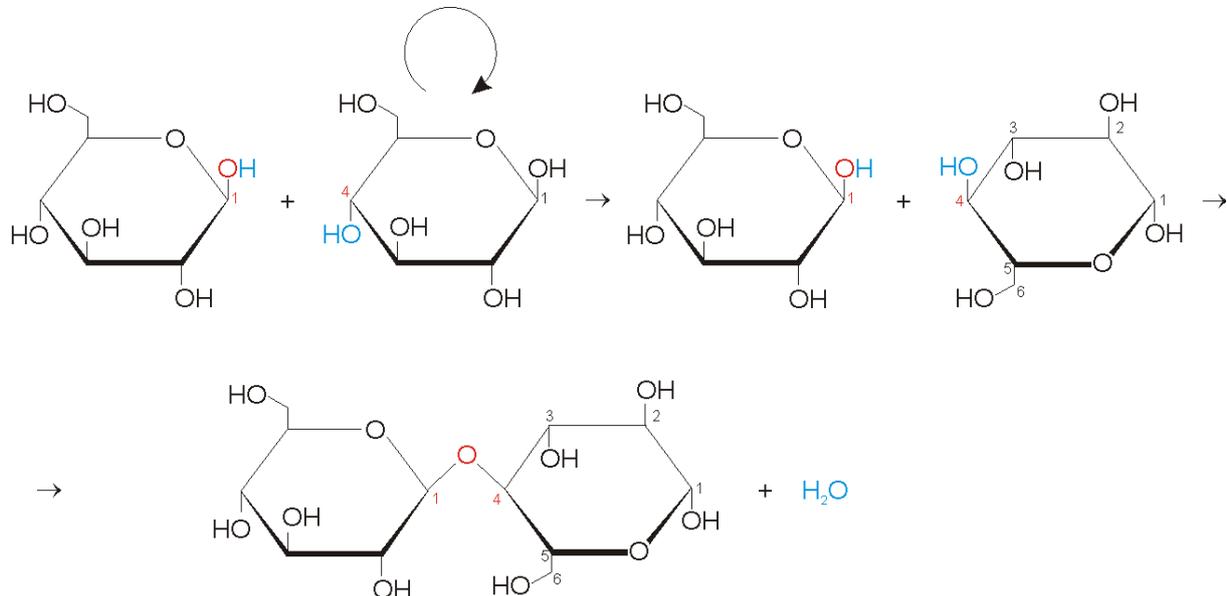
Da es sich um die Verbindung zweier α -Glucosemoleküle handelt, spricht man hier von einer *α -glycosidischen* Bindung. Auch die Tatsache, daß sich die Sauerstoffbrücke zwischen dem C1 des ersten und dem C4 des zweiten Glucosemoleküls bildet, geht in die korrekte chemische Bezeichnung ein: 1,4 α -D-Glucose-Glycosid.

Malzzucker findet man in keimenden Samen und im Gerstenmalz. Er tritt auch beim Abbau von Stärke auf.

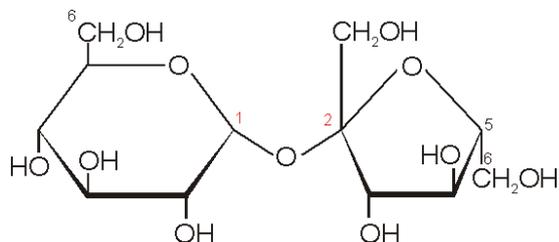
¹ Bei einer Kondensationsreaktion (eine Substitutionsreaktion) verbinden sich zwei Moleküle unter Abspaltung eines einfachen Moleküls (meist Wasser) miteinander.

Verbinden sich zwei β -D-Glucosemoleküle, ist das Produkt die Cellobiose. Damit sich die Sauerstoffbrücke zwischen den beiden OH-Gruppen am C1 und C4 bilden kann, muß die OH-Gruppe des zweiten Moleküls erst durch Drehung um die C1-C4-Achse in die der anderen OH-Gruppe gegenüberstehenden Lage gebracht werden.

Cellobiose tritt als hydrolytisches Abbauprodukt der Cellulose, als Verdauungsprodukt der Pflanzenfresser auf.



