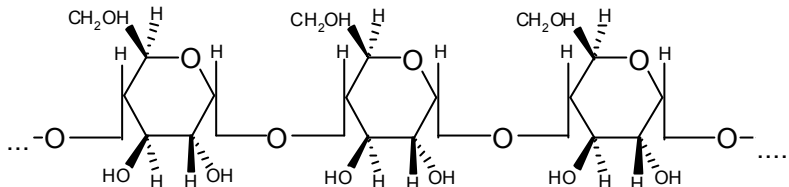


**Kursleiter Klaus Bentz/ Kollegiat Benedikt Beer**  
**Abituraufgaben: Lösungen zum Bereich Kohlenhydrate**

**Abitur 1985/I/3**

3.

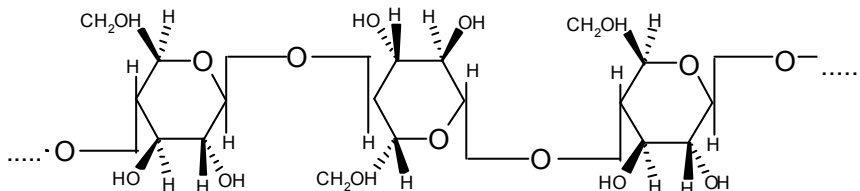
- 3.1 Stärke tritt in der Natur in zwei meist nebeneinander vorkommenden Modifikationen auf:  
Amylose und Amylopektin  
Entscheidend bei iodometrischen Maßanalysen ist die Amylose



Strukturformelausschnitt der Amylose (3 Baueinheiten)

Amylose bildet unverzweigte, spiralgewundene Makromoleküle (aufgrund der glykosidischen Verknüpfungen der Monomeren), die aus 250 bis 500 α-D-Glucose-Molekülen aufgebaut sein können (α-Helix). Sie löst sich in heißem Wasser kolloidal und zeigt mit Jod-Kaliumjodid-Lösung (Lugol'sche Reagenz) eine Blaufärbung. Diese Farbreaktion (Jod-Stärke-Reaktion) geht auf eine Einschlussverbindung der Jod-Moleküle in den tunnelförmigen Innenraum des spiralförmigen Amylose-Moleküls zurück  
? es entsteht ein tiefblauer Jod-Stärke-Komplex.

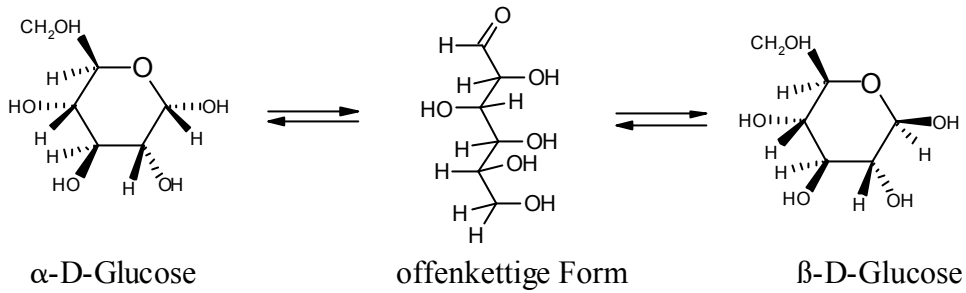
- 3.2 Cellulose (Strukturformelausschnitt)



Die Makromoleküle der Cellulose bestehen aus über 1000 Monomeren der β-D-Glucose. Durch die β-glykosidische Verknüpfung der Monomeren entsteht ein geradkettiges, gestrecktes Riesenmolekül, dessen Struktur fadenförmig ist. Die Jodmoleküle können sich hier nicht wie bei der Amylose im Inneren einer α-Helix einlagern? es kommt zu keiner Komplex-Bildung mit Jod? die Blaufärbung bleibt aus.

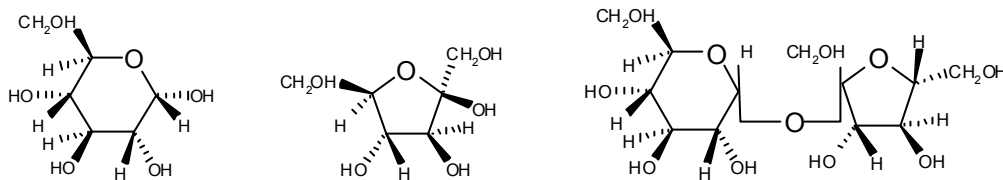
- 3.3 Die Makromoleküle der Cellulose bilden lineare Ketten, die sich unter Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zu langgestreckten Bündeln, den Elementarfibrillen, zusammenlagern. Etwa 20 Elementarfibrillen ergeben ebenfalls in Folge von Wasserstoffbrückenbindungen kristallähnliche Mikrofibrillen, die die Grundbausteine der Pflanzenzellwände darstellen. Im Gegensatz zum Stärkemolekül ist eine Einlagerung von Wassermolekülen bei der Cellulose nicht möglich und die Cellulose ist auf Grund ihrer geordneten Struktur widerstandsfähiger (z.B. gegenüber Säuren).  
Deshalb ist Cellulose als Gerüstmaterial für Pflanzen geeignet, nicht aber Stärke.

3.4



**Abitur 1985/IV/3**

- 3.1 a) D-Glucose
- b) D-Fructose
- c) Saccharose



- a)  $\alpha$ -D-Glucopyranose    b)  $\beta$ -D-Fructofuranose    c) Saccharose  
 (2-O- $\alpha$ -D-Glucopyranosyl- $\beta$ -D-Fructofuranosid)

3.2

	Fehling'sche Probe
Glucose	+
Fructose	+
Saccharose	-

Die Fehling'sche Probe ist ein typisches Nachweisreagenz für Aldehyde

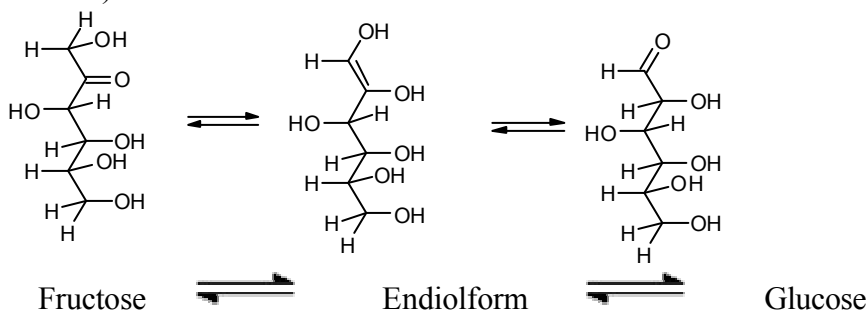
Positive Reaktion mit Glucose

Beobachtung: ziegelroter Niederschlag

Bei Fructose verläuft die Fehling Probe ebenfalls positiv, obwohl die Fructose keine Aldohexose sondern eine Ketohehexose ist.

Begründung:

Die Fructose steht über die Endiolform mit der Glucose im Gleichgewicht (basischer Bereich)



Bei Saccharose verläuft die Fehling'sche Probe negativ

Begründung:

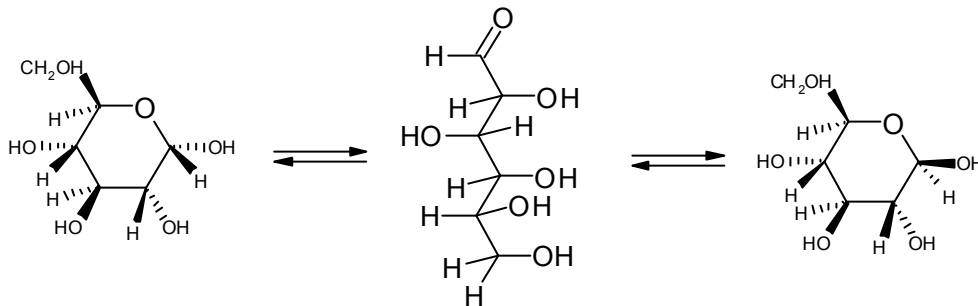
Bei Saccharose ist die latente Carbonylgruppe blockiert? es ist keine Ringöffnung möglich? es ist keine Aldehydgruppe vorhanden? der Aldehydnachweis nach Fehling verläuft negativ

- 3.3 Existiert von einem Zucker eine  $\alpha$ -Form und eine  $\beta$ -Form, so ist bei diesem Kohlenhydrat Mutarotation möglich? die latente Carbonylgruppe darf nicht blockiert sein  
Definition: Mutarotation

Die  $\alpha$ -Form eines Zuckers hat in wässriger Lösung einen bestimmten spezifischen Drehwinkel. Die  $\beta$ -Form besitzt ebenfalls einen anderen bestimmten spezifischen Drehwinkel. Nach einiger Zeit zeigen dann beide Lösungen denselben spezifischen Drehwinkel.

