

## 4.2. Aufgaben zu Kohlenhydraten

### Aufgabe 1: Physikalische Eigenschaften

Zeichne die Strukturformeln der folgenden Verbindungen, ordne sie nach Siedepunkten bzw. Wasserlöslichkeit und begründe :

- Ethan, Ethanol, Dimethylether, Ethanal
- Methanol, Glykol (Ethandiol), Glycerin (Propantriol), Sorbitol (Hexanhexol)
- Ethansäure, Methansäure-Methyl-Ester

### Aufgabe 2: Stereoisomerie, R-S- Nomenklatur und L/D-Reihen

Zeichne alle möglichen Stereoisomere der folgenden Verbindungen, benenne nach der R-S-Nomenklatur und ordne sie jeweils der D- oder L-Reihe zu:

- 2,3-Dichlorpentan
- 1,2,3-Trichlorbutan
- 2,3,4-Trihydroxybutanal

### Aufgabe 3: Polarimetrie

- Erkläre mit Hilfe einer beschrifteten Skizze den Aufbau und die Funktionsweise eines einfachen Polarimeters.
- Der spezifische Drehwert von D-Butan-2-ol ist  $[\alpha]_D^{20} = + 13,0 \text{ } ^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$ . Bestimme den Drehwert einer Lösung von D-Butan-2-ol in Wasser mit  $c = 1 \text{ Mol/l}$  bei einer Probenrohrlänge von 140 mm und 20°C.

### Aufgabe 4: Polarimetrie

- L-Weinsäure hat einen spezifischen Drehwert von  $[\alpha]_D^{20} = + 16,6 \text{ } ^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$ . Bei einer Länge des Messrohres von 20 cm erhielt man einen Drehwinkel  $\alpha = + 5 \text{ } ^\circ$ . Berechne die molare Konzentration.
- Die L-Weinsäurelösung aus a) wird 5 fach verdünnt und in ein anderes Polarimeter mit einem 15 cm langen Probenrohr gegeben. Welcher Drehwinkel ist jetzt zu erwarten?.
- Ein Drittel der L-Weinsäurelösung aus a) wird durch eine D-Weinsäurelösung mit  $c = 2 \text{ Mol/l}$  ersetzt. Welcher Drehwinkel ist jetzt bei einer Probenrohrlänge von 20 cm zu erwarten ?
- Der Drehwert einer 1 m D-Glucoselösung bei 20°C und einer Probenrohrlänge von 15 cm wird mit  $+ 14,2^\circ$  gemessen. Bestimme den spezifischen Drehwert von D-Glucose aus diesen Werten.

### Aufgabe 5: Polarimetrie

- Zeichne alle Stereoisomere der 2,3-Dihydroxybutandisäure (Weinsäure) in Fischer-Projektion.
- D-Weinsäure hat einen spezifischen Drehwert von  $[\alpha]_D^{20} = -16,6 \text{ } ^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$ . In einem Polarimeter wurde die Küvette nur 8 cm hoch mit einer D-Weinsäurelösung gefüllt. Es wurde ein Drehwinkel  $\alpha = -6^\circ$  gemessen. Berechne die Konzentration der Lösung in g/ml, g/l und mol/l.
- Die Hälfte der D-Weinsäurelösung aus b) wurde durch Wasser ersetzt, Welchen Drehwert beobachtet man jetzt?
- Die Hälfte der D-Weinsäurelösung aus b) wurde durch L-Weinsäurelösung ersetzt, Welchen Drehwert beobachtet man jetzt?

### Aufgabe 6: Keto-Enol-Tautomerie

Gib die Strukturformel und den Namen der Enolform des „Acetessigesters“ (3-Oxo-Butansäure-Ethyl-Ester) an

### Aufgabe 7: Nukleophile Addition an C=O-Doppelbindungen

Geben Sie die Strukturformeln der Produkte an, die durch nukleophile Addition aus den folgenden Molekülen entstehen können. Berücksichtigen Sie insbesondere die Bildung von Ringen.

- Ethanol und Ethanal
- 2-Hydroxyethanal
- 2,3,4-Trihydroxybutanal

### Aufgabe 8: Tetrosen und Polarimetrie

- Welche Strukturen sind bei Monosacchariden der Zusammensetzung  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$  (Tetrosen) möglich? Zeichne die Projektionsformeln in der offenen Kettenform.
- Eine der Tetrosen heißt D-Erythrose. Eine einmolare Lösung dieses Zuckers ergibt in einem Polarimeter mit einem 20 cm langen Probenrohr einen Drehwinkel von  $\alpha = 3,48 \text{ } ^\circ$ . Berechne den spezifischen Drehwinkel der D-Erythrose.
- Eine Hälfte der D-Erythroselösung wird durch Wasser ersetzt. Welcher Drehwinkel ist zu erwarten?
- Eine Hälfte der D-Erythroselösung wird durch L-Erythroselösung der gleichen Konzentration ersetzt. Welcher Drehwinkel ist zu erwarten?
- Eine Hälfte der D-Erythroselösung wird durch D-Threoselösung ( $[\alpha]_D^{20} = + 19,6 \text{ } ^\circ \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$ ) der gleichen Konzentration ersetzt. Welcher Drehwinkel ist zu erwarten?