Saccharose besteht aus einem α -D-Glucose- und einem β -D-Fructoserest. Die Sauerstoffbrücke liegt hier zwischen dem C1 der Glucose und dem C2 der Fructose. Ähnlich wie bei der Cellobiose ist der β -D-Fructose-Teil um 180 Grad gedreht, damit die OH-Gruppen am C1 der Glucose und am C2 der Fructose gegenüberliegen.



Die Saccharose, auch Rohr- oder Rübenzucker genannt, wird in großen Mengen aus Zuckerrüben und Zuckerrohr gewonnen. Sie ist in fast allen Früchten und Pflanzensäften anzutreffen. Sie ist zu 16 bis 20 % in der Zuckerrübe, zu ca. 15 % im Zuckerrohr zu finden.

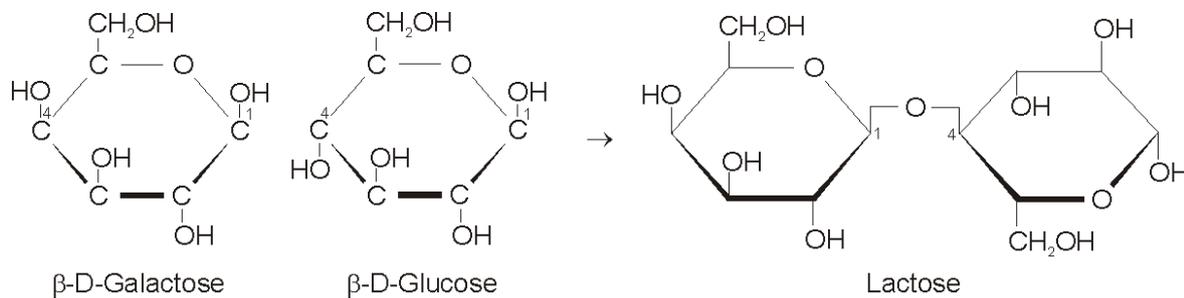
Die Sauerstoffbrücke zwischen den beiden Zuckern läßt sich durch verdünnte Mineralsäuren hydrolytisch, also unter Wasseraufnahme spalten, so daß wieder zwei Monosaccharide vorliegen. Dabei entsteht an den ursprünglichen Verknüpfungsstellen wieder je eine OH-Gruppe.

In wässriger Lösung ist Saccharose rechtsdrehend. Liegt aber eine Mischung aus rechtsdrehender D-(+)-Glucose und linksdrehender D-(-)-Fructose vor, so überwiegt die von der Fructose herrührende Linksdrehung, so daß die Lösung insgesamt linksdrehend wird; der Drehsinn wird also umgekehrt (invertiert). Daher nennt man ein Gemisch aus Glucose und Fructose *Invertzucker*.

Bienenhonig besteht so gut wie vollständig aus Invertzucker; auch im menschlichen Organismus wird die Saccharose enzymatisch in Invertzucker gespalten.

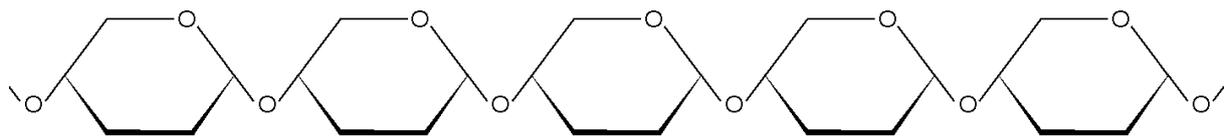
Ein aus β -D-Galactose und β -D-Glucose bestehende Disaccharid ist die *Lactose* (*Milchzucker*). Wie im Kapitel über Monosaccharide schon bemerkt, besteht der Unterschied zwischen

diesen beiden Zuckern nur in der Stellung der OH-Gruppe am C4-Atom. Die Sauerstoffbrücke bildet sich zwischen dem C1 der Galactose und dem C4 der Glucose aus. Der Kohlenhydratgehalt der Milch aller Säugetiere besteht so gut wie vollständig aus Lactose.



Polysaccharide

Verbinden sich viele Einfachzucker zu einem kettenförmigen *Makromolekül*, so spricht man von einem *Polysaccharid*. Zu den Polysacchariden gehören die *Stärke*, das *Glycogen* und die *Cellulose*, sie alle bestehen ausschließlich aus Glucose-Einheiten.