Begründung:

$\alpha$ -Form (Glucose)  $\rightleftharpoons$  offenkettige Form  $\rightleftharpoons$   $\beta$ -Form (Glucose)



Die Änderung des spezifischen Drehwinkels hin zu einem konstanten Endwert bezeichnet man als Mutarotation

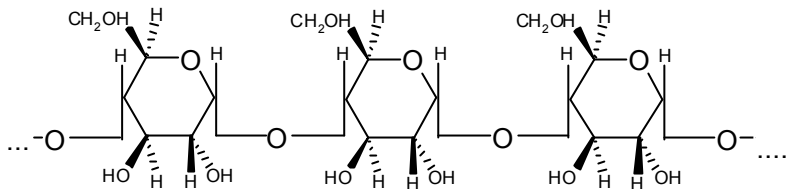
3.4

	Mutarotation	Begründung
Glucose	+	$\alpha$ - und $\beta$ -Form (latente Carbonylgruppe nicht blockiert)
Fructose	+	$\alpha$ - und $\beta$ -Form (latente Carbonylgruppe nicht blockiert)
Saccharose	-	latente Carbonylgruppe blockiert

### Abitur 1986/IV/3.3

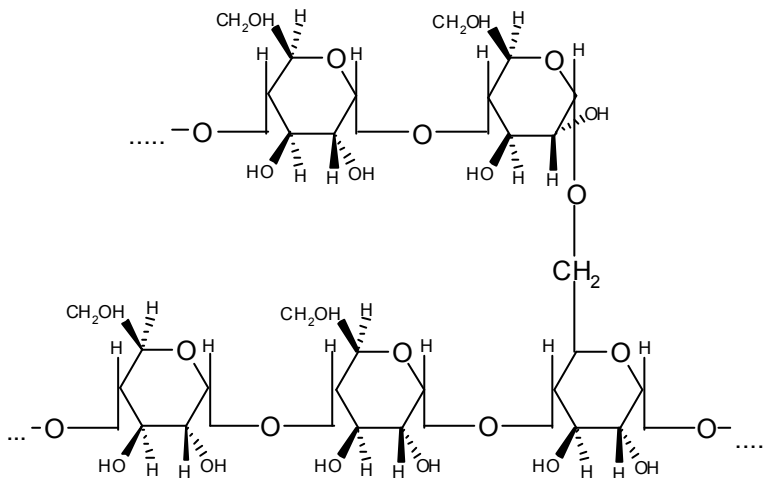
#### 3.3 Unterschiede im chemischen Aufbau der Stärke (Amylose und Amylopektin) und der Cellulose.

Bei der Stärke liegt  $\alpha$ -D-Glucose als monomerer Baustein zu Grunde  
Strukturformel der Amylose (wasserlöslicher Teil der Stärke)



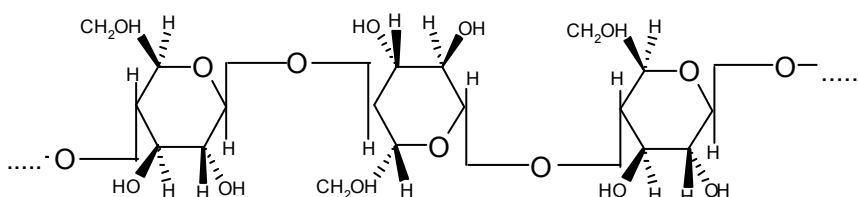
Durch die  $\alpha(1-4)$ -glykosidische Verknüpfung der Glucoseeinheiten ( $\alpha$ -D-Glucose) bei der Amylose entsteht eine unverzweigte Kette, die schraubig gewunden ist. Diese helikale Struktur, bei der auf eine Windung etwa sechs Glucose-Einheiten entfallen, wird durch Wasserstoffbrücken zwischen der OH-Gruppe des C-2-Atoms eines Glucose-Rests und der OH-Gruppe eines C-3-Atoms des folgenden Glucose-Restes stabilisiert.

Strukturformel des Amylopektin (wasserunlöslicher Teil der Stärke)



Die Ketten des Amylopektin entstehen wie bei der Amylose durch  $\alpha(1-4)$ -glykosidische Bindungen. Etwa jede zwölfte Glucose-Einheit bildet durch eine zusätzliche  $\alpha(1-6)$ -glykosidische Bindung eine Verzweigungsstelle? die Moleküle des Amylopektin sind deshalb nicht schraubenförmig angeordnet, sondern verzweigt.

Bei der Cellulose liegt  $\beta$ -D-Glucose als monomerer Baustein zu Grunde  
Strukturformel der Cellulose

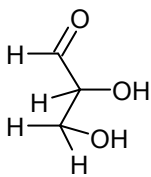


Durch die  $\beta(1-4)$ -glykosidische Verknüpfung der Glucoseeinheiten entsteht ein fadenförmiges, lineares Molekül. Die Makromoleküle der Cellulose bilden lineare Ketten, die sich unter Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zu langgestreckten Bündeln, den Elementarfibrillen, zusammenlagern. Etwa 20 Elementarfibrillen ergeben ebenfalls in Folge von Wasserstoffbrückenbindungen kristallähnliche Mikrofasern, die die Grundbausteine der Pflanzenzellwände darstellen.

### Abitur 1987/II/3

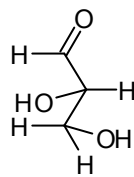
3.

3.1 Strukturformeln der Zucker mit der Zusammensetzung  $C_3H_6O_3$  und deren Benennung



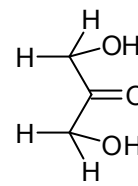
2,3-Dihydroxypropanal  
(D-Konfiguration)

I



2,3-Dihydroxypropanal  
(L-Konfiguration)

II



1,3-Dihydroxypropanon-2

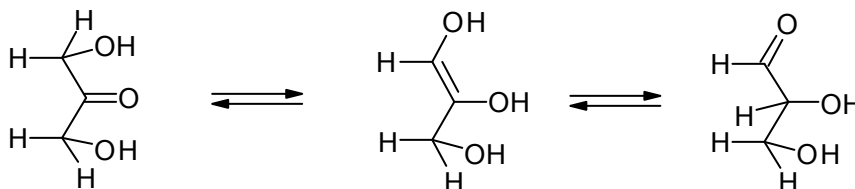
III

3.2

	Fehling'sche Probe
I	+
II	+
III	+

Bei den Molekülen I und II liegt jeweils eine Aldehydgruppe im Molekül vor  
? der Aldehydnachweis nach Fehling (Fehling'sche Probe) verläuft positiv.  
Beobachtung: ziegelroter Niederschlag

Auch das Molekül III reagiert positiv mit Fehling, da die Ketogruppe über die Endiolform mit der Aldehydgruppe im Gleichgewicht steht, d.h. die Ketogruppe geht in eine Aldehydgruppe über

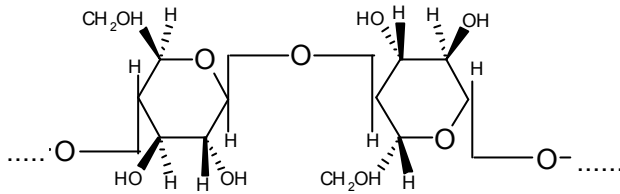


Beobachtung: ziegelroter bis orangefarbener Niederschlag

## Abitur 1988/III/1

1.

1.1 Strukturformelausschnitt der Cellulose (2 Baueinheiten)



Bei der Cellulose sind  $\beta$ -D-Glucose-Bausteine (Pyranoseform) 1-4-glykosidisch miteinander verknüpft.

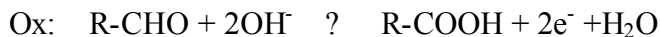
1.2 Die Cellulose kann entweder durch säurekatalytische oder enzymatische Spaltung in vergärbare Zucker (Glucose) übergeführt werden.

Zur säurekatalytischen Spaltung:

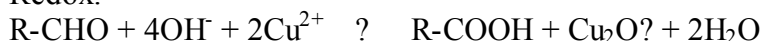
Cellulose wird mit einer starken Säure (z.B. konzentrierte Schwefelsäure) versetzt und erhitzt. Nach dem Erhitzen (Spaltung) wird die entstandene Lösung mit einer Lauge (z.B. Natronlauge) neutralisiert. Bei der (totalen) Hydrolyse mittels starker Säuren entsteht ausschließlich D-Glucose? ein vergärbarer Zucker.