### Aufgabe 9: Ringbildung

Gib die Strukturformeln aller fünf- und sechsgliedrigen Ringe an, die aus den folgenden Molekülen in verdünnter Lauge gebildet werden können:

- D-Ribose
- D-Galactose
- D-Sorbose (siehe Aufgabe 19)

### Aufgabe 10: Oxidation der Alkohole und Aldehyde

Formuliere die Gleichungen für die folgenden Reaktionen mit Strukturformeln und Oxidationszahlen:

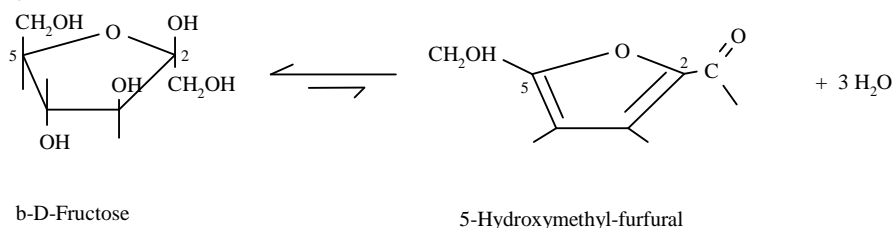
- Ethanol und heißes Kupfer-II-oxid CuO
- Ethanal und heißes Kupfer-II-oxid CuO
- Ethanal und Fehling-Lösung ( $\text{Cu}^{2+}$  und  $\text{OH}^-$ -Ionen)
- Propanal und Tollens-Lösung ( $\text{Ag}^+$  und  $\text{OH}^-$ -Ionen)
- 2-Hydroxypropanal und Fehling-Lösung

### Aufgabe 11: Oxidation zu Zuckersäuren

Durch Salpetersäure lassen sich beide endständigen C-Atome der Galactose zu Carboxylgruppen oxidieren. Als Nebenprodukt entstehen Stickstoffdioxid und Wasser. Formulieren Sie diese Reaktion mit Strukturformeln und Oxidationszahlen.

### Aufgabe 12: Seliwanoff-Reaktion und Eliminierung

Die rote Farbe bei der Seliwanoff-Reaktion entsteht durch Wechselwirkung des Resorcins (1,3-Dihydroxy-Benzol) mit **5-Hydroxymethyl-furfural**, das durch Eliminierung von 3 Molekülen Wasser und Keto-Enol-Tautomerie aus D-Fructose entsteht. Formuliere diese Reaktion mit allen Zwischenschritten und Strukturformeln.



### Aufgabe 13: Nukleophile Substitution mit Alkoholen

Formuliere die Gleichungen für die folgenden Reaktionen mit Strukturformeln:

- Erwärmung einer salzsauren Lösung von Ethanol
- Erwärmung einer salzsauren Lösung von Dimethylether
- Erwärmung einer salzsauren Lösung von 1,2-Propandiol (3 Produkte!)

### Aufgabe 14: Keto-Enol-Tautomerie und Glycoside

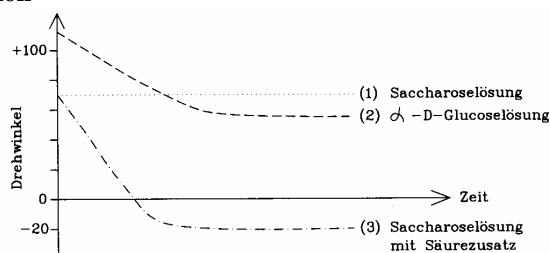
Eine salzsaure Lösung von D-Ribose und Ethanol wird erwärmt.

- Gib die Strukturformeln von mindestens 5 Molekülen an, die aus einem D-Ribosemolekül ohne Beteiligung weiterer Ethanol- oder Ribosemoleküle entstehen können und begründe.
- Gib die Strukturformeln von 3 Molekülen an, die aus zwei Molekülen  $\alpha$ -D-Ribopyranose entstehen können. Wie viele verschiedene Verbindungen können insgesamt aus zwei Molekülen  $\alpha$ -D-Ribopyranose gebildet werden?
- Gib die Strukturformeln aller Moleküle an, die aus einem Molekül  $\alpha$ -D-Ribopyranose und einem Molekül Ethanol gebildet werden können.
- Gib die Struktur und den Namen der Verbindung an, die aus zwei Molekülen Ethanol gebildet werden kann.

### Aufgabe 15: Rohrzuckerinversion und Mutarotation

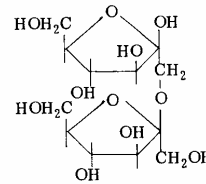
Drei frisch bereitete Zuckerlösungen werden mit dem Polarimeter untersucht. Die Auswertung ist in der nebenstehender Graphik dargestellt:

Erkläre die unterschiedlichen Versuchsergebnisse!



