



Reagenzglasversuche zur Chemie der Kohlenhydrate

Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Proske

Schulchemiezentrum Zehna

&

Dr. Frank Walter, StR.

Christian-von-Dohm-Gymnasium Goslar

MNU-Tagung Bremerhaven, 18. - 19. Nov. 2013

Allgemeine Einführung

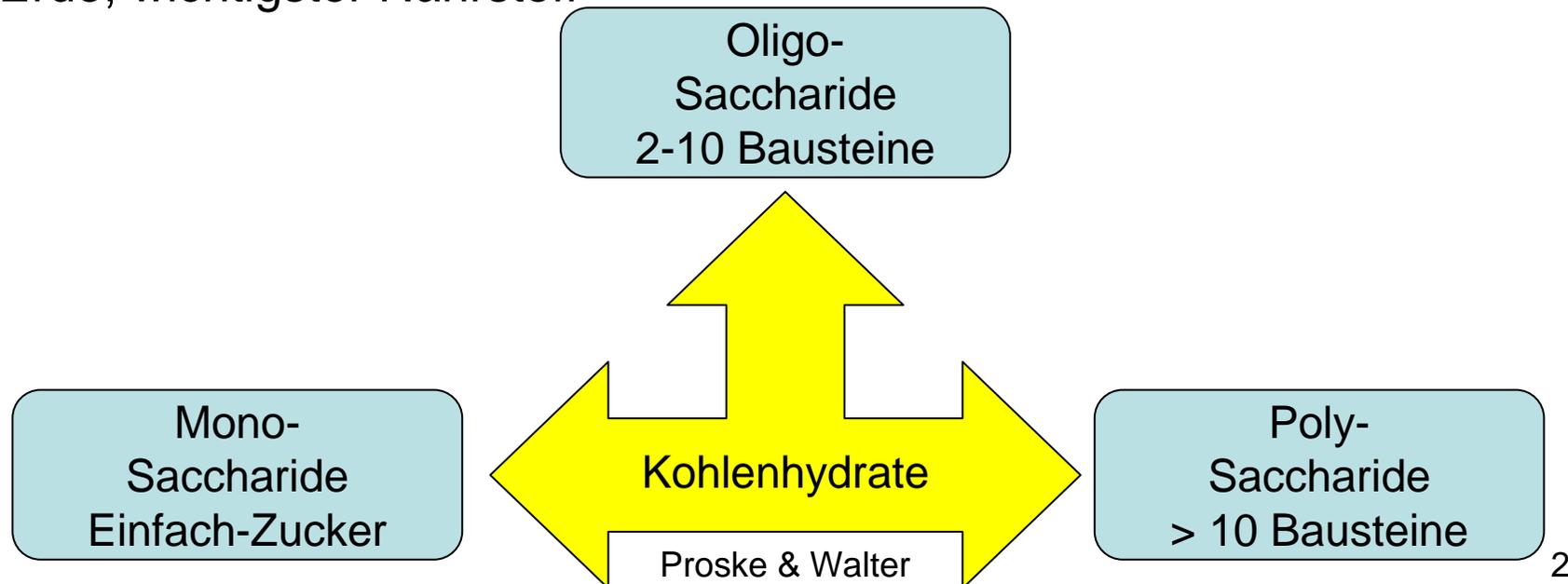
Kohlenhydrate, $C_n(H_2O)_m$

Oxidationsprodukte mehrwertiger Alkohole

Vorkommen: Pflanzliche und tierische Zelle

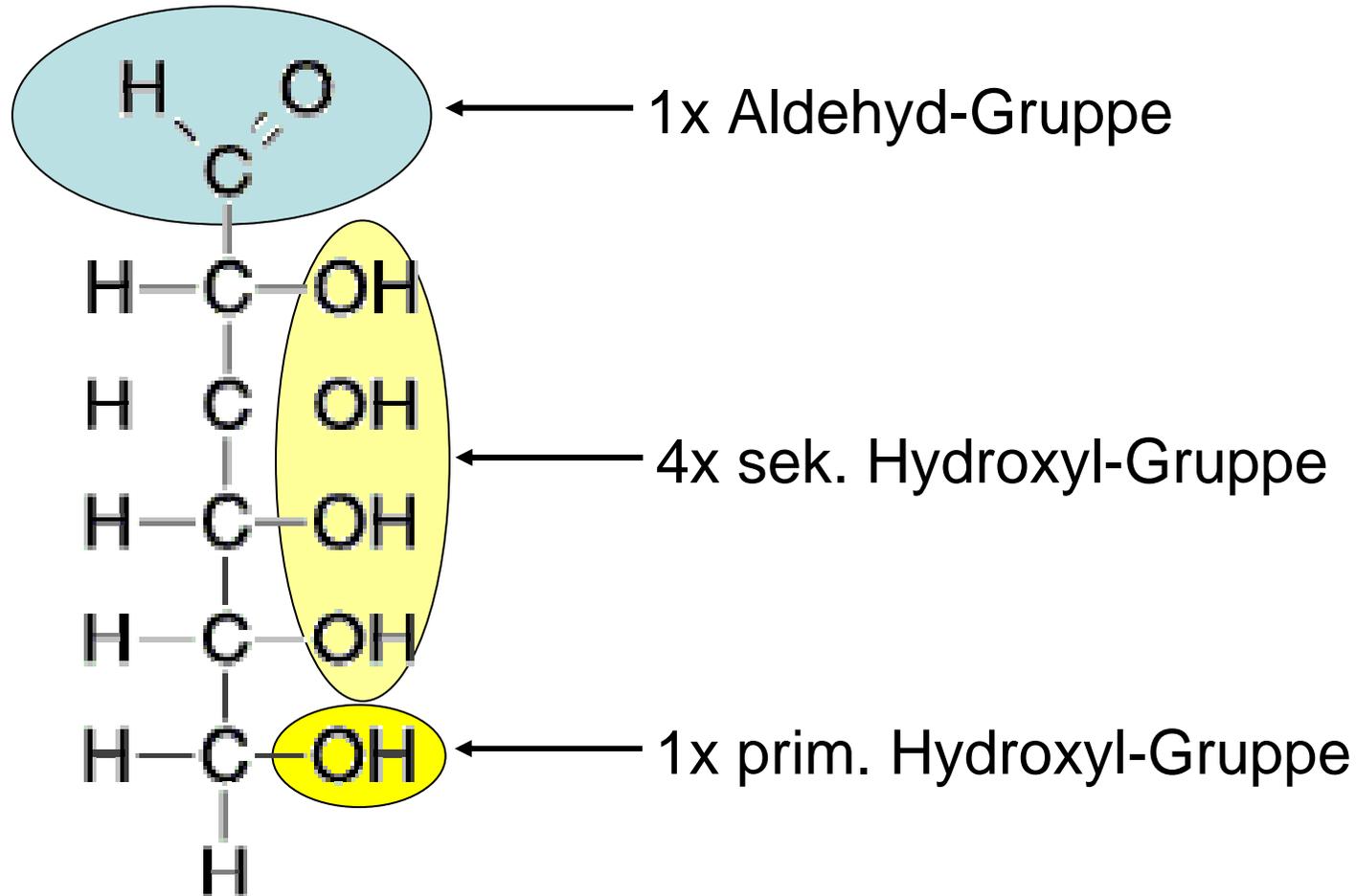
Funktion: Energiespeicherung, Strukturaufbau (z.B. bakt. Zellwand, Cellulose), Informationsspeicher (DNA, RNA), Zellinteraktion (Blut-typenerkennung)