1.3 Die in der entstehenden, verdünnten Holzzuckerlösung vorhandenen reduzierenden Zucker können mit Hilfe der Fehling'schen Probe nachgewiesen werden. Diese verläuft positiv, da es sich beim Reaktionsprodukt von 1.2 um  $\beta$ -D-Glucose (Aldohexose) handelt? die im Molekül vorhandene Aldehydgruppe wird oxidiert.

Redox-Gleichung für ein frei gewähltes Beispiel (R=Rest) (Fehling'sche Probe)

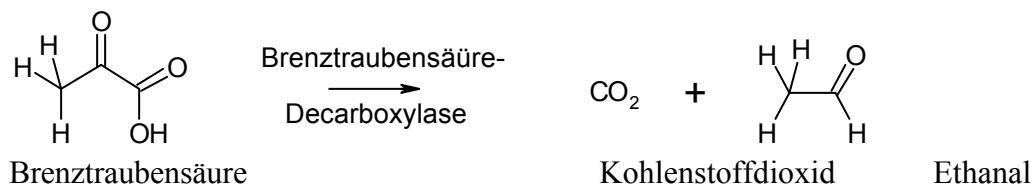


Redox:

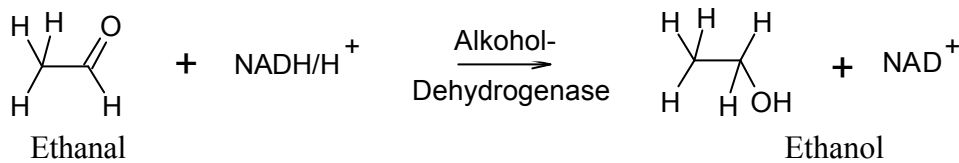


1.4 Die im Holzzucker enthaltene Glucose wird mit Hilfe von Enzymen zur Brenztraubensäure ( $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$ ) abgebaut. Diesen Vorgang bezeichnet man als Glykolyse.

Die auf diese Weise gewonnene Brenztraubensäure wird mit Hilfe von Hefepilzen (enthalten das Enzym Brenztraubensäure-Decarboxylase), unter anaeroben Bedingungen, weiter abgebaut zu Kohlenstoffdioxid und Ethanal.



Dieser Aldehyd (Ethanal) kann jedoch enzymatisch sofort zum entsprechenden Alkohol umgewandelt werden, durch das beim Glucoseabbau entstandene  $\text{NADH}/\text{H}^+$ .



Gesamtgleichung für diesen Vorgang:



### Abitur 1989/I/3

3.1

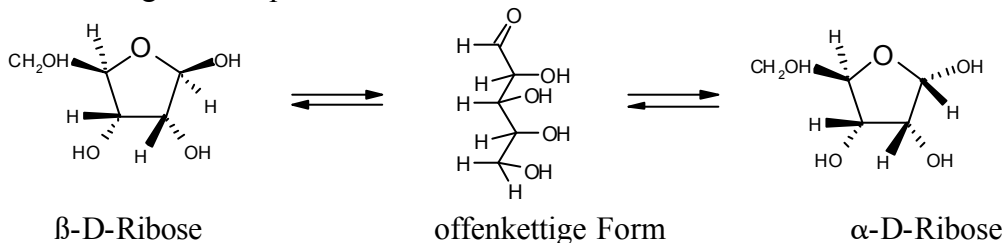
#### 3.1.1 Definition: Mutarotation

Man betrachtet eine frisch zubereitete Zuckerlösung (entweder  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Form) im Polarimeter und stellt einen bestimmten spezifischen Drehwinkel fest. Nach einiger Zeit kommt es zu einer Änderung des Drehwinkels. Die Begründung dafür ist, dass z.B. eine Zuckerlösung in  $\alpha$ -Form über die offenkettige Form mit der  $\beta$ -Form im Gleichgewicht steht, und umgekehrt. Da  $\alpha$ - und  $\beta$ -Form jeweils einen unterschiedlichen spezifischen Drehwinkel besitzen, kommt es zu einer Änderung des Drehwinkels in der Lösung. Diese Änderung hin zu einem konstanten Endwert bezeichnet man als Mutarotation.

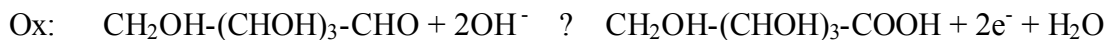
Voraussetzung für Mutarotation: Ringöffnung muss möglich sein, damit  $\alpha$ - und  $\beta$ -Form über die offenkettige Form im Gleichgewicht stehen kann.

Physikalisches Hilfsmittel zum Nachweis der Mutarotation: Polarimeter

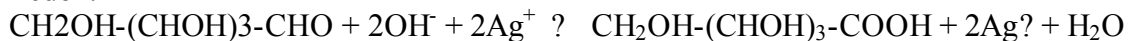
#### 3.1.2 Erklärung am Beispiel der Ribose



3.2

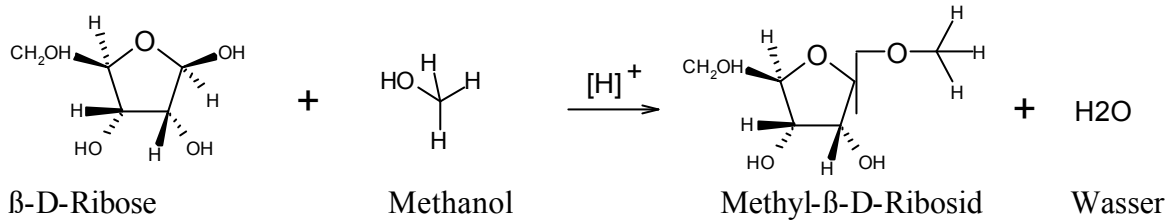


Redox:



Die Silberspiegelprobe fällt positiv aus, da die latente Carbonylgruppe bei der Ribose nicht blockiert ist? Ringöffnung ist möglich? im Molekül ist eine oxidierbare Aldehydgruppe vorhanden? die Silberprobe verläuft positiv.

3.3



Die latente Carbonylgruppe des Methyl- $\beta$ -D-Ribosid ist blockiert? es ist keine Ringöffnung möglich? es existiert keine offenkettige Form über die das Methyl- $\beta$ -D-Ribosid mit dem Methyl- $\alpha$ -D-Ribosid im Gleichgewicht stehen könnte? es kommt zu keiner Änderung des Drehwinkels? das Reaktionsprodukt zeigt keine Mutarotation.

### Abitur 1989/III/2

2.

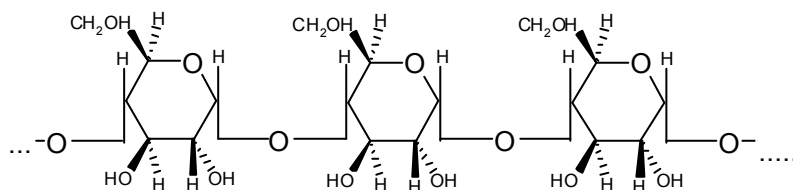
2.1 Stärke tritt in der Natur in zwei meist nebeneinander vorkommenden Modifikationen auf:

Amylose und Amylopektin

Entscheidend bei jodometrischen Maßanalysen ist die Amylose.

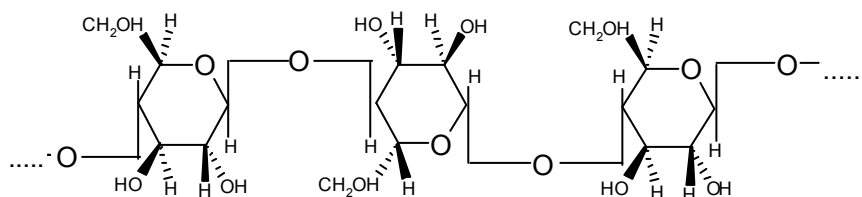
Amylose bildet unverzweigte, spiralförmig gewundene Makromoleküle (aufgrund der glykosidischen Verknüpfungen der Monomeren), die aus 250 bis 500  $\alpha$ -D-Glucose-Molekülen aufgebaut sein können ( $\alpha$ -Helix). Sie löst sich in heißem Wasser kolloidal und zeigt mit Jod-Kaliumjodid-Lösung (Lugol'sche Reagenz) eine Blaufärbung. Diese Farbreaktion (Jod-Stärke-Reaktion) geht auf eine Einschlussverbindung der Jod-Moleküle in den tunnelförmigen Innenraum des spiralförmigen Amylose-Moleküls zurück  
? es entsteht ein tiefblauer Jod-Stärke-Komplex.