Ausschnitt aus einem Polysaccharid: Stärke, bestehend aus α -D-Glucoseeinheiten

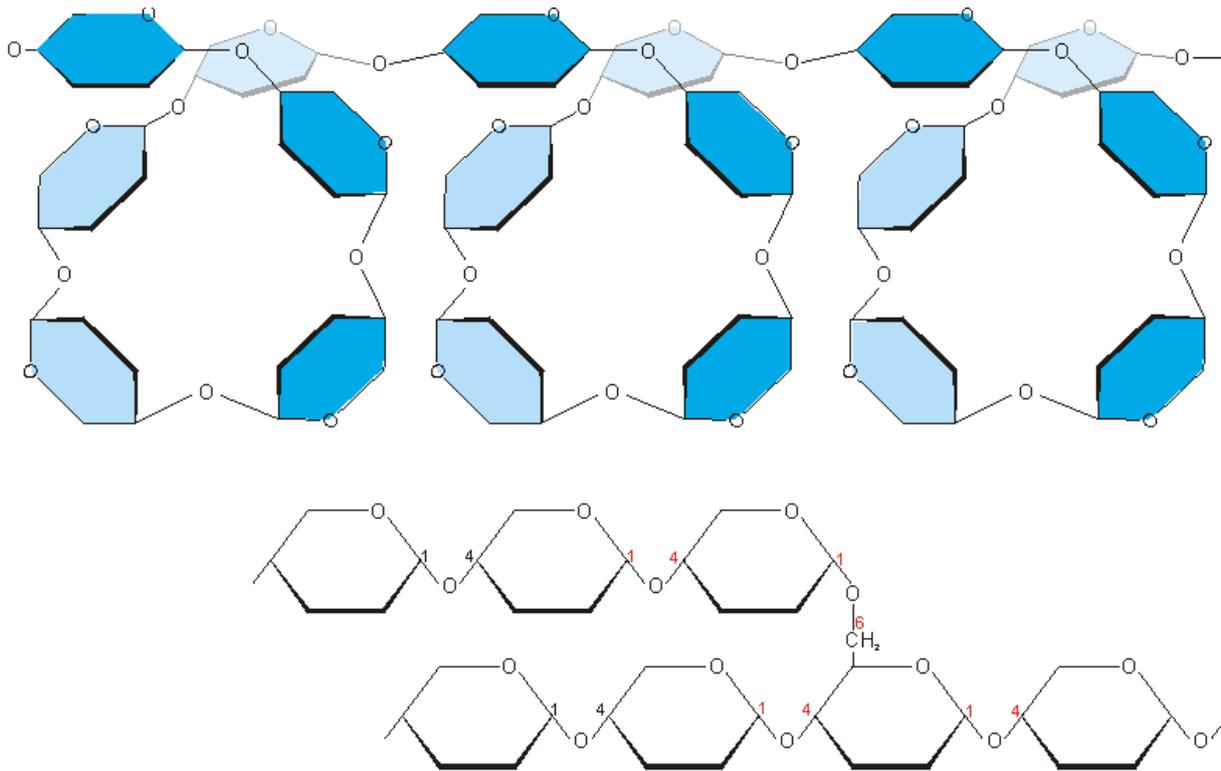
Die Sauerstoffbrücke liegt dabei zwischen dem C1 der einen und dem C4 der nachfolgenden Glucose. (Es gibt aber auch Verzweigungen, bei denen die Verknüpfung am C6 erfolgt.)

Glucose ist in Pflanzen als Stärke gespeichert. Polysaccharide werden aber auch als Gerüstsubstanz verwendet: lange Zuckerketten bilden Stütz- und Strukturelemente, ein Beispiel die Cellulose als wichtiger Bestandteil des Holzes.

Stärke

Die Stärke besteht aus α -D-Glucose-Einheiten, wie in der Abbildung oben schon dargestellt. Sie tritt allerdings in zwei verschiedenen Formen auf: als unverzweigte *Amylose* und als verzweigtes *Amylopektin*.