Besonderheiten: mengenmäßig größter Anteil organischer Stoffe auf der Erde, wichtigster Nährstoff



Funktionale Gruppen

Allgemein: *Polyhydroxyaldehyd* oder *Polyhydroxyketon*



Glucose ($C_6H_{12}O_6$)

Proske & Walter

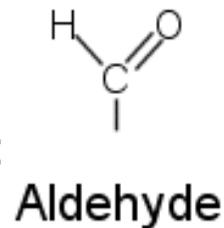
Monosaccharide

Monomere Kohlenhydrate, $C_nH_{2n}O_n$ mit $n = 3 - 8$

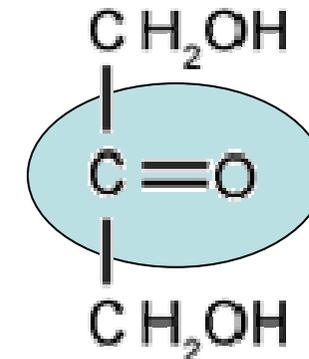
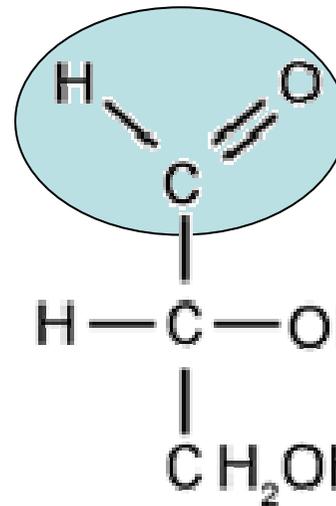
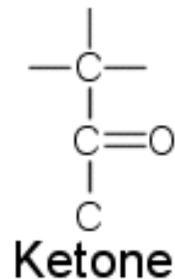
Bezeichnung: Griech. Zahlwort + „-ose“ für Zucker

Struktur:

Aldose mit
Aldehyd-Gruppe:

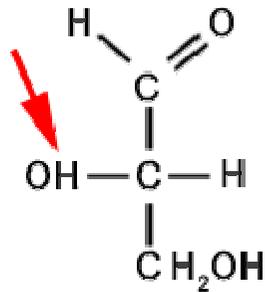


Ketose mit
Keton-Gruppe:

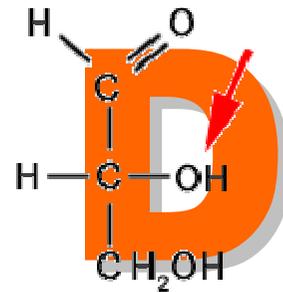


Beispiel: aldo- / keto-Triose

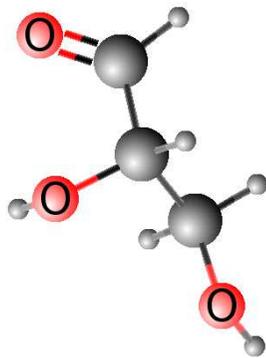
Stereoisomerie



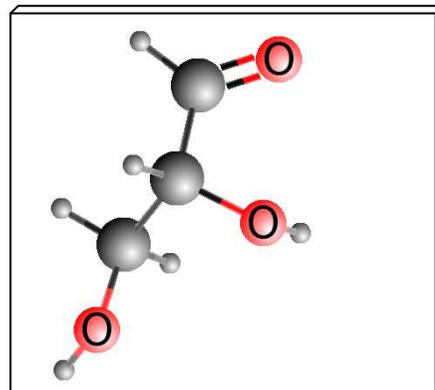
L-Glyceraldehyde



D-Glyceraldehyde



L-(-)-glyceraldehyd



D-(+)-glyceraldehyd

Levorotation (links): $(\alpha)^{25}_D = -13,5^\circ$
 Dextrorotation (rechts): $(\alpha)^{25}_D = +13,5^\circ$

Asymmetrische Kohlenstoffatome sind *optisch aktiv* und drehen die Ebene des polarisierten Lichtes.
 *Modifizierte Fischer Projektion

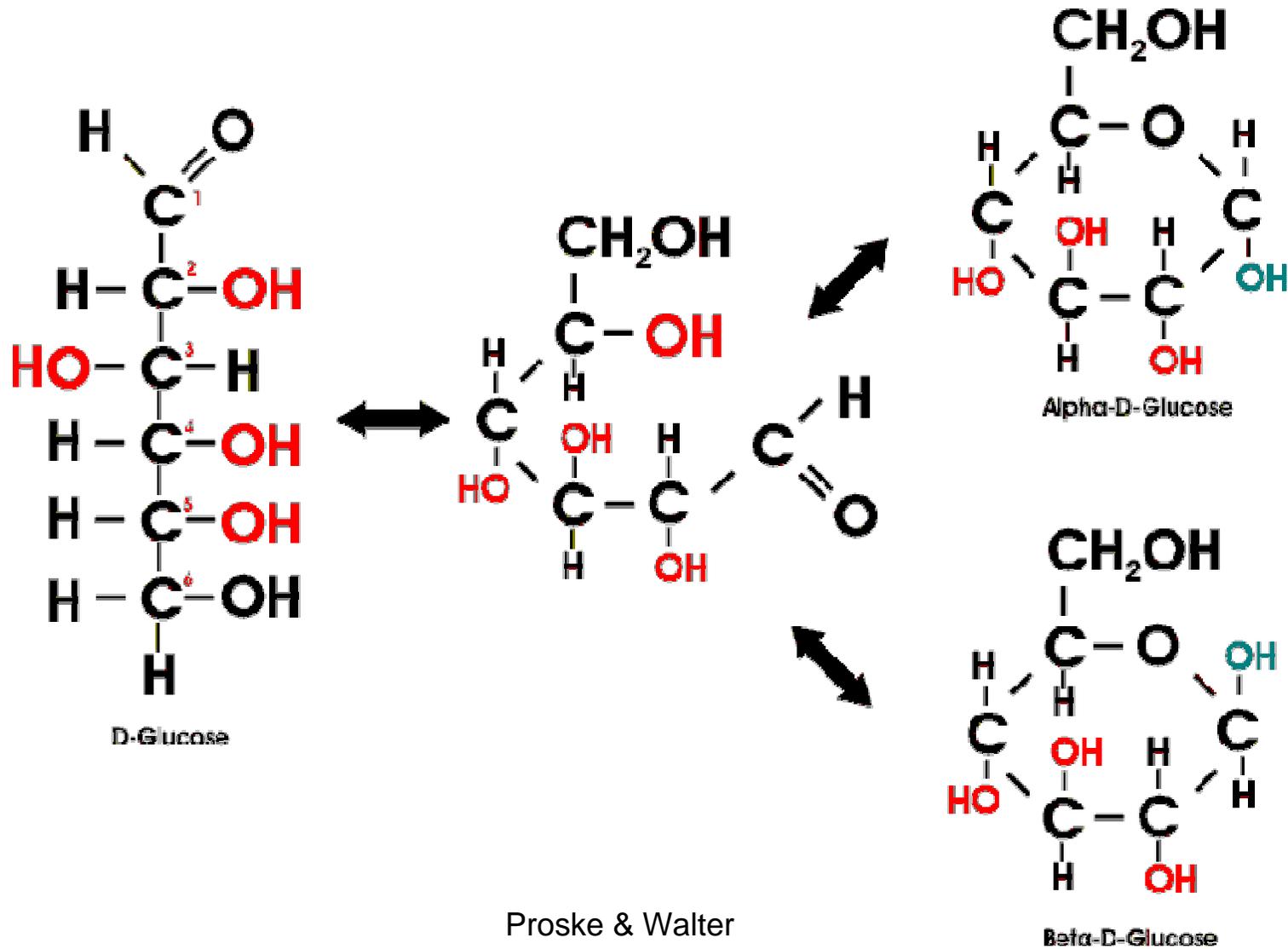
Beachte:

Die **D-** und **L-Enantiomere** eines Stoffes haben eine spiegel-isomere Form.

Enzyme erkennen ihre Substrate teilweise anhand der äußeren Form (sterische Spezifität).

Eine falsche Form bedeutet somit keine Reaktion. Enzyme bevorzugen die **D-Form bei Zuckern** und die **L-Form bei Aminosäuren**.

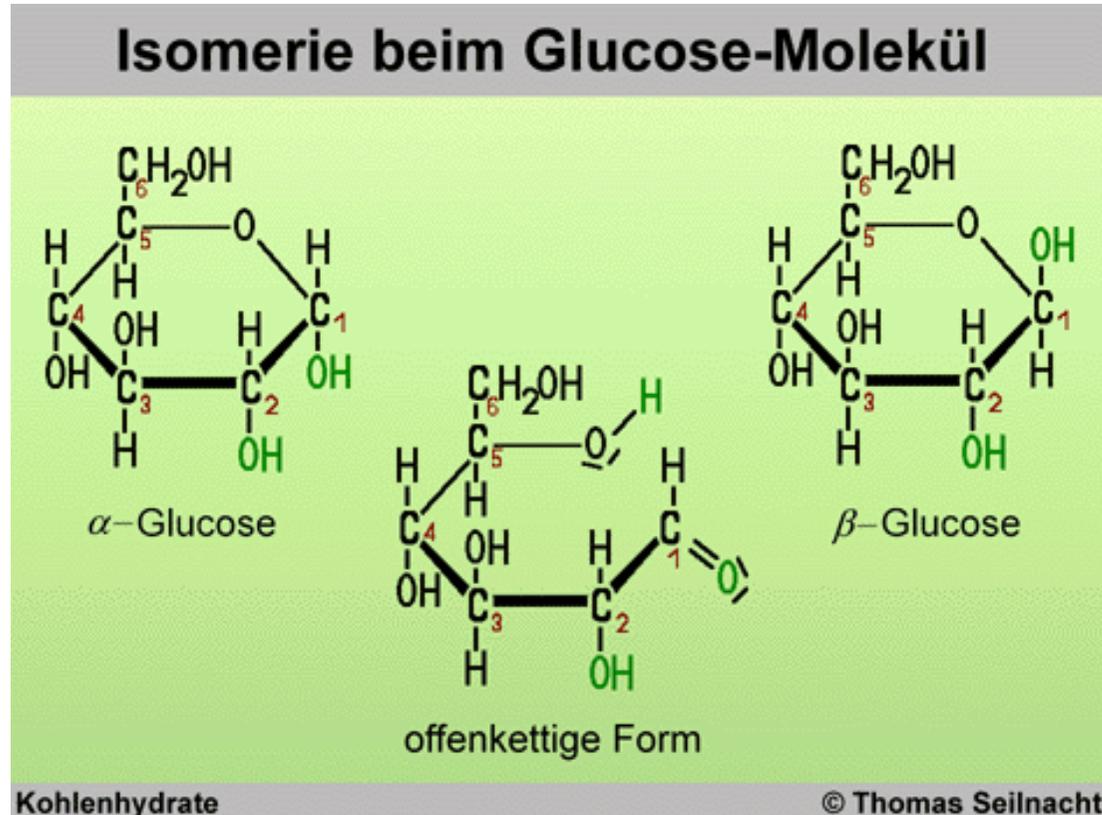
Ringbildung



α - und β - Isomerie

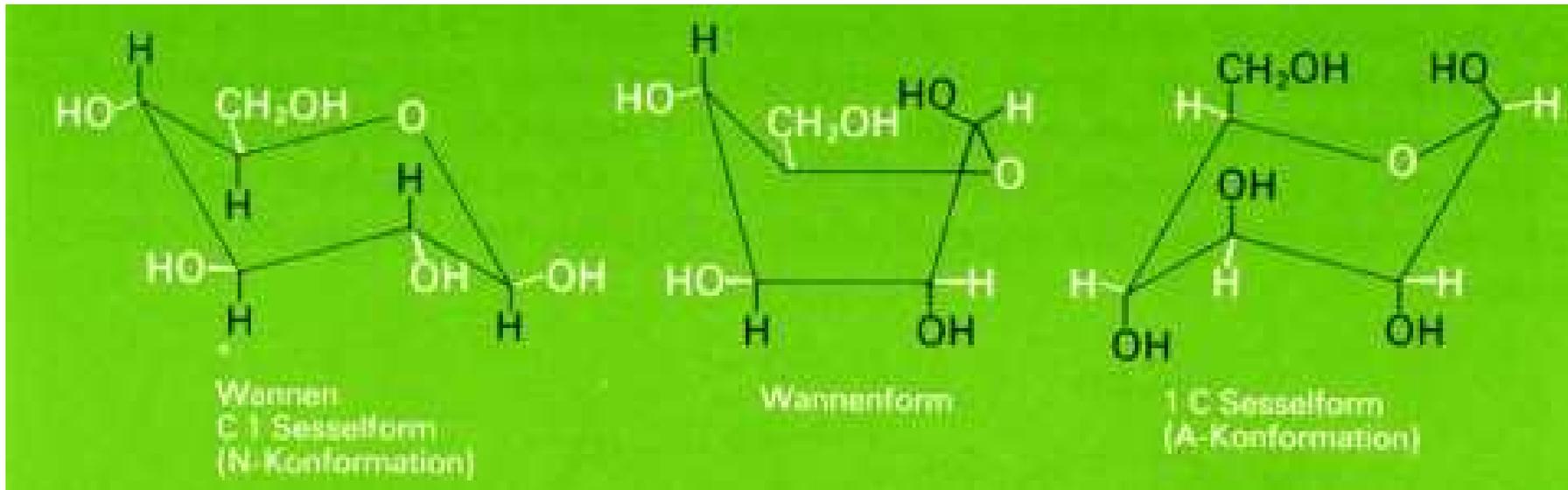
Ringbildung:

- bei **Aldosen** am C 1 – Atom
- bei **Ketosen** am C 2 – Atom
- neues Asymmetriezentrum (keine C=O Doppelbindung)
- zwei neue Isomere
- **α -** und **β -Form**



Die α -Form hat einen höheren Drehwert des polarisierten Lichtes. Beim Lösen von Glucose stellt sich ein Gleichgewicht zwischen beiden Formen ein. In der Ringformel (*nach Haworth*) stellt sich deshalb die OH-Gruppe am C 1 unten bei der α -Form und am C 1 oben bei der β -Form.

Wannen- und Sesselkonformation



Furanosen – Pyranosen

Monosaccharide liegen in Lösung nicht in der offenkettigen Form vor. Unter **Halbacetalbildung** erfolgt die Bildung eines sauerstoffhaltigen Ringes durch Verknüpfung der Carbonylgruppe mit einer Hydroxylgruppe.

Nach Ringgröße:

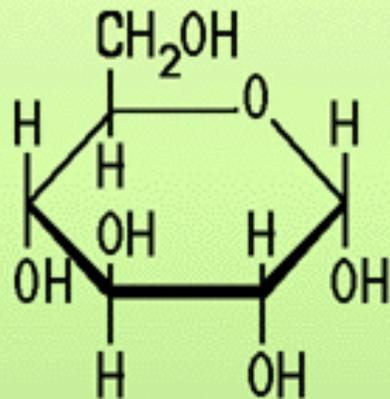
- fünfgliedrige **Furanosen** (Halbacetalbildung C 1 und C 4)
- sechsgliedrigen **Pyranosen** (Halbacetalbildung C1 und C 5)

Achtung

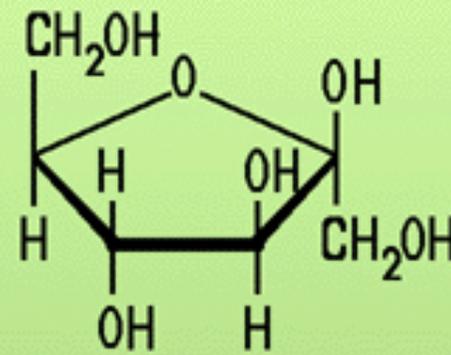
Monosaccharide liegen meist als Pyranosen, seltener als Furanosen vor.

Die wichtigsten Vertreter

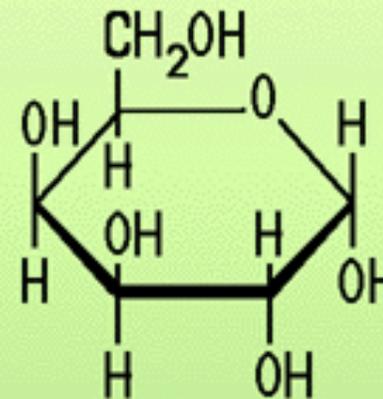
Monosaccharide = Einfachzucker



Traubenzucker
Glucose



Fruchtzucker
Fructose



Schleimzucker
Galactose

Demonstrationsversuche

- Kriterien der Auswahl

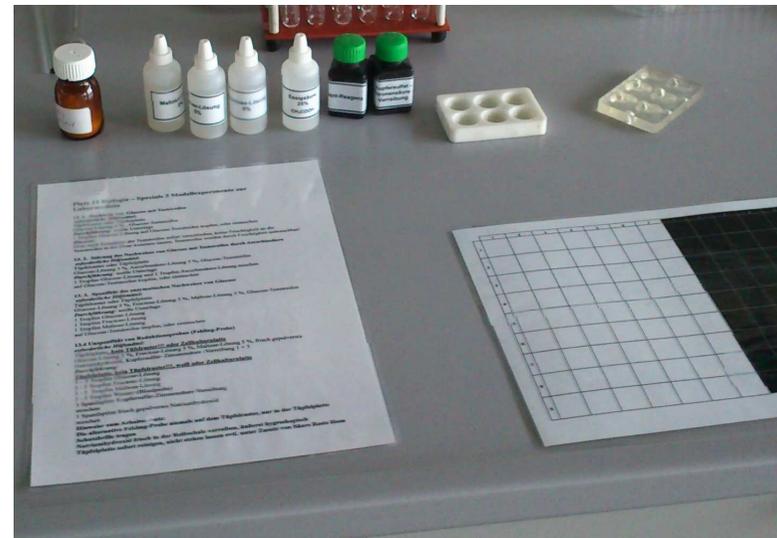
Übersicht:

- Qualitative Nachweisreaktionen
- Quantitative Bestimmungen
- Typische Reaktionen
- Interessante Methoden (AG, Jugend forscht)
- Alternativen zu problematischen Reaktionen (wie Fehling)
- In der Schulpraxis anwendbar, z.B. Benedict, Nylander etc.



Vorgestellte Techniken:

- ✓ Tüpfeltechnik
- ✓ Mikroscale Versuche
- ✓ Halbmikrotitration
- ✓ Identifikationsprüfung nach DAC
- ✓ Zellkulturplatte



Alltagsprobleme



Vorteile der vorgestellten Methoden

- Standardisierte Experimente
- Schnelle und einfache Versuchsdurchführung
- mehrmalige Versuchswiederholung
- Team- und Partnerarbeit
- Hohe Schüleraktivierung
- ❖ Geringe Kosten
- ❖ Geringer Materialeinsatz
- ❖ Einmalige Vorbereitungszeit (als Klassensatz)
- Keine Stauungen
- Keine Verschmutzungen am Lehrertisch
- Keine Gefährdung beim Transport



Tüpfelraster für die Schule

	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A										
B										
C										
D										
E										

Vorderseite

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										

Rückseite

Tüpfeltechnik in der Praxis



Identitätsprüfung nach DAC



Reaktion von Fructose

Zum Nachweis von prim. und sek. Alkoholen mit Schiffs-Reagenz und Natriumnitroprussid (C 3.2.1.2.)

Geräte und Chemikalien:

Tüpfelplatte oder Uhrglasschalen, Fructose, Aceton, Dinatriumpentacyanonitrosylferrat- RM*

Durchführung:

Eine kleine Spatelspitze Fructose wird in einigen Tropfen Wasser gelöst und mit einer reichlichen Spatelspitze Dinatriumpentacyanonitrosylferrat-RM versetzt. Eine Gegenprobe wird mit einer Aceton-Lösung (1 ml Wasser 1 Tropfen Aceton) durchgeführt.