2.2 Strukturformelausschnitt der Amylose



Durch die  $\alpha(1-4)$ -glykosidische Verknüpfung der  $\alpha$ -D-Glucose-Bausteine liegt die Amylose als schraubenförmiges Molekül vor. Die Jodmoleküle werden im Inneren der Spirale ( $\alpha$ -Helix) eingelagert? es entsteht ein tiefblauer Jod-Stärke-Komplex.

Strukturformelausschnitt der Cellulose





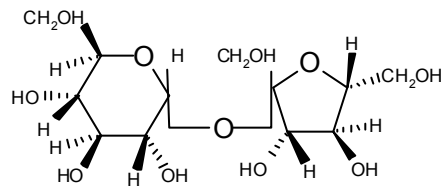
Die Makromoleküle der Cellulose bestehen aus über 1000 Monomeren der  $\beta$ -D-Glucose. Durch die  $\beta(1-4)$ -glykosidische Verknüpfung der Monomeren entsteht ein geradkettiges, gestrecktes Riesennmolekül, dessen Struktur fadenförmig ist. Die Jodmoleküle können sich hier nicht wie bei der Amylose im Inneren einer  $\alpha$ -Helix einlagern? es kommt zu keiner Komplex-Bildung mit Jod? die Blaufärbung bleibt aus.

### Warum eignet sich Cellulose als Gerüstmaterial für Pflanzen

Die Makromoleküle der Cellulose bilden lineare Ketten, die sich unter Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zu langgestreckten Bündeln, den Elementarfibrillen, zusammenlagern. Etwa 20 Elementarfibrillen ergeben ebenfalls in Folge von Wasserstoffbrückenbindungen kristallähnliche Mikrofibrillen, die die Grundbausteine der Pflanzenzellwände darstellen. Im Gegensatz zum Stärkemolekül ist eine Einlagerung von Wassermolekülen bei der Cellulose nicht möglich und die Cellulose ist auf Grund ihrer geordneten Struktur widerstandsfähiger (z.B. gegenüber Säuren). Deshalb ist Cellulose als Gerüstmaterial für Pflanzen geeignet, nicht aber Stärke.

## Abitur 1990/1/3

3.1



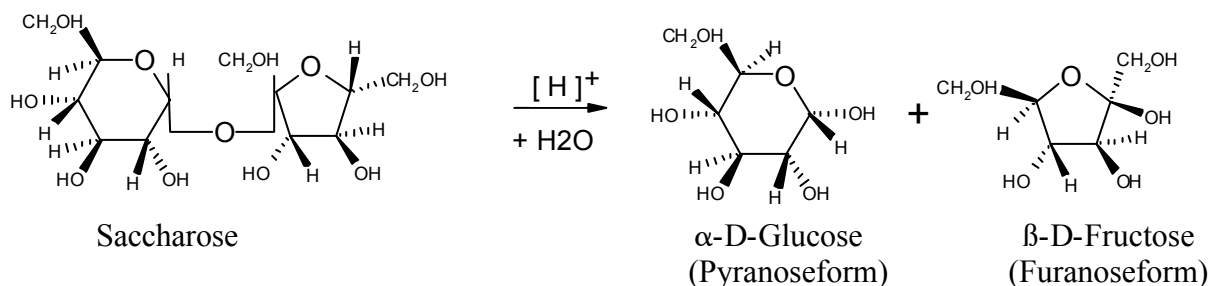
Saccharose (2-O- $\alpha$ -D-Glucopyranosyl- $\beta$ -D-Fructofuranosid)

3.2.1

	Fehling'sche Probe
Saccharose	-
Saccharose + HCl (erhitzen)	+

Bei Saccharose (in Wasser gelöst) ist die latente Carbonylgruppe blockiert, d.h. es ist keine Ringöffnung möglich? es ist keine Aldehydgruppe im Molekül vorhanden? der Aldehydnachweis nach Fehling verläuft negativ

Versetzt man Saccharose mit Salzsäure und erhitzt dann, so kommt es zu einer säurehydrolytischen Spaltung der Saccharose in ihre Monosaccharide.



Da sowohl die Glucose als auch die Fructose (über Endiolform im Gleichgewicht mit Glucose) eine positive Reaktion mit Fehling'scher Reagenz zeigen, reagiert die nach der säurehydrolytischen Spaltung entstehende Lösung ebenfalls positiv mit Fehling, da äquimolare Mengen an Glucose und Fructose vorliegen.

### 3.2.2

Hierbei handelt es sich um die Inversion von Saccharose. Die gelöste Saccharose dreht die Schwingungsebene linear polarisierten Lichts um einen bestimmten Betrag nach rechts. Nach der säurehydrolytischen Spaltung mit Salzsäure liegen äquimolare Mengen an  $\alpha$ -D-Glucose und  $\beta$ -D-Fructose vor. Da die Fructose linear polarisiertes Licht um einen höheren Betrag nach links dreht, als die Glucose nach rechts dreht, ist die entstehende Lösung linksdrehend. Die Umkehrung des Drehsinns bezeichnet man als Inversion. Das Gemisch nach der Hydrolyse bezeichnet man als Invertzucker.

## Abitur 1990/IV/4

4.

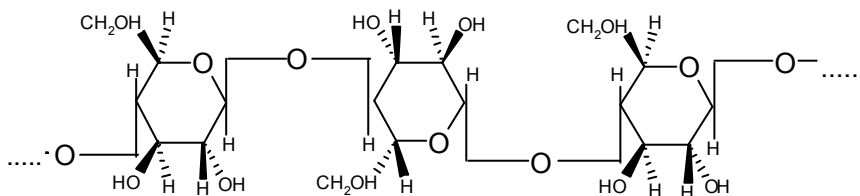
4.1

Cellulose (Baumwolle) ist ein Polysaccharid und gehört somit zur Stoffklasse der Kohlenhydrate (Zucker)

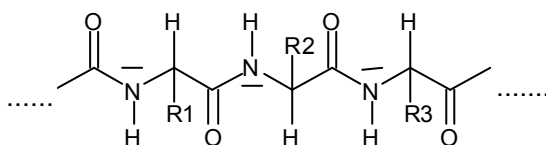
Keratin (Wolle) ist ein Polypeptid und gehört somit zur Stoffklasse der Proteine (Eiweiße)

4.2 Strukturformelausschnitte von a) Cellulose und b) Keratin

a) Cellulose



b) Keratin



Zum räumlichen Bau beider Makromoleküle:

Cellulose:

Bei der Cellulose liegen die Makromoleküle linear vor? die Cellulose besitzt eine fadenförmige Struktur.

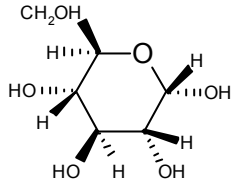
Keratin:

Das Polypeptid liegt in der Sekundärstruktur vor? es ist ein langes, gestrecktes Molekül in der  $\alpha$ -Helix-Konformation (schraubenförmige Struktur). Wolle (Keratin) wird deshalb auch als  $\alpha$ -Keratin bezeichnet.

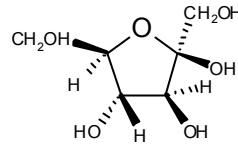
## Abitur 1991/I/2

2.

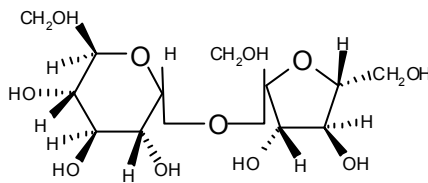
### 2.1 Molekülstrukturformeln zu Glucose, Fructose und Saccharose



$\alpha$ -D-Glucose (Pyranoseform)



$\beta$ -D-Fructose (Furanoseform)



Saccharose

2.2

	Fehling'sche Probe	GOD-Test	Seliwanow-Reaktion
Glucose	+	+	-
Fructose	+	-	+
Saccharose	-	-	-

Man führt mit allen drei in Wasser gelösten Zuckern (Glucose, Fructose, Saccharose) die Fehling'sche Probe durch. Man gibt jeweils die Lösungen Fehling I (Kupfersulfatlösung) und Fehling II (alkalische Kaliumnatriumtartratlösung) zu den Zuckern und erwärmt dann. Bei positiver Reaktion lässt sich ein orangefarbener bis ziegelroter Niederschlag beobachten.