**Aufgabe 16: Tetrasaccharide**

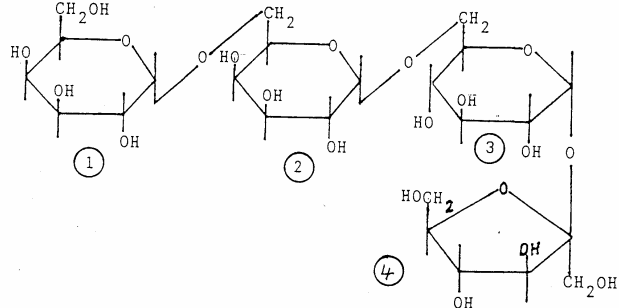
Bei der Zuckergewinnung entsteht mit Hilfe von Bakterien Laevan, ein Tetrasaccharid. In Laevan ist ein Saccharosemolekül mit einem weiteren Disaccharid folgender Strukturformel verknüpft:



- Prüfe, ob dieses Disaccharid Fehlingsche Lösung reduziert und begründe gegebenenfalls mit einer Reaktionsgleichung.
- In dem Tetrasaccharid Laevan ist das oben abgebildete Disaccharid mit dem Fructoseteil der Saccharose 2,6- $\alpha$ -glycosidisch verknüpft. Zeichne die Strukturformel von Laevan!

**Aufgabe 17: Tetrasaccharide**

- Das Tetrasaccharid Stachyose, das in Erbsen und Sojabohnen vorkommt, kann zu verschiedenen Mono-, Di- und Trisacchariden hydrolysiert werden. Welche der folgenden Saccharide können entstehen, welche nicht? Begründe deine Aussagen anhand der Identität der Bausteine 1-4 und deren Verknüpfungen!

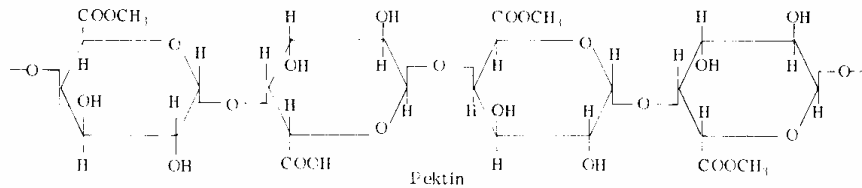


- Glucose
- Lactose
- Galactose
- Maltose
- Fructose
- Saccharose

- Durch welche Experimente lässt sich die Zusammensetzung der Stachyose überprüfen?
- Die Stachyose und alle ihre möglichen Hydrolyseprodukte werden in getrennten Ansätzen der Fehling-Probe unterzogen. Welche Versuchsergebnisse sind jeweils zu erwarten? Begründung!

**Aufgabe 18: Polysaccharide**

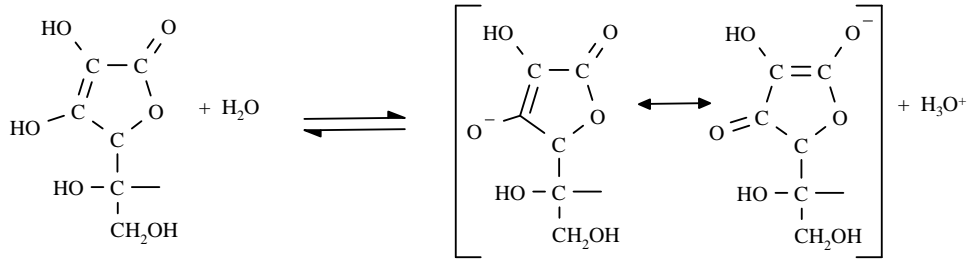
Im Folgenden ist ein Strukturausschnitt eines Pektins gezeigt.



- Pektin wird als Zusatz zu Dauerbackwaren herangezogen, damit diese länger feucht halten. Begründe diesen Zusatz mit der Struktur des Pektins!
- Die Gelierfähigkeit von Pektin wird sowohl durch Zusatz von Zitronensäure als auch durch Zusatz von Kalkwasser  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  verbessert. Begründe diese anscheinend widersprüchlichen Befunde anhand der Strukturformeln von Pektin und Zitronensäure.
- Welche der beiden Zutaten aus b) ist für die Marmeladenherstellung eher zu empfehlen?

### Aufgabe 19: Ascorbinsäure

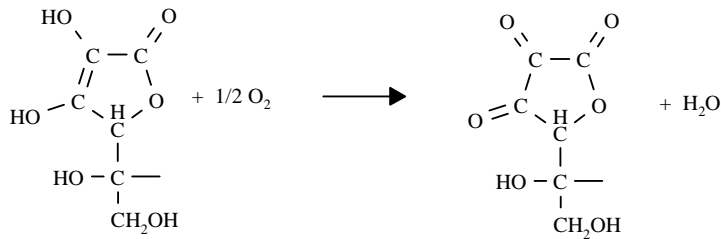
- a) Vitamin C (L-Ascorbinsäure) reagiert nach der folgenden Gleichung mit Wasser. Gib den Reaktionstyp an und benenne das dabei entstandene Kation.



Ascorbinsäure

Ascorbat

- b) Vitamin C (L-Ascorbinsäure) reagiert nach der folgenden Gleichung mit Sauerstoff. Gib den Reaktionstyp und alle Oxidationszahlen an.