Die unverzweigten Ketten der Amylose liegen als Helix vor. Beim Amylopektin geht die Verzweigung vom C6 einer Glucoseeinheit aus (1,6-Verknüpfung). Dann folgt wieder eine Kette mit einer 1,4-Verknüpfung.



Oben die Helixstruktur der Amylose, unten eine Verzweigung der Glucosekette im Amylopektin

Amylopektin hat eine Molmasse von ca. 400 000, Amylose eine von ca. 100 000. Im Innern der Stärkekörner findet man Amylose, diese ist kolloidal wasserlöslich und macht ca. 20 % der Stärke aus. Die übrigen 80 % bestehen aus Amylopektin, das wasserunlöslich ist, es quillt nur auf.

Die Stärke als Reservestoff wird in verschiedenen Organen (z. B. Getreidekorn, Kartoffelknolle) in Form von Stärkekörnern gespeichert, die sich von Art zu Art deutlich unterscheiden. Sie wird durch enzymatische Reaktionen sowohl aus Glucose aufgebaut als auch zu Glucose abgebaut.

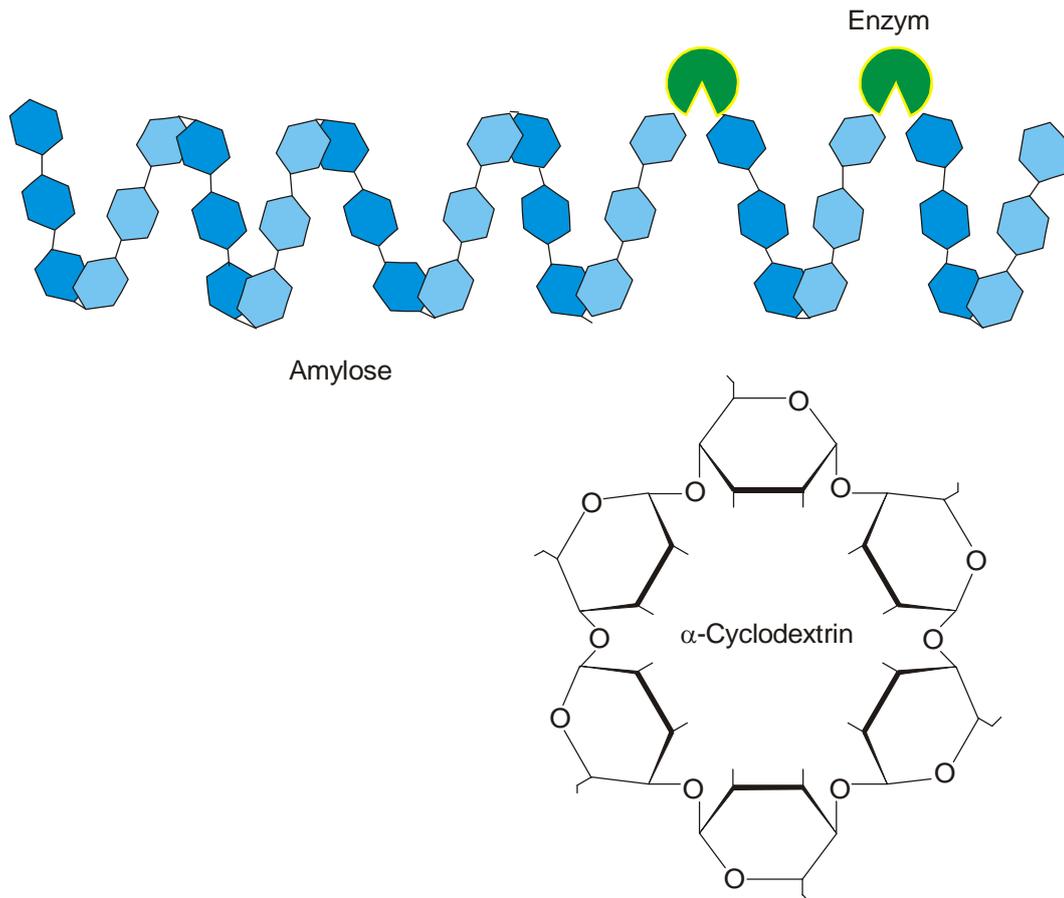
Glycogen

Das Pendant zur Stärke ist im tierischen Organismus das *Glycogen*. Es wird in der Leber und den Muskeln gespeichert. Von der Leber kann es bei Bedarf in Glucose aufgespalten und über das Blut (*Blutzucker*) dem Organismus schnell zur Verfügung gestellt werden. In den Muskelzellen steht es bei erhöhtem Energiebedarf unmittelbar an Ort und Stelle zur Verfügung.