Bei Glucose ist eine Ringöffnung möglich? es ist eine Aldehydgruppe im Molekül vorhanden? die Fehling'sche Probe verläuft positiv.

Bei der Fructose verläuft die Fehling'sche Probe ebenfalls positiv. Da bei der Fehling'schen Probe im alkalischen Bereich gearbeitet wird, steht die Fructose über die Endiolform mit der Glucose im Gleichgewicht, d.h. die Ketogruppe geht in eine Aldehydgruppe über.

Bei Saccharose verläuft die Fehling'sche Probe negativ, da die latente Carbonylgruppe im Molekül blockiert ist? es ist keine Ringöffnung möglich? im Molekül ist keine Aldehydgruppe vorhanden.

Auf diese Weise lässt sich Saccharose von den beiden anderen Zuckern unterscheiden. Zur Unterscheidung von Glucose und Fructose führt man entweder den GOD-Test oder die Seliwanow-Reaktion durch.

### GOD-Test

Spezifischer Nachweis für Glucose

Man taucht ein GOD-Teststäbchen in die Glucoselösung und stellt fest, dass eine Verfärbung von gelb nach grün (bzw. blau) auftritt.

### Seliwanow-Reaktion

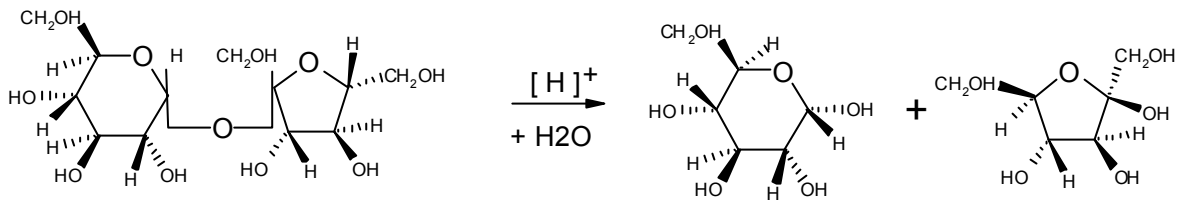
Spezifischer Nachweis für Fructose (Ketosen)

Man erwärmt angesäuerte Fructoselösung mit Resorcin und kann eine Rotfärbung beobachten.

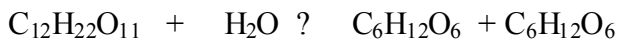
Auf diese Weise lassen sich Glucose und Fructose voneinander entscheiden.

2.3.

#### 2.3.1 Strukturformelgleichung



Summengleichung der ablaufenden Reaktion



Saccharose + Wasser ? Glucose + Fructose

2.3.2 Bei der Betrachtung der beiden Lösungen im Polarimeter stellt man fest, dass die Saccharose die Schwingungsebene des linear polarisierten Lichts um einen bestimmten Betrag nach rechts dreht, während die mit Salzsäure gekochte Saccharose linear polarisiertes Licht nach links dreht.

Hierbei handelt es sich um die Inversion von Saccharose. Nach der säurehydrolytischen Spaltung der Saccharose liegen äquimolare Mengen an  $\alpha$ -D-Glucose und  $\beta$ -D-Fructose vor. Da die Fructose linear polarisiertes Licht um einen höheren Betrag nach links dreht, als die Glucose nach rechts dreht, ist die entstehende Lösung linksdrehend.

Die Umkehrung des Drehsinns wird als Inversion bezeichnet.

### Abitur 1992/I/2

2.

2.1 Fehling'sches Reagenz besteht aus zwei Komponenten, Fehling I und Fehling II

Fehling I: Kupfersulfatlösung ( $CuSO_4$ )

Fehling II: alkalische Kaliumnatriumtartratlösung (NaOH; Kaliumnatriumtartrat)

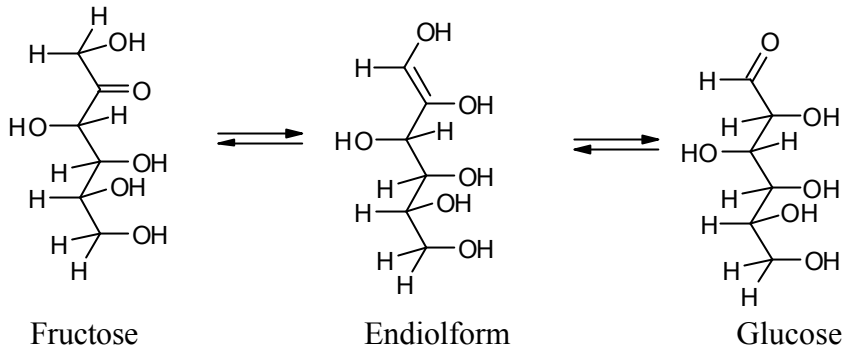
Zur Durchführung der Fehling'schen Probe mit Fructose:

Man gibt die Lösungen Fehling I und Fehling II zur Fructoselösung und erwärmt diese dann.

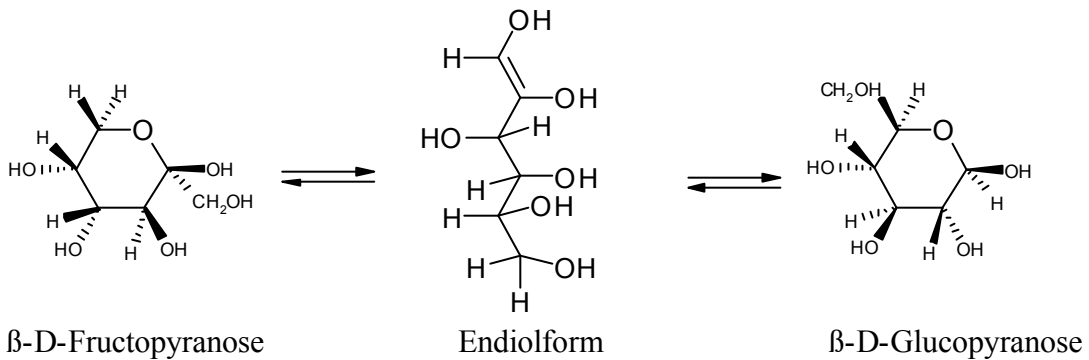
Beobachtung: orangefarbener bis ziegelroter Niederschlag

2.2 Die Fehling'sche Probe ist eigentlich ein spezifischer Nachweis für Aldehyde und müsste deswegen mit der Fructose (Ketohehexose) negativ verlaufen. Da aber bei der Fehling'schen Probe im alkalischen Bereich gearbeitet wird, steht die Fructose über die Endiolform mit der Glucose im Gleichgewicht, d.h. die Ketogruppe geht in eine Aldehydgruppe über.

Begründung mit Hilfe von Strukturformeln (Sechsringsystem)

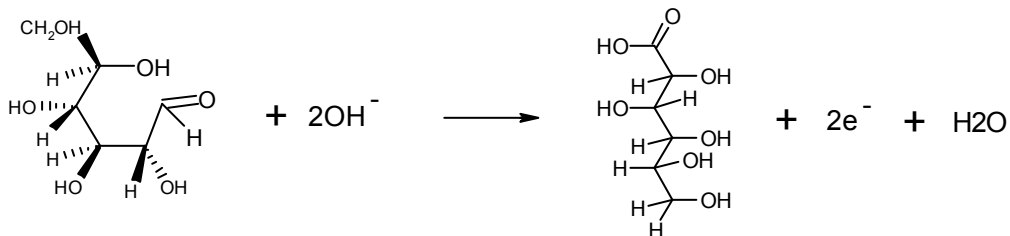


Das heißt die  $\beta$ -D-Fructopyranose steht über die Endiolform im Gleichgewicht mit der  $\beta$ -D-Glucopyranose.



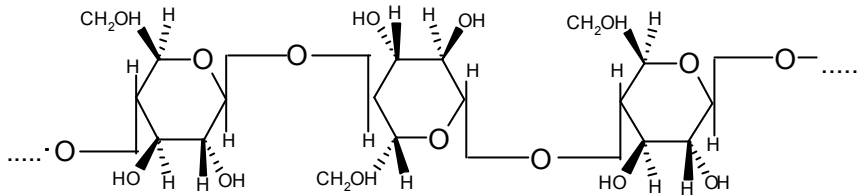
Bei der Fehling'schen Probe wird die Aldehydgruppe zu einer Carboxylgruppe oxidiert

Reaktionsgleichung der Oxidation:



### Abitur 1992/III/3.3

#### 3.3 Strukturformelausschnitt der Cellulose (3 Baueinheiten)



Bei der Cellulose sind  $\beta$ -D-Glucose-Bausteine (1-4)-glykosidisch miteinander verknüpft.