Ascorbinsäure

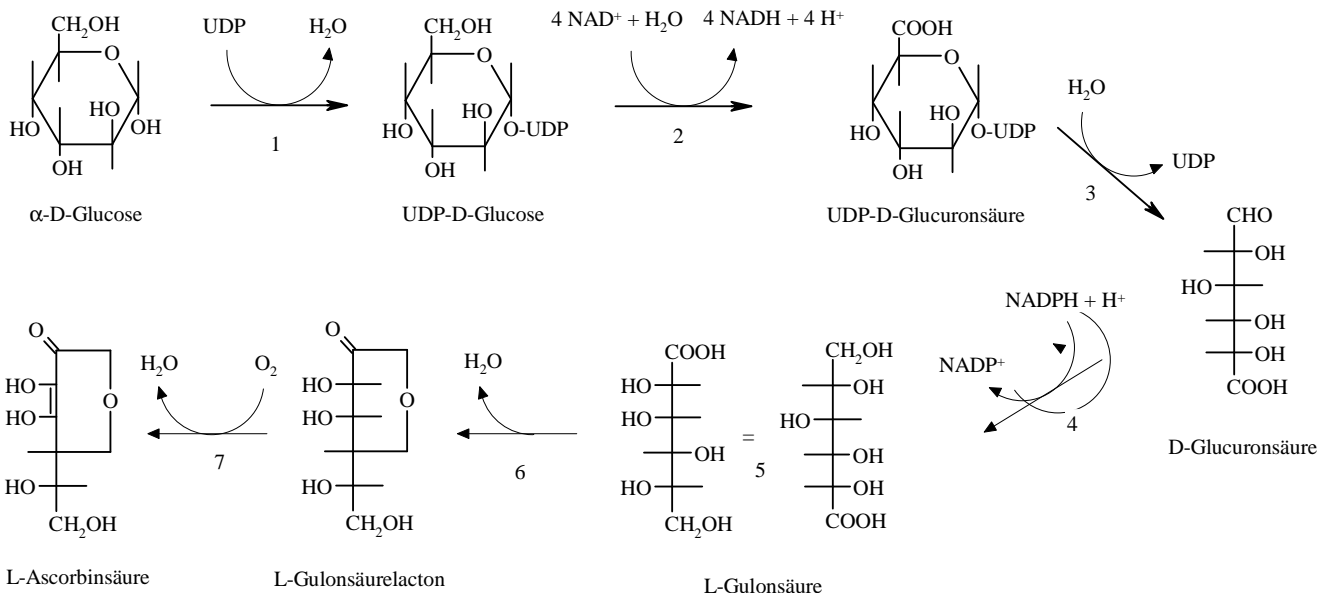
Dehydroascorbinsäure

- c) L-Ascorbinsäure wird großtechnisch aus D-Glucose hergestellt, indem man durch katalytische Hydrierung zunächst D-Sorbit herstellt und anschließend durch enzymatische Dehydrierung am fünften C-Atom L-Sorbose erhält. Gib die Reaktionsgleichungen für diese beiden Reaktionsschritte mit Strukturformeln an. Skizziere die Strukturformel der L-Sorbose so, dass ihre Zugehörigkeit zur L-Reihe deutlich wird!
- d) Die Verbindungen Ascorbinsäurepalmitat und Mononatriumascorbat werden in der Lebensmittelindustrie als Zusatzstoffe verwendet. Formuliere ausgehend von Ascorbinsäure die Reaktionsgleichungen zur Herstellung dieser beiden Verbindungen. (Palmitinsäure = Hexadekansäure)
- e) Entscheide im Hinblick auf die Wasserlöslichkeit, welche der beiden Verbindungen sich als Zusatz zu Fruchtsäften besser eignet!

### Aufgabe 20: Ascorbinsäure

Alle Tiere mit Ausnahme der Primaten und der Meerschweine können Vitamin C (Ascorbinsäure) auf dem folgenden Weg in der Leber herstellen. Die Cosubstrate UDP, NAD<sup>+</sup> und NADP<sup>+</sup> sind aus DNA-Abfallstücken aufgebaut. Ihre Strukturen sind bei dieser Reaktion ohne Bedeutung.

- a) Beschreiben Sie die Schritte 1 - 7 mit Hilfe der beteiligten funktionellen Gruppen und Reaktionstypen.
- b) Schritt 1 wird nur ausgeführt, um Schritt 2 zu ermöglichen und wird anschließend in Schritt 3 wieder rückgängig gemacht. Was würde in Schritt 2 passieren, wenn ein freies Halbacetal vorliegen würde?