Beobachtung:

Nur in Gegenwart von Aceton kommt es zum Farbumschlag nach *violett*.

Auswertung:

Fructose liegt in Lösung als Furanose vor, deshalb zeigt sie nicht die typischen Eigenschaften der Ketone.

Unterscheidung von Glucose und Fructose

mit Kaliumhypoiodit (C 3.2.1.3.)

Geräte und Chemikalien:

Zellkulturplatte (oder Reagenzglas), Fructose, Glucose, Iod-Kaliumiodid-Lösung nach Lugol, Kalilauge 1 mol/l

Durchführung:

10 ml Iod-Kaliumiodid-Lösung werden unter Umschütteln tropfenweise mit Kalilauge versetzt, bis die Lösung gelb gefärbt ist. Je eine Spatelspitze Glucose und Fructose werden in 5 ml Wasser gelöst. Zu beiden Lösungen wird die Kaliumhypoiodid-Lösung gegeben.

Beobachtung:

Die Glucose-Lösung wird sofort entfärbt, die Fructose-Lösung entfärbt sich sehr *langsam*.

Auswertung:

•Versetzt man eine Iod-Lösung mit einer Lauge, entsteht ein Gemisch aus Hypoiodid und Iodid:



•Glucose ist eine Aldose und reduziert die Kaliumhypoiodid-Lösung dabei entsteht Iodid und Gluconsäure

Wirkungsweise wasserstoffübertragender Systeme

Reaktion von Glucose mit Methylenblau in alkalischer Lösung (C 3.2.1.4.)

Geräte und Chemikalien:

Reagenzglas mit Stopfen, Glucose, Natronlauge 1 mol/l, Methylenblau-Lösung nach Löffler

Durchführung:

Einen reichlichen Spatel Glucose löst man in 4 -5 ml Wasser, gibt 20 Tropfen Natronlauge sowie 1 Tropfen Methylenblau-Lösung dazu- Danach wird das Reagenzglas mit Stopfen verschlossen und stehen gelassen. Nachdem Entfärbung eingetreten ist, wird es kräftig geschüttelt-

Beobachtung:

Die ursprünglich *blaue Lösung* entfärbt sich. Beim Schütteln des verschlossenen Glases tritt die Blaufärbung wieder ein. Dieser Vorgang lässt sich mehrfach wiederholen.



Auswertung:

Reversibilität chemischer Reaktionen

Glucose wird zu **Gluconsäure** unter Wasserstoff-Abgabe oxidiert. Der blaue Farbstoff **Methylenblau** nimmt den Wasserstoff auf, es entsteht **Leucomethylenblau**, es findet Entfärbung statt.

Beim *Schütteln mit Luft*, es genügt der über der Flüssigkeit stehende Luft-Sauerstoff, gibt das Leucomethylenblau den Wasserstoff wieder ab, welcher mit Sauerstoff reagiert. Es entsteht Oxidationswasser.

Methylenblau vermag durch den ständigen *Wechsel von der oxidierten zur reduzierten Form* (Leucomethylenblau) als Wasserstoffüberträger zu wirken, indem es von einem Substrat (z. B. Zucker) Wasserstoff entzieht und auf ein geeignetes Substrat (z. B. Sauerstoff) überträgt.

Reduktionsreaktionen als Grundlage der verschiedenen Nachweise

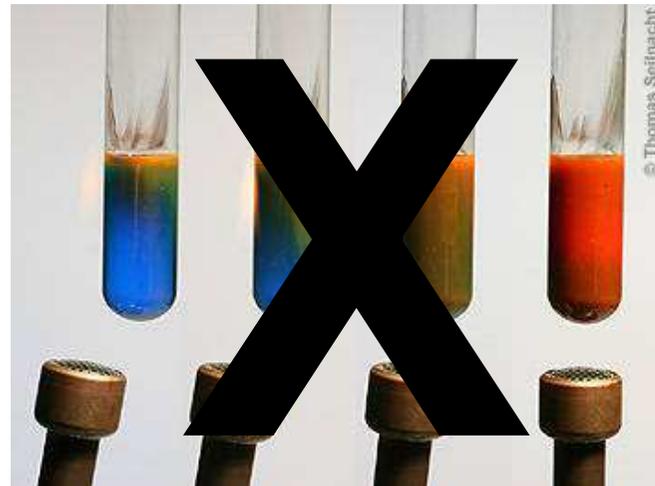
Alternativen zu Fehling und Benedict (C 3.2.2.)

Probleme bei der Fehling-Proben (als SuS-Versuch):

- Stark alkalische Ansatz
 - Bei offener Flamme mit Bunsenbrenner erhitzt
 - Siedeverzug
- > Dies ist eine unkalkulierbare Unfallquelle.

Alternativen zur Minimierung dieser Unfallquelle:

- A Verfahren ohne Brenner
- B Tüpfel-Verfahren ohne Brenner
- C „Selbstbau – Fehling“ im Wasserbad



Fehling-Probe: B Tüpfel-Verfahren ohne Brenner

Geräte und Chemikalien:

Zellkulturplatte

- Reagenz I: Gemisch von 1 Teil Kupfersulfat -5 hydrat mit 3 Teilen Wein - oder Citronensäure
- Reagenz II: festes Natrium - oder Kaliumhydroxid ,
- Glucoselsg. (10%), Wasser

Durchführung:

Für dieses Experiment werden in einer Zellkulturplatte (6 oder 12 Vertiefungen) etwa 10 Tropfen Untersuchungslösung eingefüllt und mit einer Spatelspitze Kupfersulfat-Citronensäure-Gemisch versetzt. Die Reaktion wird gestartet, indem eine Spatelspitze gepulvertes Natriumhydroxid zugegeben wird und leicht umgeschüttelt wird.

Auswertung:

Glucoselsg. wird *ziegelrot*. Wasser bleibt blau (Kontrolle).

Dieses Experiment funktioniert nicht mit Tüpfelplatten aus Porzellan!

Probe nach Cole

Nachweis für Glucose (unspezifisch) (C 3.2.2.5.)

Geräte und Chemikalien:

Reagenzgläser, Natriumcarbonat, Kupfersulfat-Lösung 1 % (Fehling 1), Natriumcarbonat, wasserfrei, Glycerin, heißes Wasserbad, Glucoselsg.

Durchführung:

Eine Spatelspitze Glucose wird in 5 ml Wasser gelöst, mit einem Spatel Natriumcarbonat, 3 Tropfen Glycerin und 3 Tropfen Kupfersulfat-Lösung versetzt (*Reihenfolge beachten!*). Langsam erhitzen (Wasserbad oder gelbe Flamme).

Beobachtung:

Es findet ein Farbumschlag nach orangegeleb statt.

Auswertung:

Diese Reaktion wurde 1925 von Cole beschrieben. Als Komplexbildner wird Glycerin eingesetzt. Das gebildete Kupfer(I)oxid bleibt als hydratisiertes CuOH kolloidal in Lösung, es ist die empfindlichste Reduktionsprobe.