#### 3.4 Warum eignet sich Cellulose als Gerüstmaterial für Pflanzen

Die Makromoleküle der Cellulose bilden lineare Ketten, die sich unter Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zu langgestreckten Bündeln, den Elementarfibrillen, zusammenlagern. Etwa 20 Elementarfibrillen ergeben ebenfalls in Folge von Wasserstoffbrückenbindungen kristallähnliche Mikrofibrillen, die die Grundbausteine der Pflanzenzellwände darstellen. Im Gegensatz zum Stärkemolekül ist eine Einlagerung von Wassermolekülen bei der Cellulose nicht möglich und die Cellulose ist auf Grund ihrer geordneten Struktur widerstandsfähiger (z.B. gegenüber Säuren).

Deshalb ist Cellulose als Gerüstmaterial für Pflanzen geeignet, nicht aber Stärke.

### Abitur 1993/I/3

3.

3.1

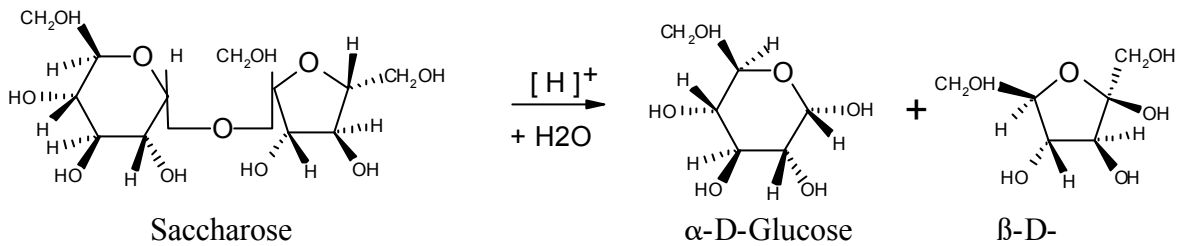
Eine Modellvorstellung, mit der die Wirkungsweise eines Enzyms erklärt werden kann ist das Schlüssel-Schloss-Prinzip:

Die Wirkungsweise eines Enzyms beruht im Wesentlichen auf der Bildung eines Enzym-Substrat-Komplexes, in dem sich das Substrat in einem aktivierten Zustand befindet und aus dem in einfachen Fällen direkt das Produkt entsteht. Auffallend für viele Enzyme ist ihre Fähigkeit, nur mit einem bestimmten Substrat oder nur mit einer Gruppe ähnlicher Substrate zu reagieren. Diese Substratspezifität wurde durch das Schlüssel-Schloss-Prinzip erklärt, wonach ein Substrat zu einem Enzym passen muss, wie ein Schlüssel zum Schloss.

#### 3.2 Testergebnis und Begründung

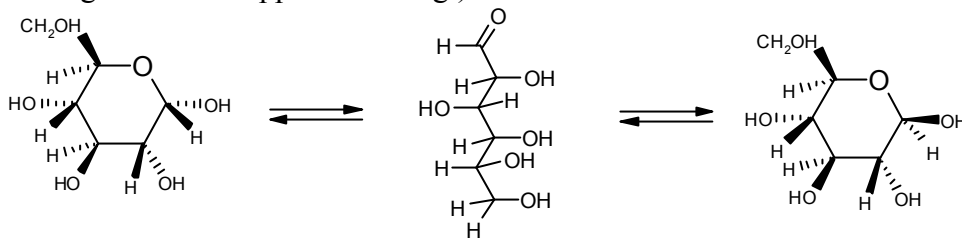
Der Test verläuft positiv.

Die Saccharoselösung wird durch das Kochen mit Salzsäure in ihre, zu Grunde liegenden, Monosaccharide  $\alpha$ -D-Glucose und  $\beta$ -D-Fructose gespalten.



Fructose

Die entstehende  $\alpha$ -D-Glucose steht über die offenkettige Form mit der  $\beta$ -D-Glucose im Gleichgewicht (wobei der Anteil der  $\beta$ -D-Glucose aufgrund der energetisch günstigeren Stellung der OH-Gruppen überwiegt).



$\alpha$ -D-Glucose

offenkettige Form

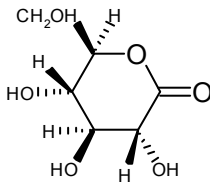
$\beta$ -D-Glucose

Da die Teststreifen spezifisch auf  $\beta$ -D-Glucose reagieren, verläuft der Test positiv.

Beobachtung: Grünfärbung

3.3 Das entstehende Oxidationsprodukt aus 3 ist Gluconsäure. Diese bildet einen intramolekularen Ester.

Strukturformel des Esters (in Sechsringform):



### Abitur 1993/IV/3

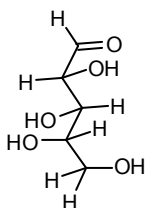
3.1 Bedeutung von „D“

D bedeutet, dass die OH-Gruppe am asymmetrischen (chiralen) Kohlenstoffatom, das am weitesten von der funktionellen Gruppe (z.B. CHO-Gruppe) entfernt ist, rechts steht

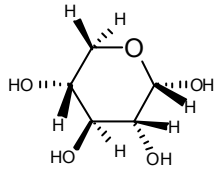
Bedeutung von „+“

„+“ bedeutet, dass diese(s) Substanz(Molekül) linear polarisiertes Licht nach rechts dreht

### L-Xylose (Fischerprojektion)



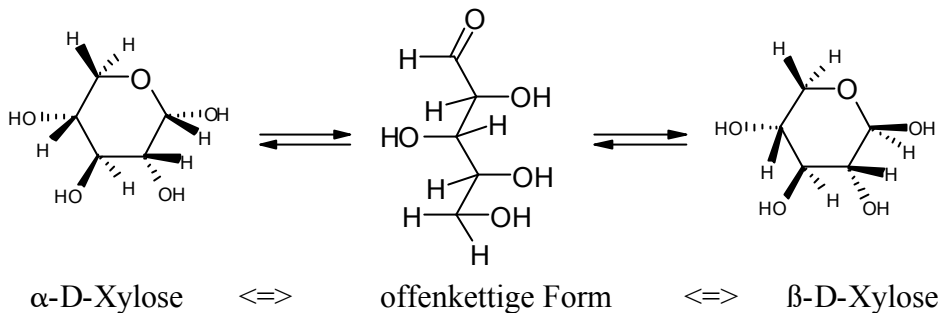
3.2



$\alpha$ -D-(+)-Xylose in Pyranoseform ( $\alpha$ -D-Xylopyranose)

3.3 Hierbei handelt es sich um Mutarotation.

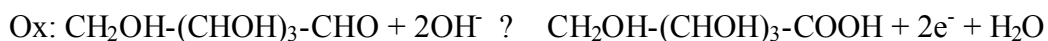
Die  $\alpha$ -D-Xylose besitzt in wässriger Lösung einen bestimmten spezifischen Drehwinkel. Da die  $\alpha$ -D-Xylose über die offenkettige Form mit der  $\beta$ -D-Xylose im Gleichgewicht steht, befindet sich auch  $\beta$ -D-Xylose in der Lösung.



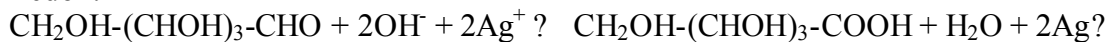
Die  $\beta$ -D-Xylose besitzt ebenfalls einen bestimmten charakteristischen Drehwinkel, der sich von dem der  $\alpha$ -Form unterscheidet. Aufgrund dessen kommt es zu einer Änderung des spezifischen Drehwinkels hin zu einem konstanten Endwert. Diese Änderung bezeichnet man als Mutarotation.

3.4 Die Silberspiegelprobe ist ein typisches Nachweisreagenz für Aldehyde. Man gibt eine Silbernitratlösung zur D-Xylose und erwärmt diese dann. Da die latente Carbonylgruppe nicht blockiert ist, ist die D-Xylose ein reduzierender Zucker? die Silberspiegelprobe verläuft positiv.