## 4.2. Lösungen zu den Aufgaben zu Kohlenhydraten

### Aufgabe 1: Physikalische Eigenschaften

- Ethan:  $-183\text{ °C}$ , Dimethylether:  $-25\text{ °C}$  (Molmasse + polare C–O-Bindung), Ethanal:  $20\text{ °C}$  (polare C=O-Bindung), Ethanol:  $78\text{ °C}$  (stark polare O–H-Bindung)
- Methanol:  $65\text{ °C}$ , Ethandiol:  $197\text{ °C}$ , Propantriol:  $290\text{ °C}$ , Sorbitol: Fp  $98\text{ °C}$ , nicht unzersetzt verdampfbar (steigende Zahl der H-Brücken)
- Methansäure-Methyl-Ester:  $32\text{ °C}$ , Ethansäure:  $119\text{ °C}$  (stark polare OH-Bindung)

### Aufgabe 2: Stereoisomerie, R-S-Nomenklatur und L/D-Reihen

- Dichlorpentan: 4 Stereoisomere 2S3R und 2R3R = D-Reihe sowie 2S3S und 2R3S = L-Reihe
- 1,2,3-Trichlorbutan: 4 Stereoisomere 2S3R und 2R3R = D-Reihe sowie 2S3S und 2R3S = L-Reihe
- 2,3,4-Trihydroxy-Butanal (Tetrosen): 4 Stereoisomere 2S3R und 2R3R = D-Reihe sowie 2S3S und 2R3S = L-Reihe

### Aufgabe 3: Polarimetrie

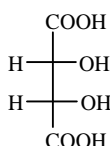
- Aufbau mit Lichtquelle, Polarisator, Probenrohr, Analysator
- D-2-Butanol =  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} \Rightarrow c = 1\text{ mol/l} = 74\text{ g/l} = 0,074\text{ g/cm}^3 \Rightarrow \alpha = +1,35\text{ °}$

### Aufgabe 4: Polarimetrie

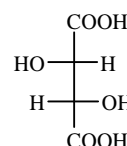
- L-Weinsäure =  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$  mit  $M = 150\text{ g/mol} \Rightarrow c = 1\text{ mol/l}$
- $= +0,75\text{ °}$
- $= 0\text{ °}$ , da die Konzentration der beiden Isomeren gleich ist und die Drehung der L-Weinsäuremoleküle durch die Drehung der D-Weinsäuremoleküle aufgehoben wird.
- D-Glucose =  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  mit  $M = 180\text{ g/mol} \Rightarrow [\alpha]_{\text{D}}^{20} = 52,6\text{ ° cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$
- Berechnung der Probenrohrlänge!

### Aufgabe 5: Polarimetrie

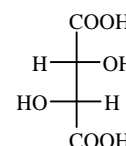
- siehe rechts
- $c = 0,45\text{ g/ml} = 450\text{ g/l} = 3\text{ mol/l}$
- $\alpha = -3\text{ °}$
- $\alpha = 0\text{ °}$



R,S-2,3-Dihydroxybutandisäure  
(Meso-Weinsäure)  
optisch nicht aktiv!

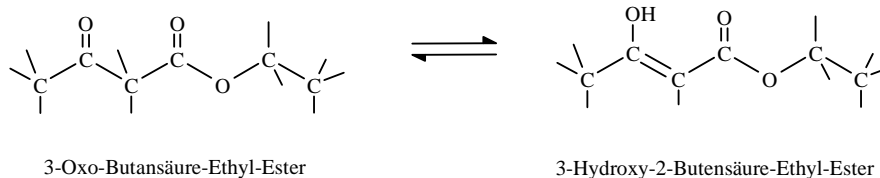


S,S-2,3-Dihydroxybutandisäure  
(D-(-)-Weinsäure)  
 $[\alpha]_{\text{D}}^{20} = -16,6\text{ ° cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$



R,R-2,3-Dihydroxybutandisäure  
(D-(+)-Weinsäure)  
 $[\alpha]_{\text{D}}^{20} = +16,6\text{ ° cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$

### Aufgabe 6: Keto-Enol-Tautomerie



### Aufgabe 7: Nukleophile Addition an C=O-Doppelbindungen

- 1-Ethoxy-1-Hydroxy-Ethan
- 2-(2-Hydroxy-Ethoxy)-2-Hydroxy-Ethanal und 2,5-Dihydroxy-1,4-Dioxacyclohexan
- $\alpha$ - und  $\beta$ -Ringform der Erythrose und Addition der drei OH-Gruppen an die C=O-Gruppe eines anderen Moleküls

### Aufgabe 8: Tetrosen und Polarimetrie

- 2 Ketosen (L/D Erythrose) und 4 Aldosen (L/D-Erythrose und Threose)
- $[\alpha]_{\text{D}}^{20} = -14,5\text{ ° cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$
- $= -1,74\text{ °}$
- $= 0\text{ °}$
- $= +2,352\text{ °} - 1,74\text{ °} = +0,612\text{ °}$

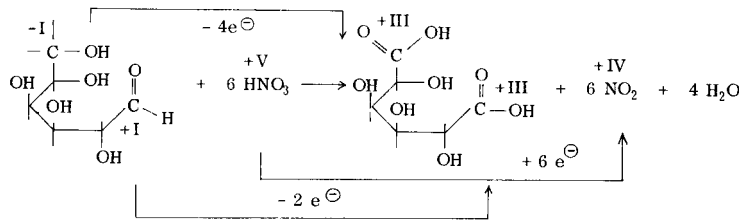
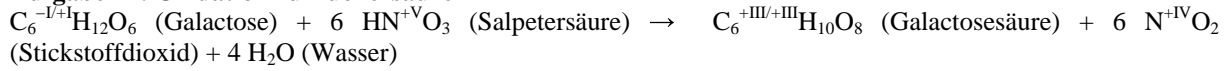
### Aufgabe 9: Ringbildung