Probe nach Barfoed

Unterscheidung von Mono-/Disacchariden

Geräte und Chemikalien: (C 3.2.2.8.)

Reagenzgläser, siedendes Wasserbad, Glucose, Fructose, Lactose, Maltose, Barfoed-Reagenz*

Durchführung:

Je eine Spatelspitze Glucose, Fructose, Maltose und Lactose werden in 2 ml Wasser gelöst, mit 5 ml Barfoed- Reagenz versetzt und für 5 Minuten in ein siedendes Wasserbad gestellt

Beobachtung:

Bei Glucose und Fructose ist nach wenigen Minuten eine Ausscheidung von Kupfer(I)oxid erkennbar, während bei den Disacchariden noch keine Veränderung zu erkennen ist.

Auswertung:

Barfoed-Reagenz ist eine schwach saure Kupferacetat-Lösung. Sie reduziert Monosaccharide (nach einigen Minuten schwärzliche Färbung), nach kurzer Zeit, dagegen werden Disaccharide (blaue Färbung bleibt) erst nach längerer Zeit reduziert, da die Inversion erst ablaufen muss. Diese Methode gestattet eine Differenzierung im Monosaccharide und Disaccharide. **Nachweis von Glucose im Harn.**

Probe nach Nylander mod.

Nachweis von Glycose

Tüpfelplatte (C 3.2.2.9.)

Geräte und Chemikalien:

Tüpfelplatte, Glucoselösung (10%), Natriumhydroxid, basisches Bismutnitrat

Durchführung:

0,5 g basisches Bismutnitrat mit 9,5 g Natriumhydroxid verreiben. Eine Spatelspitze Nylander-Verreibung mit Glucoselösung betropfen.

Beobachtung:

Der Ansatz färbt sich schwarz.

Auswertung:

Das dreiwertige Bismut wird durch Glucose zu elementarem Bismut reduziert, welches als schwarzer Feststoff erkennbar. Auch diese Reaktion war zum **Nachweis von Glucose im Harn** viele Jahre gebräuchlich.

Glucose-Bestimmung mittels Halbmikrotitration (C 3.2.2.14.)

Geräte und Chemikalien:

Reagenzgläser, Bunsenbrenner, Glucose-Lösungen der Konzentration: 10 %; 5 %; 2,5 : 1,0 ; 0,5%, „Glycurator-Reagenz“ zur quantitativen Zuckerbestimmung*

Durchführung:

In Reagenzgläser werden pipettiert:

2,5 ml „Glycurator-Reagenz“ zur quantitativen Zuckerbestimmung oder es empfiehlt sich dringend **Siedesteinchen zur Vermeidung eines Siedeverzuges** zuzugeben.

- Lösung zum Sieden erhitzen
- aus einer Tuberculin-Spritze tropfenweise Glucose-Lösung zugeben
- Lösung erneut zum Sieden erhitzen
- aus einer Tuberculin-Spritze tropfenweise Glucose-Lösung zugeben
- nach jedem Glucose-Zusatz mit Bunsenbrenner zum Sieden erhitzen
- bis zum Verschwinden der Blaufärbung bzw. Farbumschlag nach *weiß-gelblich* titrieren.

Glucose-Bestimmung

Titrationstabelle

Beobachtung:

Die blaue Lösung entfärbt sich, es entsteht ein weißer Niederschlag.

Auswertung:

Werden weniger als 0,25 ml Probelösung verbraucht, werden 2 ml Probe mit Wasser zu 10 ml aufgefüllt. Es wird erneut gemessen und der ermittelte Wert mit 5 multipliziert.

Lebensmittelproben werden so verdünnt, dass mindestens 0,4 ml Probelösung erforderlich sind. Wichtig ist, alle Lebensmittelproben zu invertieren, da nur Glucose und Fructose, nicht aber Saccharose erfasst werden.

Verbrauch	Glucose %						
0,05	20	0,35	2,8	0,65	1,5	1	1
0,1	10	0,4	2,5	0,7	1,4	1,15	0,9
0,15	6,6	0,45	2,2	0,75	1,3	1,25	0,8
0,2	5	0,5	2	0,8	1,25	1,5	0,67
0,25	4	0,55	1,8	0,85	1,2	2	0,5
0,3	3,3	0,6	1,7	0,9	1,1	2,5	0,4

Oligosaccharide am Beispiel der Disaccharide

Bezeichnung:

Rohrzucker, Rübenzucker, Haushalts-/ Kristallzucker

Vorkommen

Früchte, Pflanzensäfte, Zuckerrüben, Zuckerrohr

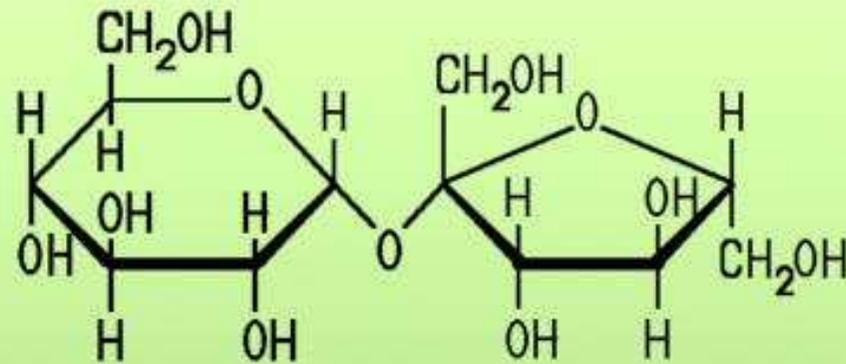
Struktur:

1 α -D-Glucose und 1 β -D-Fructose über α,β -1,2-glycosidische Bindung

Phys. Eigenschaften:

- Dichte 1,5805 g/cm³
- Zersetzung +185,5 °C
- Wasserlöslichkeit bei 20 °C ca. 2000 g/l
- Explosionsgrz. min. 30 g/cm³ (Luft)
- Zündpunkt +350 °C