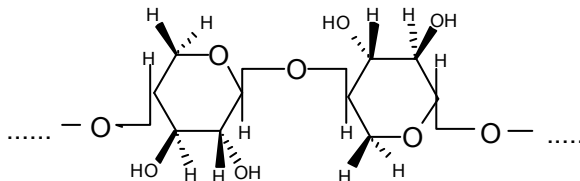
Das bei der Reduktion entstandene elementare Silber kann als schwarzer Niederschlag beobachtet werden.



Redox:



3.5



Strukturformelausschnitt von Xylan (Polysaccharid)  
(D-Xylopyranose-Reste  $\beta$ -(1-4)-glykosidisch miteinander verknüpft)



## Abitur 1994/II/3

### 3.1 Die Fehling'sche Lösung besteht aus zwei Komponenten

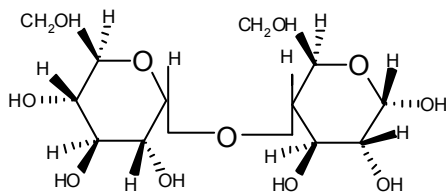
Fehling I: Kupfersulfatlösung ( $\text{CuSO}_4$ )

Fehling II: alkalische Kaliumnatriumtartratlösung ( $\text{NaOH}$ ; Kaliumnatriumtartrat)

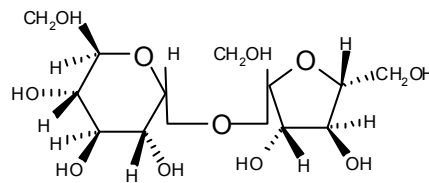
Man gibt zu beiden Zuckern (Maltose; Saccharose) jeweils die Lösungen Fehling I und Fehling II und erwärmt dann. Befindet sich eine (freie) Aldehydgruppe im Molekül so verläuft die Reaktion positiv. In diesem Fall kann man einen ziegelroten bis orangen Niederschlag beobachten.

	Fehling'sche Probe
Maltose	+
Saccharose	-

### 3.2



Maltose

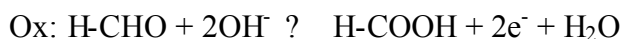


Saccharose

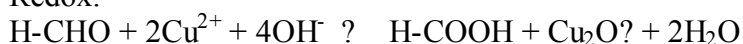
Bei der Maltose liegt eine 1-4-glykosidische Verknüpfung vor, d.h. die latente Carbonylgruppe im Maltosemolekül ist nicht blockiert? Ringöffnung ist möglich? im Maltosemolekül ist eine Aldehydgruppe nachweisbar? die Fehling'sche Probe verläuft positiv.

Bei der Saccharose liegt eine 1-2-glykosidische Verknüpfung vor, d.h. im Saccharosemolekül ist die latente Carbonylgruppe blockiert? es ist keine Ringöffnung möglich? somit ist auch keine Aldehydgruppe nachweisbar? die Fehling'sche Probe verläuft negativ.

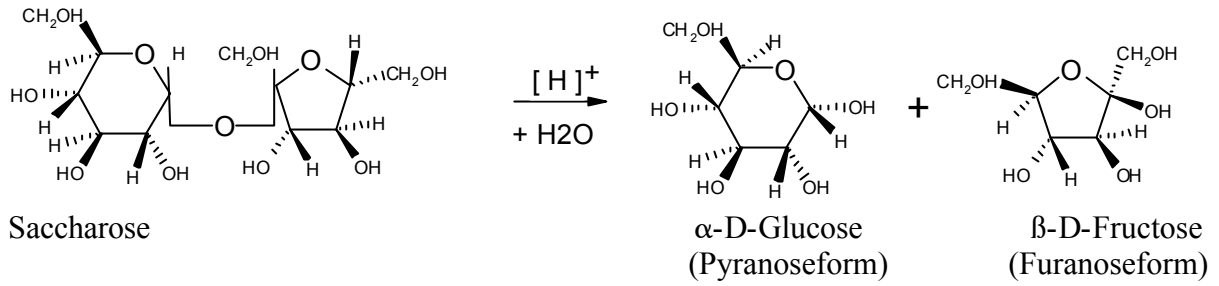
### 3.3 Redox-Gleichung für die Reaktion von Methanal mit Fehling



Redox:

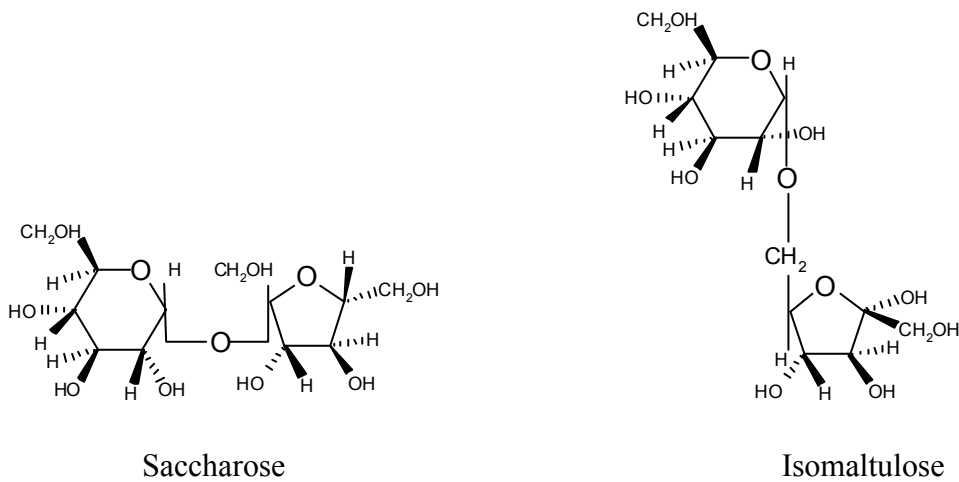


### 3.4 Säurehydrolytische Spaltung von Saccharose (Hydrolyse der Saccharose)

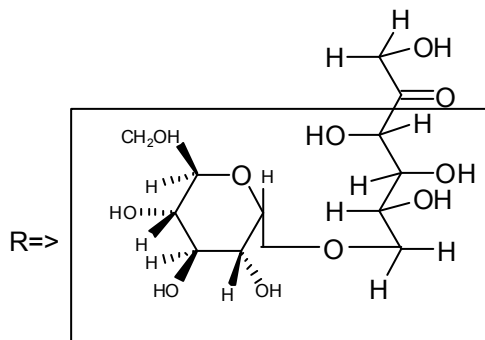


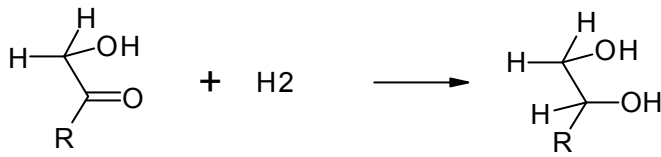
### Abitur 1996/III/3

3.1

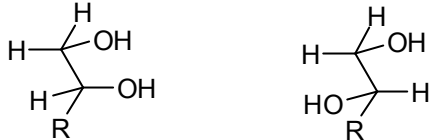


3.2





Es sind zwei Diastereomere vorhanden:



Nach der Hydrierung ist ein (zusätzliches) asymmetrisches C-Atom entstanden, da das C-Atom vier verschiedene Nachbargruppen (Liganden) besitzt.

Die beiden Moleküle sind Diastereomere, da sie sich nicht wie Bild zu Spiegelbild verhalten.

3.3

	Fehling'sche Probe	
Saccharose	-	I
Isomaltulose	+	II
Isomaltit	-	III

Zu I:

Mit Saccharose verläuft die Fehling'sche Probe negativ, da im Molekül die beiden anomeren C-Atome miteinander verbunden sind, d.h. die latente Carbonylgruppe ist blockiert? Ringöffnung ist nicht möglich? es kann sich keine Aldehydgruppe bilden? die Fehling'sche Probe verläuft negativ.

Zu II:

Bei der Isomaltulose verläuft die Fehling'sche Probe positiv, d.h. es bildet sich ein roter Niederschlag ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Bei der Fructose ist eine Ringöffnung möglich, da das anomere C-Atom „frei“ ist (die latente Carbonylgruppe ist nicht blockiert). Da bei der Fehling'schen Probe im alkalischen Bereich gearbeitet wird, steht die Fructose über die Endiolform mit der Glucose im Gleichgewicht, d.h. die Ketogruppe geht in eine Aldehydgruppe über.

Zu III:

Bei Isomaltit verläuft die Fehling'sche Probe negativ, da keine oxidierbare Carbonylgruppe vorhanden ist.