- $\alpha/\beta$ -Ribofuranose
- $\alpha/\beta$ -Galactofuranose und -pyranose
- $\alpha/\beta$ -Sorbofuranose und -pyranose

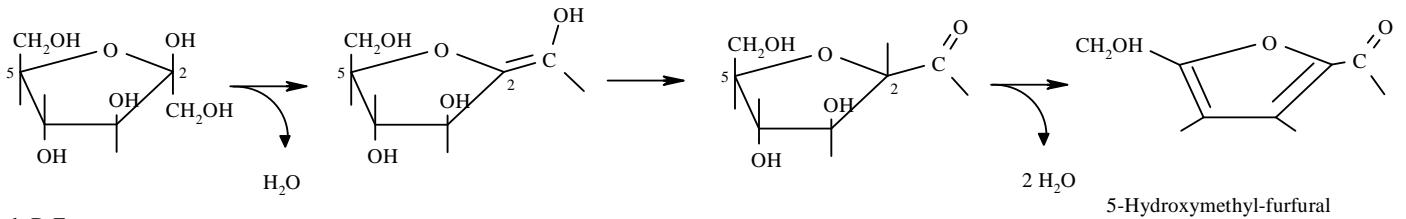
### Aufgabe 10: Oxidation der Alkohole und Aldehyde

siehe Skript

**Aufgabe 11: Oxidation zu Zuckersäuren**



**Aufgabe 12: Seliwanoff-Reaktion, Eliminierung und Keto-Enol-Tautomerie**



b-D-Fructose

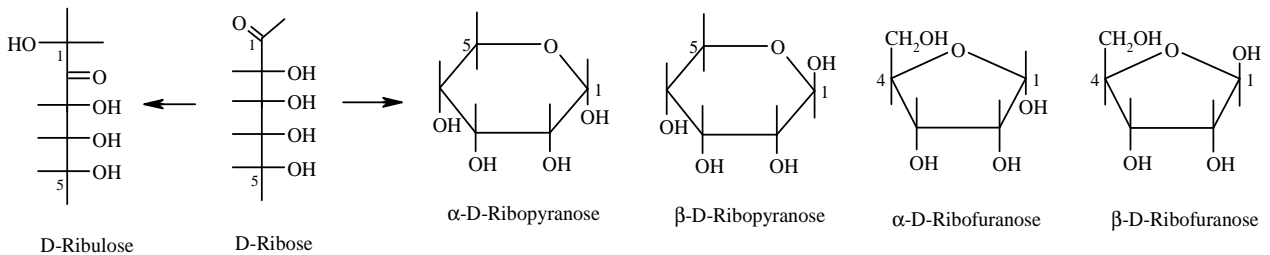
5-Hydroxymethyl-furfural

**Aufgabe 13: Nukleophile Substitution mit Alkoholen**

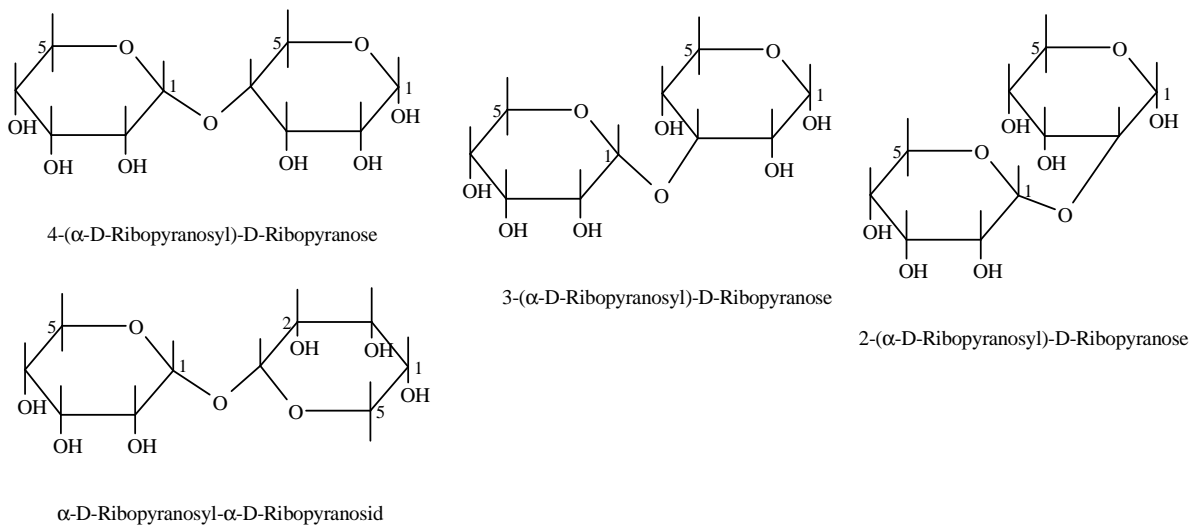
- Kondensation zu Diethylether
- Hydrolyse zu Methanol
- Kondensation zu Di-(2-Hydroxy-Propyl)-Ether, Di-(1-Methyl-2-Hydroxy-Propyl)-Ether und (1-Methyl-2-Hydroxy-Propyl)-(2-Hydroxy-Propyl)-Ether