Ebenso wie die Stärke besteht Glycogen aus α -D-Glucose-Einheiten. In seiner Struktur ähnelt es dem Amylopektin, hat aber eine höhere Molmasse und ist stärker verzweigt.

Cyclodextrine

Cyclodextrine entstehen durch enzymatische Spaltung der Amylose-Helix. Dabei bilden sich Ringe aus zumeist 6, 7 oder 8 Glucose-Einheiten. Das Cyclodextrin mit 6 Glucose-Einheiten heißt α -, das mit 7 Glucose-Einheiten β - und das mit 8 Glucose-Einheiten γ -Cyclodextrin.



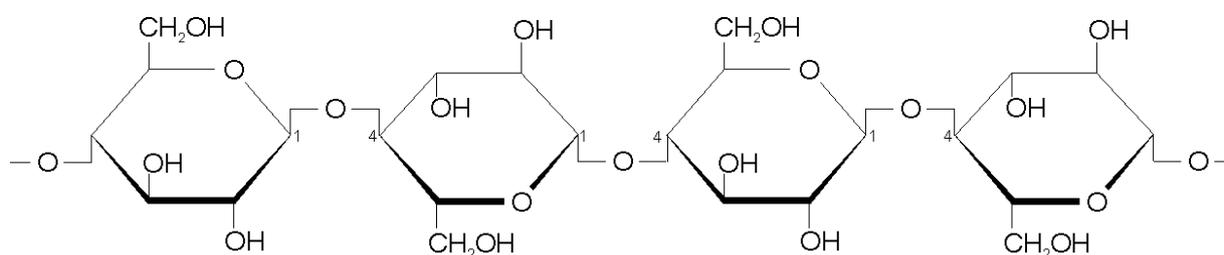
Das hydrophobe Innere des Cyclodextrin-Ringes eignet sich zur Einlagerung hydrophober Substanzen. So werden z. B. in Lebensmitteln leichtflüchtige Aromastoffe dort eingebracht, die erst beim Lösen des Ringes in Wasser wieder frei werden. Die nach außen gerichteten polaren OH-Gruppen der Glucose-Einheiten sind dafür verantwortlich, daß das Molekül insgesamt wasserlöslich ist.

Cellulose

Die Polysaccharide fungieren in Pflanzen nicht nur als Speicher in Form von Stärke, sondern dienen als Cellulose auch der Bildung von Zellwänden und Gerüstsubstanzen. Sie ist Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwand und die häufigste organische Verbindung überhaupt. Holz besteht zu 40% bis 50%, Stroh zu etwa 30% aus Cellulose. Pflanzenfasern wie Baumwolle, Jute, Flachs und Hanf bestehen fast nur Cellulose.

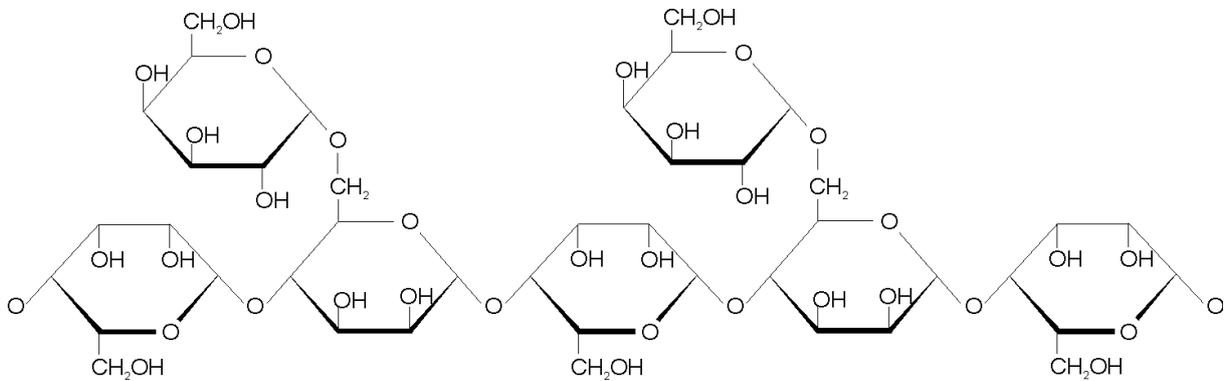
Anders als die bisher behandelten Polysaccharide besteht Cellulose aus β -D-Glucosemolekülen. Die glycosidische Bindung liegt zwischen dem C1- und dem C4-Atom vor, deren OH-Gruppen sich gegenüberstehen müssen.