Aufbau eines Saccharose-Moleküls

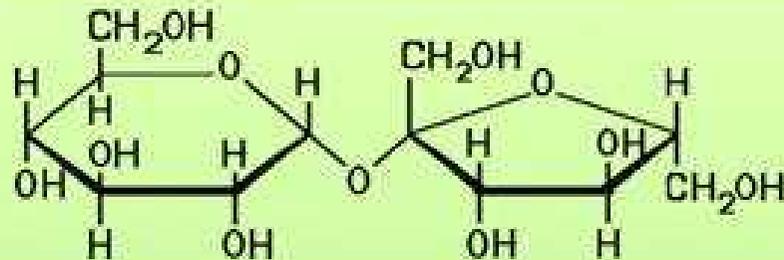


Kohlenhydrate

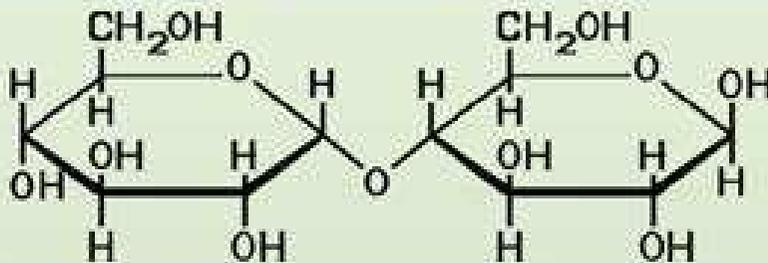
© Thomas Seilnacht

Zusammensetzung von Disacchariden

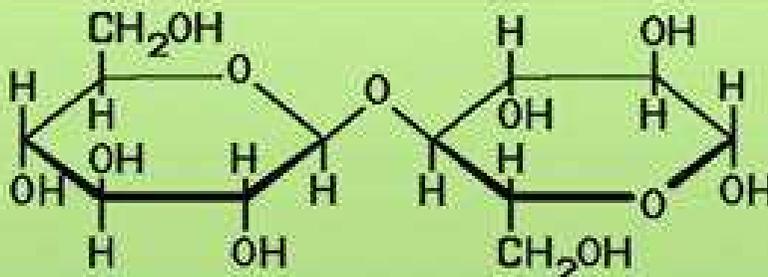
Disaccharide = Zweifachzucker



Glucose
+ Fructose
= Saccharose



Glucose
+ Glucose
= Maltose



Glucose
+ Galactose
= Lactose

Kohlenhydrate

© Thomas Seilnacht

Unterscheidung von Lactose und Saccharose

mit Benedict- Reagenz (D 4.3.1.)

Geräte und Chemikalien:

Wasserkocher, Reagenzgläser, Saccharose, Lactose, Benedict-Reagenz*

Durchführung:

Je eine Spatelspitze Saccharose und Lactose werden in je 3 ml Wasser gelöst, mit der gleichen Menge Benedict-Reagenz versetzt und zum Sieden erhitzt.

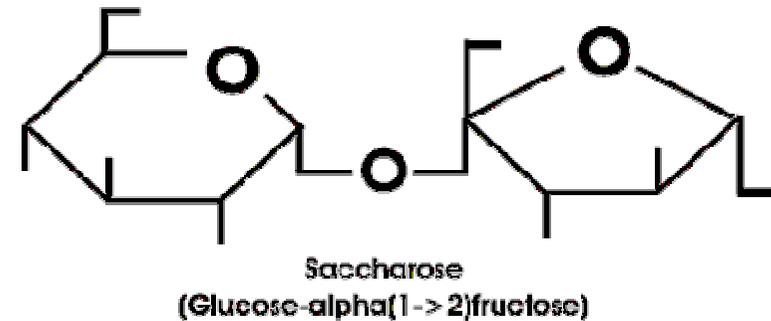
Beobachtung:

Erhitzen von Lactose führt zu orangefarbenen Niederschlag; Saccharose-Probe unverändert.

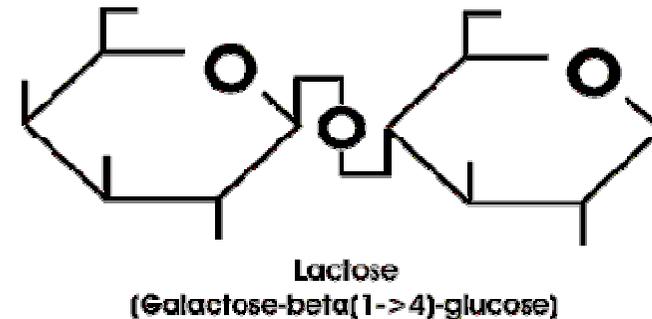
Farbe Niederschlag	Zucker (%)
Grün	0,5
Gelb	1
Orange	1,5
Rot	2

Auswertung: Reaktion von Disacchariden mit Benedict-Reagenz

- ❖ **Saccharose** ist vom **Trehalose-Typ** =
 - α, β -1,2-glycosidische Bindung
 - Glycosidbindung zwischen 2 OH-Gruppen
 - keine reaktionsfreudige halbacetalische OH-Gruppen frei
 - nichtreduzierendes Disaccharid



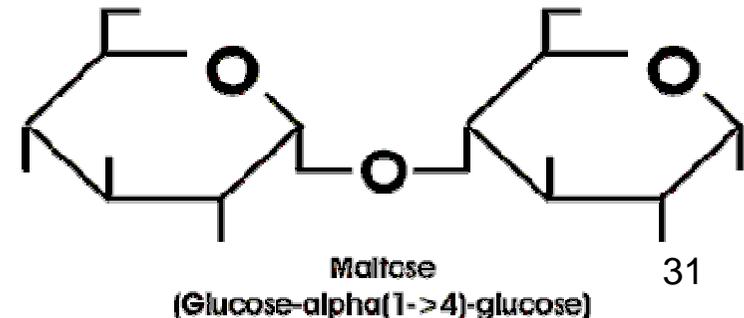
- ❖ **Lactose** ist vom **Maltose-Typ** =
 - β -1,4-glycosidische Bindung
 - Glykosidbindung mit 1 halbacetalen OH-Gruppe
 - 1 reaktionsfreudigen halbacetalischen OH-Gruppen frei
 - reduzierendes Disaccharid



Lactose zeigt Reduktionswirkung , weil eine freie Glycosid-Gruppe vorhanden ist.

Bei der Saccharose ist keine Reduktionswirkung, weil beide glycosidische Gruppen blockiert sind.

Proske & Walter



Lactose-Nachweis nach Wöhlk

(D 4.3.4.)

Geräte und Chemikalien:

Lactose, Ammoniak-Lösung 25 %, Kalilauge 20 %, heißes Wasserbad

Durchführung:

Eine Spatelspitze Lactose wird in 5 ml Wasser gelöst, mit 2-3 ml Ammoniak-Lösung (25%) und 5 Tropfen Kalilauge versetzt und im heißen Wasserbad für 3-5 Minuten erhitzen.

Beobachtung:

Es erfolgt ein Farbumschlag nach lachsrot.

Auswertung:

Lactose bildet mit Ammoniak und Kalilauge beim Erwärmen einen *roten* Farbstoff. Die Wöhlk-Probe lässt sich zum Lactose-Nachweis im Harn anwenden. Bei Schwangeren und Wöchnerinnen wird im Harn Lactose ausgeschieden, verstärkt bei Milchstau. Deshalb besitzt diese **Nachweisreaktion diagnostische Bedeutung.**



Identitätsprüfung von Saccharose nach DAC 3 (D 4.3.5)



Geräte und Chemikalien:

Reagenzglas, Kupfersulfat-Lösung R. (0,5 mol/l), verdünnte Natriumhydroxid-Lösung R. (2 mol/l), Verdünnte Salzsäure R 1 (2 mol/l), Bunsenbrenner

Durchführung:

Die Lösung von 25 mg Substanz in 5 ml Wasser wird mit 0,15 ml Kupfersulfat – Lösung R und 1 ml verdünnter Natriumhydroxid – Lösung R versetzt und zum Sieden erhitzt. Die Lösung ist klar und blau. Die noch heiße Lösung wird nach Zusatz von 2 ml verdünnter Salzsäure R 1 min zum Sieden erhitzt. Nach Zugabe von weiteren 2 ml verdünnter Natriumhydroxid – Lösung R bildet sich sofort ein orangefarbener Niederschlag.