**Aufgabe 14: Keto-Enol-Tautomerie und Glycoside**

- Keto-Enol-Tautomerie zu D-Ribulose und anderen Ketosen, Nukleophile Addition zu Pyranosen und Furanosen:



- Nukleophile Substitution an C<sub>1</sub> zu 3 Halbacetalen und 1 Vollacetal. Durch S<sub>N</sub> an C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> und C<sub>4</sub> können weitere 3 + 2 + 1 = 6 Glycoside gebildet werden. Insgesamt also 10 Isomere:



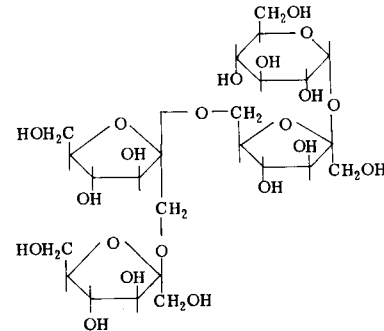
- c) Durch  $S_n$  an  $C_1 - C_4$  lassen sich 1 Vollacetal ( $\alpha$ -Ethyl-Ribopyranosid) und 3 Ether (2-,3- bzw. 4-Ethyl-Ribopyranose) bilden
- d) Diethylether

### Aufgabe 15: Rohrzuckerinversion und Mutarotation

- keine Änderung, da keine halbacetalische OH-Gruppe.
- Änderung, ( $\alpha$ -Form wandelt sich in  $\beta$ -Form um, Mutarotation, mit der Zeit stellt sich Gleichgewicht ein.
- Änderung, Säurezusatz bewirkt Hydrolyse. Es entstehen Glucose und Fructose. Da Fructose stärker links dreht als Glucose rechts, wird Drehwinkel negativ.

### Aufgabe 16: Tetrasaccharide

Hier findet keine positive Reaktion mit Fehling statt. Begründung: Im vorliegenden Molekül existiert zwar eine freie halbacetalische OH-Gruppe, hier erfolgt auch in alkalischem Milieu Ringöffnung und Überführung der Halbacetalgruppe am  $C_2$  in eine Carbonylgruppe, doch zwischen  $C_1$  und  $C_2$  kann keine Keto-Enol-Tautomerie stattfinden, daher ist eine Oxidation zur Carboxylgruppe nicht möglich.

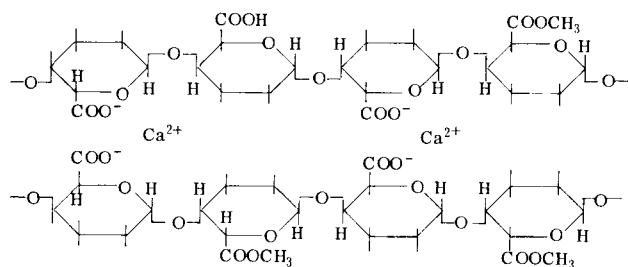


### Aufgabe 17: Tetrasaccharide

- a) Glucose : als Baustein 3 enthalten.  
Lactose : nicht enthalten; Verknüpfung zwischen 2 und 3 ( $\alpha$ -1,6) entspricht nicht der Verknüpfung ( $\beta$ -1,4) bei der Lactose.  
Galactose : als Baustein 1 und 2 enthalten.  
Fructose : als Baustein 4 enthalten.  
Saccharose : enthalten; Baustein 3 und 4 liegen in der richtigen Verknüpfung vor.  
Maltose : nicht enthalten, da im Stachyose-Molekül nur ein Glucosebaustein vorkommt.
- b) Chromatographie: Auftragen des Hydrolysats und der wässrigen Lösungen der Stoffe a - f auf die Startlinie eines Trägermaterials. Entwicklung des Chromatogramms mit Hilfe eines geeigneten Laufmittels. Sichtbarmachen der Saccharide über eine Farbreaktion  
Identifizierung der Hydrolyseprodukte durch Vergleich ihrer  $R_f$ -Werte mit den  $R_f$ -Werten der Stoffe a - f.
- c) Fehling-Probe positiv, wenn Aldehydgruppe vorhanden. Ringöffnung muß möglich sein. Dies ist nur der Fall, wenn das jeweilige Saccharid eine freie glykosidische (halbacetalische) Hydroxyl-Gruppe besitzt.  
Stachyose : negativ, alle Verknüpfungen der Monosaccharide sind diglykosidisch.  
Trisaccharid aus 1-3: positiv, bei 3 eine freie glykosidische Hydroxyl-Gruppe.  
Trisaccharid aus 2-4: negativ, keine freie glykosidische Hydroxyl-Gruppe.  
Disaccharid aus 1 und 2 und  
Disaccharid aus 2 und 3: positiv, jeweils eine freie glykosidische Hydroxyl-Gruppe.  
Disaccharid aus 3 und 4 (Saccharose): negativ, Verknüpfung diglykosidisch.  
Monosaccharide: positiv, freie glykosidische Hydroxyl-Gruppe; bei der Fructose im alkalischen Milieu Tautomerie zur Glucose.