Typischerweise enthalten Cellulosemoleküle ca. 10000 Glucoseeinheiten, daraus resultiert eine Molmasse zwischen 200000 bis und Millionen.



Galactomannane

Stärkeähnliche Ketten aus Mannoseeinheiten², die auch an 4,6-Verknüpfungen kurze Galactoseketten tragen, werden im menschlichen Organismus nicht verdaut. Sie quellen in Wasser auf und sind daher als Verdickungsmittel in der Lebensmittelchemie geeignet (Guarkernmehl und Johannisbrotkernmehl).

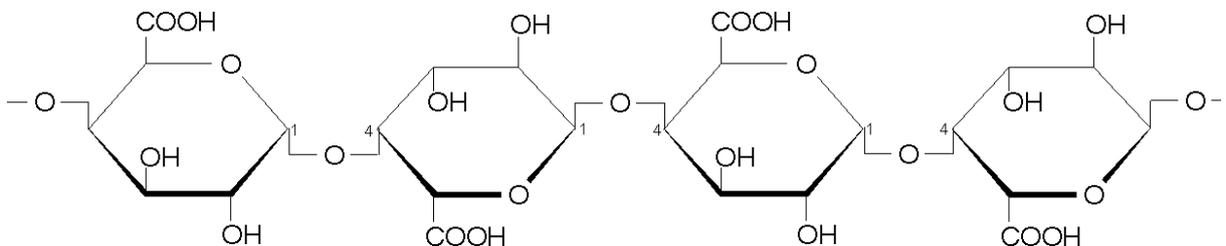


Struktur des Guarans (Bestandteil des Guarkernmehls)

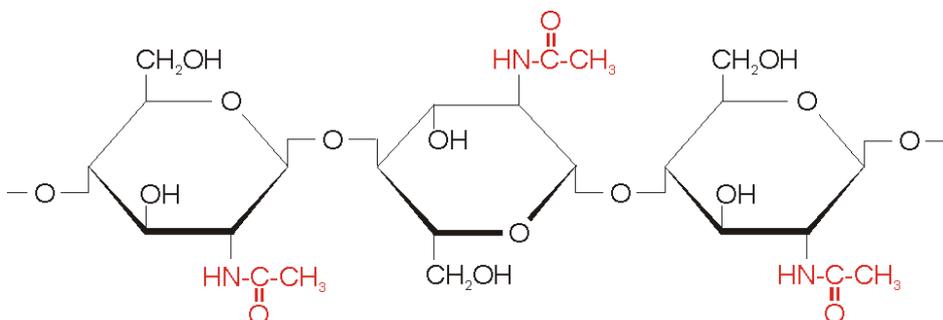
Pektine und Chitin

Pektine stellen eine ganze Substanzklasse dar, die in vielen verschiedenen Strukturen vorkommt. Häufig treten sie als Poly- α -Galacturonsäure auf (siehe Abbildung).

Früchte sind reich an Pektinen, Knollen und Stengel ebenso. Pektine bilden leicht Gele und sind so für die Herstellung von Marmeladen und Gelees geeignet.



Aus Acetylglycosamin-Einheiten mit der charakteristischen Acetamidgruppe aufgebaut ist das Chitin, die Außenskelettsubstanz bei Insekten und Krebsen.



Pektin (rot die Acetamidgruppe)

² Mannose unterscheidet sich von Glucose durch die Stellung der OH-Gruppe am C2-Atom.