Beobachtung:

Nach Zugabe von Kupfersulfat und Natronlauge klare, dunkelblaue Lösung, nach Zugabe der Salzsäure Farbumschlag nach hellblau, nach Erhitzen und nochmaligen Zusatz der Natronlauge orangefarbener Niederschlag

Auswertung:

Durchführung Originaltext des DAC 3, wichtig ist, dass die Konzentration der Lösungen eingehalten werden, sonst klappt es nicht.

Bio. Sek. II

Chem. Sek. II OC & Naturstoffe

Proske & Walter

33

Polysaccharide

Allgemeine Grundlagen

Nach dem Prinzip der **glycosidischen Bindung** treten nicht nur zwei, sondern auch mehrere Monosaccharid-Bausteine zusammen. So entstehen Makromoleküle mit molaren Massen von mehreren Millionen.

Homoglucane

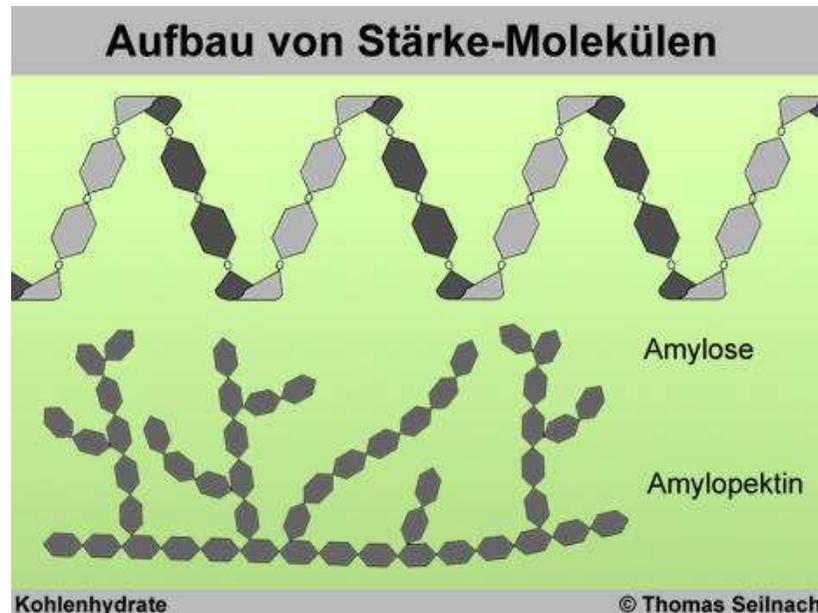


nur ein Monosaccharid-Baustein
(meist Aminozucker und Uronsäuren)

Heteroglucane



mehrere Saccharid-Bausteine



Die wichtigsten Homoglucane

Stärke	α - Glucose (helical)	pflanzliches Reservekohlenhydrat
Zellulose	β - Glucose	Gerüstsubstanz
Glycogen	α - Glucose (verzweigt)	tierisches Reservekohlenhydrat

- Eigenschaften (Süßigkeit, Reduktionswirkung, Wasserlöslichkeit u.a.) ändern sich mit steigender Kettenlänge.
- Bedeutung als Gerüstsubstanz (Zellulose) und als Reservekohlenhydrat.
- Abbau chemisch und enzymatisch zu Oligo- bzw. Monosaccharid.

Amylase-Bestimmung nach Wohlgemuth

(E 5.3.5.)

Geräte und Chemikalien:

Wasserbad (800 ml Becherglas in Styropor-Box), Thermometer, 10 Reagenzgläser, Pipetten, Becherglas mit Eiswasser, Maßkolben 100 ml, Stärke-Lösung 1 % in gesättigter Natriumchlorid-Lösung, Pankreas- Präparat, gepufferte Natriumchlorid-Lösung, Natriumchlorid-Lösung 90 g/l, Iod-Kaliumiodid-Lösung nach Lugol

Durchführung:

Von dem Pancreas Präparat Verdünnungen herstellen. In alle Reagenzgläser 1 ml Stärke-Lösung geben und für 30 min in ein Wasserbad (Temperatur 40 – 45 °C) stellen, danach in ein Becherglas mit eiskaltem Wasser. In jedes Glas von 10 an beginnend 1 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung geben und gut mischen.

Beobachtung:

Der Inhalt der letzten Reagenzgläser ist schwach gelb, der ersten blauschwarz, man sieht gut den kontinuierlichen Farbübergang.

Auswertung:

Blaufärbung zeigt unveränderte Stärke an, rot-blau bis rotbraune Farbe = Erythrodextrin.

Bild- & Literaturverzeichnis

- **Reagenzglasversuche zur Chemie der Kohlenhydrate, Skript MNU-Tagung Bremerhaven, Proske & Dr. Walter (2013) sowie enthaltene Referenzen (Windaus, Clausthal, in Vorbereitung)**
- Organic Chemistry, William Brown et al. (1995) Saunders College Publishing, Fort Worth USA.
- Das Basiswissen der Chemie, Charles E. Mortimer, (2001) Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York
- Tips und Tricks für einen gefahrlos(er)en Chemieunterricht, Wolfgang Proske & Volker Wiskamp, (2008) Aulis Verlag Deubner, Köln
- <http://www.seilnacht.com/Lexikon/kohlenh.html>
- <http://www.guidobauersachs.de/oc/zucker.html>



Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Proske
Schulchemiezentrum

Bahnhofstr. 18, 06895 Zahna - Elster

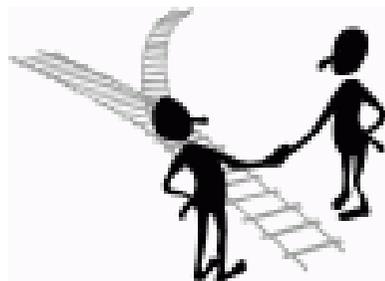
Tel: 0 34 92 4 / 20 64 8

Fax: 0 34 92 4 / 20 0 11

www.schulchemiezentrum.de

Wolfgang_proske@web.de

wolfgang.proske@schulchemiezentrum.de



Kontakt Daten

Noch Fragen bitte...?

StR. Dr. Frank Walter

PhD Biochemistry, Dipl.-Biologe &
Master in Education
(Schul- und Unterrichtsforschung)

Christian-von-Dohm-Gymnasium Goslar

Bornhardtstr. 16, 38644 Goslar

Tel: 0 53 21 / 37 53 20

Fax: 0 53 21 / 37 53 23

www.cvd-gs.de

frwalter@gmx.net

h.walter@cvd-gs.de