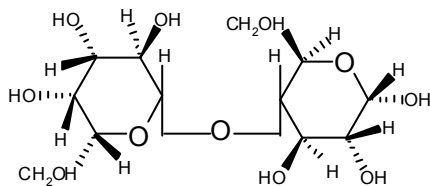
3.1 Man überprüft zuerst die Löslichkeit aller vier Zucker in Wasser. Cellulose ist in Wasser völlig unlöslich. Amylose zeigt eine beschränkte Löslichkeit in warmem Wasser. Dagegen sind Saccharose und Lactose in Wasser sehr gut löslich. Aufgrund dessen kann man Saccharose und Lactose mit der Lugol'schen Reagenz: J<sub>2</sub>/KJ-Lösung unterscheiden: Lactose wirkt reduzierend, Saccharose nicht.

	Lugol'sche Reagenz: J <sub>2</sub> /KJ-Lösung
Amylose	+
Cellulose	-

und Lactose in Wasser sehr gut löslich. Aufgrund dessen kann man Saccharose und Lactose mit der Fehling'schen Probe unterscheiden: Lactose wirkt reduzierend, Saccharose nicht.

Amylose lässt sich mit Jodlösung von Cellulose unterscheiden: Nur bei Amylose tritt eine tiefe Blaufärbung auf.

3.2

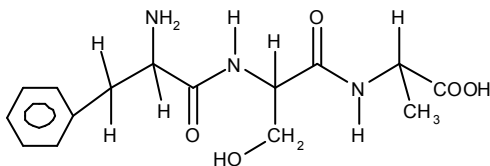


Strukturformel der Lactose

Der erste Zucker liegt in der  $\beta$ -Form vor. Die Verknüpfung geht von seinem anomeren C-Atom (C-Atom 1) zum C-Atom 4 des zweiten Zuckers. Es handelt sich also um eine  $\beta$ -(1-4)-glykosidische Verknüpfung.

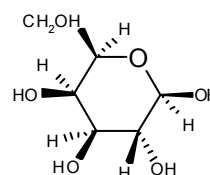
### Abitur 1997/II/3

3.1

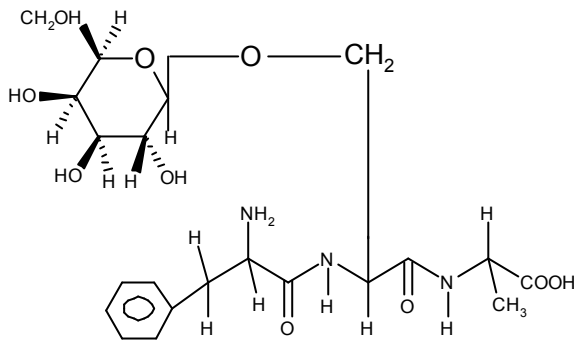


Tripeptid (Phe-Ser-Ala)

	Fehling'sche Probe
Saccharose	-
Lactose	+



## β-D-Galactopyranose



## Glycopeptid

3.2

	Fehling'sche Probe	Biuret-Probe
Glycopeptid	-	+

Zur Fehling'schen Probe:

Gleiche Mengen Fehling I (Kupfersulfatlösung) und Fehling II (alkalische Kaliumnatriumtartratlösung) werden gemischt, mit der Probelösung (Glycopeptid) versetzt und erhitzt. Bei positivem Verlauf ergibt sich ein orangefarbener Niederschlag von Kupfer(I)-oxid.

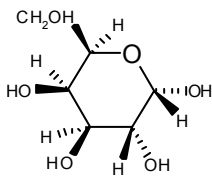
In diesem Fall (Glycopeptid) ist die Fehling'sche Probe negativ, da durch die glykosidische Bindung das anomere C-Atom der Galactose blockiert ist (latente Carbonylgruppe blockiert) und somit keine Ringöffnung möglich ist? es ist keine Aldehydgruppe im Molekül vorhanden? die Fehling'sche Probe verläuft negativ.

Zur Biuret-Probe:

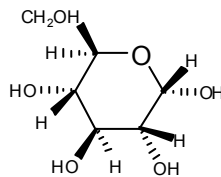
Die Biuret-Probe hingegen verläuft positiv, da im Tirpeptid Peptidbindungen vorhanden sind. Man versetzt die Probe (Glycopeptid) mit Natronlauge und wenig Kupfersulfatlösung und erhält einen violett gefärbten Kupferkomplex.

## Abitur 1998/I/4

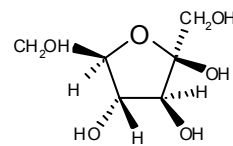
### 4.1 Strukturformeln der Edukte



α-D-Galactopyranose

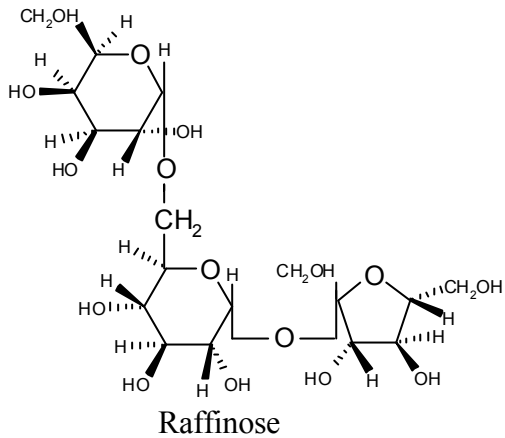


α-D-Glucopyranose



β-D-Fructofuranose

## Strukturformel der Raffinose



4.2 Zur Raffinose gibt man die Lösungen Fehling I (Kupfersulfatlösung) und Fehling II (Natronlauge und Kaliumnatriumtartrat) und erwärmt.

	Fehling'sche Probe
Raffinose	-

Bei der Raffinose verläuft die Fehling'sche Probe negativ, da alle anomeren C-Atome an den glykosidischen Bindungen beteiligt sind (? Latente Carbonylgruppen sind blockiert). Daher ist eine Ringöffnung unter Bildung eines Moleküls mit Aldehydgruppe nicht möglich? der Aldehydnachweis nach Fehling verläuft negativ.

4.3 Raffinose wird säurehydrolytisch gespalten. Im Hydrolysat liegen äquimolare Mengen an Galactose, Glucose und Fructose vor.

### Nachweis von Glucose und Fructose

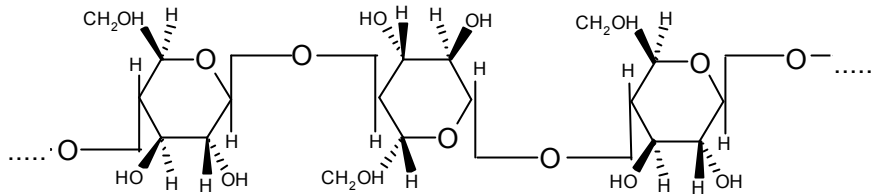
	GOD-Test	Seliwanow-Reaktion
Glucose	+	-
Fructose	-	+

Die Glucose lässt sich mit dem GOD-Test nachweisen. Man taucht ein GOD-Teststäbchen in die Glucoselösung und stellt fest, dass eine Verfärbung von gelb nach grün (bzw. blau) auftritt.

Die Fructose weist man mit der Seliwanow-Reaktion nach. Dazu erwärmt man die angesäuerte Fructoselösung mit Resorcin und beobachtet eine Rotfärbung.

## Abitur 1999/IV/1.5

### 1.5. Strukturformelausschnitt der Cellulose



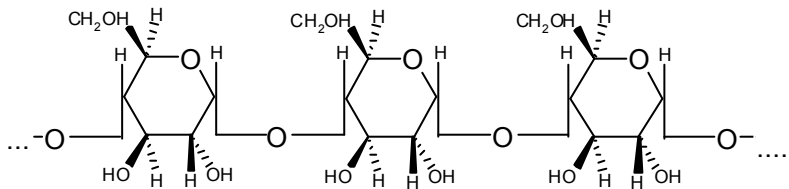
Die Cellulose weist eine fadenförmige Struktur auf.

Bei Cellulose liegen lineare Makromoleküle (fadenförmige Struktur) vor, zwischen denen sehr viele und starke Wasserstoffbrückenbindungen wirken. Dadurch haben die (Cellulose-)Fasern eine hohe Zugfestigkeit und sind auch thermisch sehr beständig. Aufgrund dessen eignet sich die Cellulose zur Herstellung von Textilfasern.

2.

2.1

### Strukturformelausschnitt der Amylose



### Strukturformelausschnitt des Amylopektin