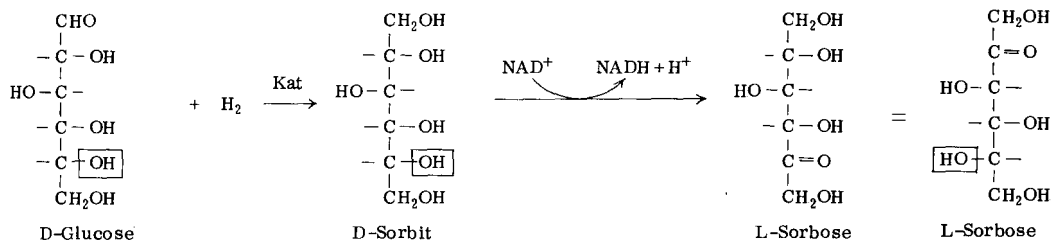
### Aufgabe 18: Polysaccharide

- a) Die unveresterten Carboxylatgruppen ( $-\text{COO}^-$ ) und die Hydroxylgruppen ( $-\text{OH}$ ) können über H-Brücken Wassermoleküle binden.
- b) **Gelieren** bedeutet die Ausbildung fester Strukturen durch **Vernetzung** der Pektinketten. Ohne Züätze kann diese Vernetzung nicht erfolgen, da sich die Pektinketten durch die gleichnamige Ladung der Carboxylatgruppen gegenseitig abstoßen. Durch Zusatz von **Citronensäure** werden die Carboxylreste zu neutralen Carboxylgruppen protoniert, wodurch die Abstoßung aufgehoben wird und eine teilweise Vernetzung durch **H-Brücken** möglich wird. Durch Zugabe von  $\text{Ca}^{2+}$  erfolgt Vernetzung der Pektinketten durch **Ionenbindungen**.
- c) Da Ionenbindungen stärker sind als H-Brücken, führt die Zugabe von Kalkwasser zu einem festeren Gel.

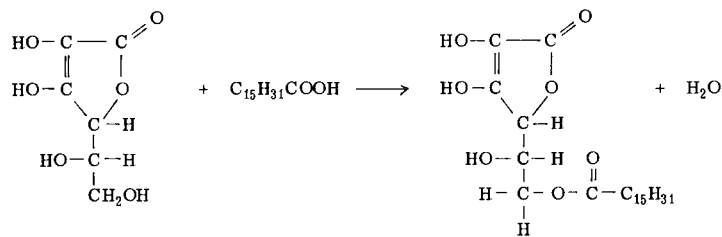
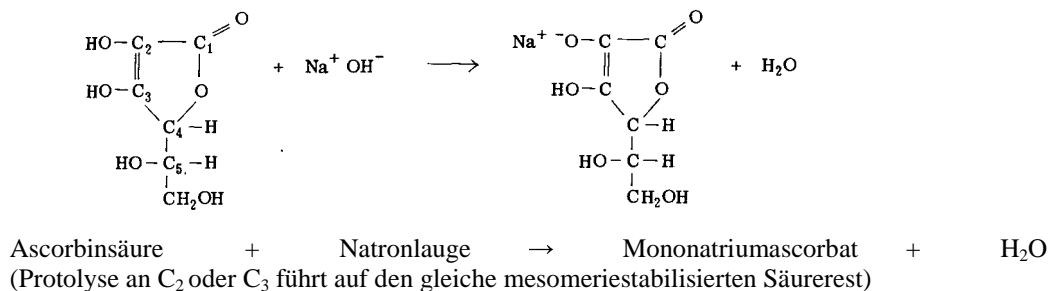


### Aufgabe 19: Ascorbinsäure

- a) Säure-Base-Reaktion, bei der Hydroxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  entsteht.  
 b) Redoxreaktion: OZ an  $\text{C}_2$  und  $\text{C}_3$  steigen von + I auf + II, OZ an Sauerstoff sinkt von  $\pm 0$  auf -II  
 c)



d)



Ascorbinsäure + Palmitinsäure + Palmitinsäure-Ascorbinsäure-Ester +  $\text{H}_2\text{O}$   
 (Veresterung an  $\text{C}_5$  ist ebenfalls möglich)

- e) Mononatriumascorbat ist aufgrund der ionischen Struktur wasserlöslich, Palmitinsäure-Ascorbinsäure-Ester dagegen nicht.

### Aufgabe 20: Ascorbinsäure

- 1: Kondensation ( $\text{S}_\text{N}$ ) des Halbacetals zum Vollacetal
- 2: Oxidation an  $\text{C}_6$ . Wäre das Halbacetal frei, würde die Oxidation an  $\text{C}_1$  ablaufen und zur Gluconsäure führen.
- 3: Hydrolyse des Vollacetals zum Halbacetal
- 4: Reduktion der Aldehydgruppe zur Hydroxylgruppe
- 5: Umkehrung der Zählrichtung, so dass sie am höchsten oxidierte C-Atom beginnt
- 6: Bildung eines inneren Esters („Lacton“) durch Kondensation
- 7: Eliminierung von  $\text{H}_2$  bzw. Oxidation an  $\text{C}_2$  und  $\text{C}_3$ .